

M-13

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
ИМЕНИ В. Д. ЖУРНА (САМАНРА)

ТУРКМЕНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Ташкент — 1975

631.6

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

Среднеазиатский ордена Трудового Красного
Знамени научно-исследовательский институт
ирригации имени В. Д. Журина (САНИИРИ)

Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Второй выпуск

Ташкент—1975

В настоящем сборнике, посвященном мелиоративным исследованиям в Туркменистане, изложены наиболее приемлемые методы борьбы с засолением орошаемых земель на примере Чарджоуского и Тедженского оазисов, даны рекомендации по повышению эффективности дренажных систем, предложены расчетные зависимости для определения высоты высачивания и показателей несовершенства скважин вертикального дренажа, описаны конструкция и результаты испытания прибора по определению очередного срока полива хлопчатника по относительной испаряемости, рассмотрены перспективы применения геофизических съемок в мелиоративных изысканиях и исследованиях, приведены биометрические характеристики хлопчатника и конкретные величины суммарного испарения на люцерновом поле по методу теплового баланса, даны показатели использования грунтовой воды томатами, указаны способы промывки сильнозасоленных земель после орошения минерализованными водами и влияние последнего на урожай хлопчатника, рассмотрены пути повышения производительности экскаватор-дреноукладчиков в водонасыщенных грунтах и землесосных снарядов, применяемых в мелиоративном строительстве.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов и научных работников, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией гидромелиоративных систем.

Р е д к о л л е г и я

В.А.Духовный (отв.ред.САННИРИ), А.А.Абдужабаров, Р.А.Алимов, Х.А.Аманов (ТуркменНИИГМ), Х.Х.Аскаров, К.И.Белоцерковский, А.Ж.Жулаев (КазНИИВХ), Г.Г.Валентини, Т.И.Дерлятка, С.И.Кеберме, Н.Т.Лактаев, В.Н.Машков, А.М.Мухамедов (зам.ред.), У.Б.Пулатов, Х.И.Якубов (зам.ред.).

ТУРКМЕНИСТАНДА ЕРЛЕРИН МЕЛИОРАЦИЯСЫ

Икинжи гойберилиш

УДК 631.62:626.86

Канд. техн. наук В.А.КАЛАНТАЕВ

БОРЬБА С ЗАСОЛЕНИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЧАРДЖОУСКОМ ОАЗИСЕ

В Чарджоуском оазисе засоленные земли занимают более 60 % орошаемой площади, что в значительной степени снижает урожайность сельскохозяйственных культур. Известно, что на слабо- и средnezасоленных землях урожайность хлопчатника снижается на 30 - 35 % по сравнению с незасоленными массивами. Отсюда видно, какое огромное значение в орошаемом земледелии должны иметь методы рассоления почво-грунтов. Эти методы в основном базируются на промывных поливах на фоне интенсивно действующих дренажных систем.

Промывные поливы по своим особенностям можно подразделить на две разновидности: промывки староорошаемых земель со слабой или средней степенью засоления и промывные поливы сильнозасоленных почв (солончаков). Первая разновидность промывных поливов характеризуется относительно небольшими нормами (2000 - 3000 м³/га).

Многочисленные исследования разных ученых показали, что лучшими сроками для проведения профилактических поливов являются осенне-зимние месяцы (ноябрь-февраль). В это время природно-климатические условия способствуют повышению эффективности промывных поливов за счет глубокого залегания уровня грунтовых вод и почти полного отсутствия испарения с поверхности почвы. В осенне-зимний период на вытеснение одной тонны хлора расходуется 100 - 150 м³/га, тогда как в ве-

сений - до 200 м³/га, а в летний период - 220 - 250 м³/га оросительной воды. Промывные поливы слабо- и средnezасоленных земель какого-либо орошаемого массива распределяются во времени таким образом, чтобы интенсивность питания грунтовых вод не превышала допустимой величины. По хозяйственным и гидротехническим условиям (подготовка орошаемых земель к промывным поливам, водоносность рек и пропускная способность оросительных систем) промывные поливы обычно растягиваются на 2 - 3 месяца, при этом интенсивность питания грунтовых вод составляет около 0,40 л/сек/га.

Дренажные системы должны строиться таким образом, чтобы они могли не только справляться с такой интенсивной нагрузкой, но и обладали "запасом прочности" мелиоративного эффекта на 25 - 50 %, то есть дренаж необходимо рассчитывать на модуль стока промывного периода не менее 0,50 - 0,60 л/сек/га.

Следует отметить, что рекомендуемые ранее размеры промывных делянок значительно снижают эффективность промывных поливов. При разбивке орошаемых участков на промывные делянки площадью 0,10 - 0,25 га приходится делать слишком много валиков (чилей), которые при промывке делянок не заливаются водой и служат накопителями солей. В настоящее время в колхозах и совхозах Туркмении имеется мощная сельскохозяйственная и планировочная техника, при помощи которой можно значительно улучшить планировку орошаемых площадей и увеличить размер промывных делянок. Нам представляется, что в целях повышения эффективности промывных поливов размер делянок необходимо довести до 2,0 - 5,0 га.

Тщательная планировка орошаемых земель позволит значительно улучшить также и качество вегетационных поливов, что в конечном счете приведет к повышению урожайности сельскохозяйственных культур. В качестве примера можно привести колхозы "Коммунизм" Керкинского района Чарджоуской области и им. Калинина Ильялинского района Тамаузской области. В этих колхозах уже много лет подряд промывные поливы проводятся по делянкам, размеры которых доходят до 5,0 га. Средняя урожайность хлопчатника в названных колхозах составляет около 40 ц/га.

Промывные поливы с целью освоения сильнозасоленных

земель и солончаков должны проводиться большими нормами оросительной воды. В настоящее время такие поливы проводят небольшими разовыми нормами, что является малоэффективным мероприятием и растягивает сроки освоения на несколько лет. Промывные поливы малыми нормами, даже на фоне хорошо работающих дренажных систем, не гарантируют устойчивого рассоления солончаковых земель, так как грунтовые воды при этом опресняются очень медленно и на небольшую глубину. Низкая эффективность промывных поливов малыми нормами объясняется тем, что в перерывах между поливами верхний слой почвы подсыхает и подтягивает соли из грунтовых вод, вследствие чего они аккумулируются на поверхности орошаемых земель. Последующие поливы растворяют эти соли и вновь вымывают их в грунтовые воды. Такое передвижение солей "вниз-вверх-вниз" продолжается до тех пор, пока грунтовые воды не опреснятся до оптимальной минерализации на глубину 5 - 10 м. Обычно для этого требуется 10 - 20 лет. Поэтому решающим условием повышения эффективности промывных поливов сильнозасоленных земель является интенсивная работа дренажных систем, которые отводят инфильтрационные воды с вымытыми в них солями и дают возможность проводить промывки большими нормами.

В Чарджоуской области в настоящее время имеется несколько видов дренажа, которые отличаются друг от друга конструктивно, имеют различные мелиоративную эффективность и удельную стоимость. Преобладающими являются открытые коллекторы и дрены, общая протяженность которых на 1 января 1974 г. составляла 3507 км, а удельная протяженность на орошаемую и валовую площади - соответственно 23,0 и 13,2 м/га. В свое время строительство открытой коллекторно-дренажной сети было вызвано необходимостью в короткие сроки улучшить мелиоративное состояние земель и повысить урожайность хлопчатника. Следует отметить, что с поставленными задачами открытый дренаж справился успешно.

Промывные поливы на фоне более или менее развитой дренажной сети позволили опреснить почво-грунты на площади более 100 тыс. га. Значительно уменьшилась и минерализация грунтовых и дренажных вод. Это обстоятельство не замедлило сказаться на увеличении валового урожая всех сельскохозяйственных культур, в том числе и хлопчатника. За последние

15 – 20 лет урожаи хлопка-сырца возросли на 10 – 12 ц/га. Однако открытая осушительная сеть является рассадником сорной растительности, мешает механизации сельскохозяйственных работ, способствует ухудшению дисциплины водопользования и занимает много полезной площади. Это не отвечает современным требованиям культуры земледелия и требует существенных изменений в конструкции дренажной сети. В последние 10 – 15 лет на Чарджоуской опытно-мелиоративной станции проводятся исследования по определению эффективности рассоляющего действия промывных поливов на фоне горизонтального закрытого, вертикального и вакуумного дренажей.

Закрытый горизонтальный дренаж построен на полях мелиоративной станции в 1960 г. Дренажные системы ежегодно отводили за пределы культурной зоны по 5000 – 7000 м³ грунтовой воды с каждого гектара, что позволило еще в 1970 г. полностью освоить солончаковые массивы и получать на них хорошие урожаи хлопка-сырца. Минерализация грунтовых вод на фоне горизонтального закрытого дренажа за этот период уменьшилась с 15 – 20 г/л до 2 – 3 г/л на глубину до 10 м. Таким образом, для полного завершения мелиоративного периода потребовалось 10 лет работы закрытого горизонтального дренажа.

Вертикальный дренаж построен в 1964 – 1968 гг. в колхозе "Туркменистан" Саятокого района. Всего построено 14 скважин, которые обслуживают около 800 га орошаемых земель. За период работы скважин (1964 – 1974 гг.) засоленность почво-грунтов уменьшилась с 1,0 – 1,5 % до 0,3 – 0,6 % по плотному остатку и с 0,05 – 0,10 % до 0,01 – 0,02 % по хлор-иону; минерализация грунтовых вод – соответственно с 3,0 – 5,0 г/л до 0,9 – 4,0 г/л на глубину до 30 м. Эти результаты свидетельствуют о том, что вертикальный дренаж оказал большое влияние на улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель хозяйства. Урожайность хлопчатника за этот период повысилась на 12 ц/га, составив в 1973 г. 29,8 ц/га.

Вакуумные системы вертикальных дренажей построены в 1971 – 1974 гг. на площади около 300 га. Конструктивно вакуумная система отличается от остальных дренажных систем способностью работать и самотеком, и при помощи насоса. При самотеке система работает как закрытый горизонтальный дренаж. Приток воды к ней зависит от действующего напора грунтовых

вод. При включенном насосе система работает как вертикальный дренаж. Вода движется к ней не столько под влиянием напора грунтовых вод, сколько под влиянием вакуума в собирателе.

В мелиоративный период или в период проведения промывных поливов засоленных земель вакуумные дренажные системы работают при помощи насоса, отводя максимальные объемы воды в единицу времени. В эксплуатационный период, после опреснения почво-грунтов и грунтовых вод насос отключается и система при открытой задвижке работает самотеком, отводя небольшие объемы грунтовых вод и обеспечивая солевую "вентиляцию" почво-грунтов.

Промывные и вегетационные поливы орошаемых земель на фоне вакуумных систем за период 1971 – 1974 гг. не только опреснили почво-грунты, но и в значительной степени уменьшили минерализацию грунтовых вод – на глубину 8 – 10 м. В 1974 г., после очередных промывных поливов засоленность не превышала 0,40 % по плотному остатку и 0,01 % по хлору, а минерализация грунтовых вод уменьшилась с 6 – 8 г/л до 2 – 3 г/л по плотному остатку. Урожайность хлопчатника на фоне вакуумного дренажа за 3 года возросла с 20 до 31 ц/га. Отсюда видно, что и вакуумные дренажные системы обладают высокой мелиоративной эффективностью и могут быть успешно применены для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель.

Приведенные данные свидетельствуют о возможности применения в гидрогеологических условиях Чарджоуского оазиса всех рассмотренных выше дренажных систем, отличающихся друг от друга удельными капитальными вложениями на единицу дренажной площади. Оценка сравнительной эффективности открытых и закрытых горизонтальных, вертикальных и вакуумных дренажных систем Чарджоуского оазиса показала, что в порядке снижения эффекта их можно расположить в такой последовательности: вакуумные дренажные системы, закрытый горизонтальный дренаж, вертикальный дренаж и открытый горизонтальный дренаж.

УДК 551.573:633.31

Канд. техн. наук Х. АМАНОВ,
канд. техн. наук Х. ЗАМАНМУРАД,
метеоролог В.А. СОКОЛОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ НА ЛЮЦЕРНОВОМ ПОЛЕ ПО МЕТОДУ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

В последние годы особое место при расчетах водопотребления сельскохозяйственных культур и динамики запасов влаги в почве занимают физические методы учета метеорологических факторов, а также методы определения влагозапасов почвы в отдельных точках, основанные на использовании агрофизических приборов.

К числу наиболее важных характеристик взаимосвязи сельскохозяйственных культур с условиями их произрастания относятся величины суммарного испарения с полей и транспирации, поскольку испарение является основной расходной частью теплового и водного баланса сельскохозяйственных угодий.

Метод теплового баланса для определения суммарного испарения на орошаемом люцерновом поле в силу теоретической обоснованности имеет большое преимущество перед другими методами определения испарения. Он дает возможность определить величину испарения практически за любые промежутки времени, что особенно важно при определении и оценке режима орошения люцернового поля.

Исследование суммарного испарения по методу теплового баланса на люцерновом поле проводилось в 1971 - 1973 гг. в зоне орошения Каракумского канала на участках се-

веро-восточнее г.Ашхабада с близким и глубоким залеганием уровня грунтовых вод.

На участке с близким залеганием уровня грунтовых вод почвы представлены светлыми сероземами. Верхний слой (0 - 20 см) - суглинистый, нижний (60 - 160 см) - тяжелосуглинистый. Объемный вес почвы в слое 0 - 160 см изменяется от 1,21 до 1,52 г/см³. Наименьшая влагоемкость почвы в слое 0 - 100 см составляет 22,8 %, влажность завядания - 11,5 % к весу. Содержание солей по сухому остатку в слое 0 - 160 см колеблется от 0,132 до 0,156 %, хлора - от 0,012 до 0,13 %. Динамика уровня грунтовых вод за 1971 - 1972 гг. характеризуется данными табл. I. Высокое стояние грунтовых вод в апреле и мае объясняется проведением поливов большими нормами. В грунтовой воде содержится солей по сухому остатку 2,8 - 3,1 г/л и хлора - 0,3 - 0,76 г/л.

Т а б л и ц а I

Среднемесячная глубина залегания грунтовых вод, м								
Годы	М е с я ц ы							Средняя за IV - X
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1971	1,20	1,50	2,00	2,50	2,80	2,50	2,50	2,14
1972	1,43	1,53	1,70	1,50	1,40	1,40	1,40	1,48
Средняя	1,32	1,52	1,85	2,00	2,10	1,95	1,95	1,81

Почвы участка с глубоким залеганием уровня грунтовых вод представлены светлыми сероземами. Верхний метровый слой почво-грунтов сложен средними и тяжелыми суглинками, слой 120 - 160 см - средними и легкими суглинками. Объемный вес почвы в слое 0 - 160 см изменяется от 1,4 до 1,72 г/см³. Наименьшая влагоемкость почвы в слое 0 - 100 см составляет 21,7 %, влажность завядания - 8 - 10 % к весу. Содержание солей по сухому остатку в слое 0 - 160 см варьирует от 0,158 до 0,277 %, хлора - от 0,0160 до 0,0185 %. Уровень грунтовых вод залегает на глубине 8 - 10 м от поверхности земли.

Район исследований находится в зоне пустынного и умеренного пояса с резко континентальным климатом, характе-

ризующимся длительным летним периодом, небольшой облачностью, низкой влажностью воздуха, незначительным количеством осадков и высокой испаряемостью (табл. 2). В среднем за вегетационный период испаряемость более чем в 12 раз превышает количество выпавших атмосферных осадков. Продолжительность безморозного периода – более 300 дней.

Т а б л и ц а 2

Метеорологические
данные по опытным участкам
(средние за 1971 – 1973 гг.)

Месяц	Температура воздуха, °C	Относительная влажность воздуха, %	Дефицит влажности воздуха, мм	Атмосферные осадки, мм	Скорость ветра, м/сек	Испаряемость, мм
IV	15,8	73	10,9	45,2	2,2	88,7
V	20,8	61	16,2	41,3	2,0	148,6
VI	26,4	54	25,6	6,5	2,2	213,3
VI	28,6	42	31,6	0,8	2,0	250,2
VII	25,4	39	27,2	2,0	1,7	223,4
VIII	21,7	41	21,0	0,8	1,9	186,2
IX	17,2	51	10,3	1,2	1,7	88,4

Густота стояния люцерны в 1971 г. составила: на участке с близким залеганием уровня грунтовых вод – 4,8 млн. растений на гектар (четвертый год вегетации), на участке с глубоким залеганием уровня грунтовых вод – 3,3 млн. растений на гектар (второй год вегетации).

Исследования по определению суммарного испарения люцерны методом теплового баланса проводились (в Туркмении – впервые) с помощью теплобалансографа АСИ, разработанного Ю.Д. Розенштоком [6], и аспирационных психрометров МВ-4. Теплобалансограф автоматически вел определение и запись составляющих величин теплового баланса и градиентов температуры и влажности воздуха на высотах 0,5 и 2,0 м от деятельной поверхности.

Уравнение теплового баланса деятельной поверхности

записывается по М.И. Будыко [2]:

$$R - LE + B + P,$$

где R – радиационный баланс деятельной поверхности;
 LE – затраты тепла на испарение;
 B – поток тепла в почву;
 P – турбулентный поток тепла.

Суммарное испарение рассчитывалось по формуле:

$$E = \frac{R - B}{1 + 0,48 \frac{\Delta T}{\Delta e}} \text{ мм/час},$$

где ΔT – разность температуры воздуха на высотах 0,5 и 2,0 м над деятельной поверхностью;

Δe – разность абсолютной влажности на тех же высотах;

0,48 – коэффициент, зависящий от размерности величин ΔT и Δe .

В 1971 – 1972 гг. наибольший радиационный баланс наблюдался в июне-августе: 14,5 – 11,5 ккал/см², наименьший – в сентябре-октябре: 7,3 – 8,0 ккал/см². В 1973 г. – соответственно в мае-августе: 15,3 – 12,6 ккал/см² и в сентябре-октябре: 11,7 – 10,2 ккал/см² (табл. 3).

Величина потока тепла в почву за весь период вегетации изменялась незначительно и составляла 8 – 17 % от радиационного баланса, причем наибольшее значение отмечалось в начале вегетации, наименьшее – в период цветения люцерны.

Из расходных статей теплового баланса люцернового поля на первом месте стоят затраты тепла на испарение, зависящие от теплового режима, влажности воздуха, объема растительной массы и фазы развития люцерны. С увеличением растительной массы люцерны затраты тепла на испарение превышали радиационный баланс на 5 – 10 %. Максимальный расход тепла наблюдался в мае-августе: 420 – 300 ккал/см² в сутки, минимальный – в период отрастания люцерны после укосов: 120 – 250 ккал/см² в сутки.

Распределение расходных статей теплового баланса в основном зависит от влаги в почве, степени развития растений и условий погоды. После полива радиационный баланс и затраты тепла на испарение увеличивались. Наибольшее значение радиа-

Месячные суммы
составляющих теплового баланса,
ккал/см²

Элементы теплового баланса	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Сумма за IV - X
----------------------------	----	---	----	-----	------	----	---	-----------------

1971 год

R	11,60	13,74	14,51	13,33	11,84	9,96	7,34	82,32
LE	10,80	10,13	13,80	14,90	14,70	9,40	8,40	82,13
B	0,60	0,50	0,50	0,40	0,20	0,80	1,30	4,30
P	0,20	3,10	0,40	-2,00	-3,10	-0,30	-2,40	-4,10

1972 год

R	11,13	9,90	11,84	11,50	11,98	9,59	8,00	73,94
LE	9,06	7,55	9,80	12,23	14,39	8,50	8,80	70,33
B	1,46	1,39	1,04	1,35	0,04	0,80	0,40	6,48
P	0,61	1,00	1,02	-2,00	-2,43	0,30	-1,20	-2,70

1973 год

R	11,75	15,36	14,58	12,64	14,06	11,70	10,23	90,31
LE	11,02	17,45	20,25	14,06	16,66	11,47	11,05	101,90
B	1,05	1,30	1,89	1,82	0,78	0,23	0,19	7,26
P	-1,85	-3,38	-7,56	-3,91	-3,38	0	-0,82	-20,90

радиационного баланса отмечалось в период максимального роста люцерны при значительном увлажнении почвы. В апреле он увеличивался после полива на 32 - 45 %, в августе - на 15 - 40 %. С замедлением роста люцерны в сентябре-октябре радиационный баланс после полива изменился незначительно. Затраты тепла на испарение в апреле увеличивались после полива на 50 %, после укоса с проведением поливов - 2 - 10 %. Поток тепла в почву уменьшался с ростом люцерны и проведением поливов.

В начале вегетации (апрель) турбулентный поток после полива повышался на 36 %, в конце вегетации (сентябрь-октябрь) - до 18 %.

После полива перепад влажности воздуха увеличивался на 0,4 - 1,5 мм, а перепад температуры воздуха уменьшался на 0,3 - 1,1 °C.

Суточный ход испарения соответствовал в основном суточному ходу радиационного баланса. Максимальная величина испарения приходилась на полуденное время. После укоса испарение резко снижалось. На второй день после укоса оно сокращалось почти в два раза, в течение последующих двух-трех дней - постепенно. Так, например, в мае 1972 г. до укоса величина среднесуточного испарения составила 5,9 мм/сутки, а на третий день после укоса - 2,5 мм/сутки. На пятый день после укоса испарение стало повышаться.

С ростом люцерны суточные величины испарения увеличивались, достигая наибольшего значения в период максимального роста или в начале цветения.

Величина суммарного испарения за 1971 г. значительно отличается по сравнению с 1972 г. (табл. 4). Это объясняется тем, что в 1971 г. в весенний период (март-апрель) температура воздуха была на 3 - 5 выше и осадков выпало на 44 мм больше, чем в 1972 г.

Т а б л и ц а 4

Месячное суммарное
испарение на люцерновом поле, мм

Годы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Всего	Накопление сухой массы, ц/га
1971	171	400	366	335	369	287	121	2049	418
1972	151	143	162	187	183	126	121	1073	256
1973	161	285	324	260	285	187	89	1591	148
Средняя	161	276	284	261	279	200	110	1571	274

Указанные обстоятельства способствовали лучшей водо- и теплообеспеченности и ускорению начала вегетации растений в 1971 г., что обусловило получение высокого урожая (418 ц/га). Кроме того, в 1971 г. люцерна вегетировала третий год, а в 1972 г. - четвертый год. Как известно, люцерна четвертого года стояния, по сравнению с третьим годом, отстает в росте. Она плохо кустится, нижние листья отмирают, растения становятся бледными, листовые черешки утончаются. В связи с этим урожайность люцерны в 1972 г. была ниже, чем

в 1971 г., на 39 %, что сказалось на уменьшении испарения - на 47 %.

Суммарное испарение полев люцерны определялось одновременно и методом водного баланса по формуле:

$$E = O + П + W_H - W_K,$$

где E - суммарное испарение;
 O - осадки;
 $П$ - поливы;

W_H и W_K - запасы влаги в балансовом слое почво-грунта в начале и конце наблюдений.

Как видно из табл. 5, в течение вегетационного периода основной составляющей в приходной части водного баланса люцернового поля являются поливы, обеспечивавшие около 70 % прихода. Большое значение в улучшении водообеспеченности растений имеют запасы влаги в почве в начале вегетации, на долю которых в слое почвы 160 см в среднем приходилось около 20 % прихода.

Таблица 5

Водный баланс люцернового поля

Годы	Глубина залегания уровня грунтовых вод, м	Приход воды, мм			Расход воды на суммарное испарение, мм	Запас влаги в почве в конце вегетации, мм
		запас влаги в почве в начале вегетации	осадки	поливы		
1971	2,14	284	52	838	979	-195
1972	1,48	248	105	788	868	-273
1973	9,00	251	137	1191	1245	-334

Разность величин суммарного испарения, полученных методами теплового и водного баланса, составила в 1971 г. 1070 мм, в 1972 г. - 205,6 мм. Выявленную разность можно отнести за счет испарения из грунтовых вод, что подтверждается лизиметрическими данными ряда авторов (Д.М. Кац [5], Х.А. Аманов, Х. Замамурат и другие [4], Ф.Ф. Давитая, Ю.С. Мельник [3]). В 1973 г. при глубоком залегании уровня

грунтовых вод величина суммарного испарения, определенная методом теплового баланса, оказалась больше на 346 мм по сравнению с результатом, полученным методом водного баланса; видимо, близко расположенные поля хлопчатника и кукурузы влияли на показания датчиков. Особенно сильно это проявлялось в периоды, когда на эти поля подавались максимальные нормы полива - в июле-августе.

В табл. 6 сопоставлены величины суммарного расхода воды с люцернового поля, полученные методами теплового баланса и лизиметров, при близком и глубоком залегании уровня грунтовых вод. Приведенные данные близки между собой. Некоторое отклонение в месячном разрезе объясняется различными режимами орошения и сроками укосов люцерны.

Таблица 6

Суммарное испарение с люцернового поля, определенное методами теплового баланса и лизиметров, мм

Глубина залегания грунто- вых вод, м	М е с я ц ы							Всего	Накоп- ление сухой массы, ц/га	Расход воды на 1 ц сухой массы, м ³
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
Т е п л о в о й б а л а н с										
2	161	272	264	262	276	206	120	1561	337,0	4,6
9	161	285	324	260	285	187	89	1591	148,0	10,7
Л и з и м е т р ы										
2	180	314	304	414	336	151	91	1790	190,2	9,4
4	152	150	197	299	258	146	80	1282	133,5	9,6

П р и м е ч а н и е: Данные при глубине залегания уровня грунтовых вод 2 м - за 1971 - 1972 гг., 4 м и 9 м - за 1973 г.

Для расчета месячного суммарного испарения воды с люцернового поля при близком залегании уровня грунтовых вод (1 - 3 м) с апреля по октябрь Х.А. Амановым [4] на основе

лизиметрических исследований получена зависимость:

$$E_m = 0,027 \frac{\sqrt[3]{y} \sqrt{t^3}}{\sqrt{H}},$$

где E_m — месячное суммарное испарение;
 t — сумма среднесуточных температур за месяц;
 H — глубина залегания уровня грунтовых вод;
 y — накопление сухой массы люцерны.

Сопоставление величин суммарного испарения с люцернового поля при близком залегании уровня грунтовых вод, полученных методами теплового баланса и лизиметров (по формуле Х.А. Аманова), показало, что они близки между собой (табл. 7).

Таблица 7

Суммарное испарение
с люцернового поля, определенное
методами теплового баланса
и по формуле

Глубина залегания уровня грунтовых вод, м	Месяцы	М е т о д		Отклонение, %
		тепловой баланс	расчетный — по формуле	
1,32	IY	167	175	- 8
1,52	Y	272	266	3
1,85	YI	264	325	-19
2,00	YII	261	374	-30
2,10	YIII	276	326	-18
1,95	IX	206	244	-16
1,95	X	120	143	-16
В с е г о		1561	1853	-16

Полученная формула для расчетов месячного испарения воды с люцернового поля может быть использована в водобалансовых расчетах и при корректировке плана водопользования.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А м а н о в Х.А. Определение суммарного расхода воды полем при близком залегании уровня грунтовых вод в зоне Каракумского канала. "Изв. АН ТССР", № 2, серия биологических наук. Ашхабад, 1964.

2. Б у д н и к о М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л., Гидрометеиздат, 1956.

3. Д а в и т а я Ф.Ф., М е л ь н и к Ю.С. Проблема прогноза испаряемости и оросительных норм. Л., Гидрометеиздат, 1970.

4. З а м а н м у р а д Х., А м а н о в Х.А. и др. Методы расчета водопотребления сельскохозяйственных культур. Научно-технический отчет ТуркменНИИГиМа. Ашхабад, 1971.

5. К а ц Д.М. Испарение грунтовых вод на орошаемых землях пустынной зоны. В кн.: "Материалы межведомственного совещания по проблеме изучения испарения с поверхности суши". Валдай, ГТИ, 1961.

6. Р о з е н ш т о к Ю.Д., Ч у д н о в с к и й А.Ф. Автоматическая регистрация испарения с сельскохозяйственного поля. Сб. тр. по агрофизике, вып. 8. Л., Гидрометеиздат, 1960.

УДК 631.675+633.511:551.573

Канд. с.-х. наук В.К. ГАФУРОВ,

агроном М. ТАГАНОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ОЧЕРЕДНОГО СРОКА ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА
ПО ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ИСПАРЯЕМОСТИ

Развитие орошения в Туркменистане тесно связано с рациональным использованием весьма ограниченных водных ресурсов. Правильный режим орошения в сочетании с высокой агротехникой определяет производительность поливных земель.

При недостатке почвенной влаги сокращается поступление в растения воды и питательных элементов из почвы, снижается интенсивность транспирации, уменьшается продуктивность фотосинтеза. Установлено, что неоправданно редкие поливы способствуют развитию излишне мощной, глубоко проникающей корневой системы в ущерб развитию надземных органов. Это приводит к нарушению обмена веществ и сбрасыванию образующихся завязей.

Избыток воды приводит к хирению и сбрасыванию ранних плодоземелентов из-за затенения и углеродного голодания. При частых поливах корневая система хлопчатника развивается в поверхностном слое почвы, влага и питательные вещества нижних горизонтов не используются.

Основная задача орошаемого земледелия — создать на весь период вегетации оптимальные влагозапасы в почве. В этом отношении были предложены различные способы назначения поливов: по влажности почвы, по морфологическим призна-

кам растений, по физиологическим показателям. Способ назначения поливов по влажности почвы трудоемок, применять его на участках с близким залеганием минерализованных грунтовых вод затруднительно. При назначении поливов по морфологическим признакам растений большую роль играет субъективный фактор, вследствие чего визуальные признаки водного голодания обнаруживаются уже у пострадавших растений или же полив зачастую назначается преждевременно по признаку ослабления тургора листьев в дневные часы. При назначении поливов по физиологическим признакам можно с большой точностью регулировать водный режим почвы в соответствии с потребностью растений, но этот способ не нашел широкого применения.

В связи с этим в настоящее время большое внимание уделяется научной разработке сравнительно простых способов определения с достаточной точностью сроков и норм полива сельскохозяйственных культур, позволяющих оперативно и надежно контролировать состояние растений и среды их жизнедеятельности.

Задача оптимальной водообеспеченности растений может быть решена при установлении количественных отношений между климатическими условиями и потребностью растений в воде. В качестве такого показателя предлагается использовать испаряемость — максимально возможное испарение при данных метеорологических условиях с достаточно увлажненной подстилающей поверхности. Испаряемость и интенсивность расхода влаги из почвы имеют закономерную зависимость при глубоком залегании уровня грунтовых вод.

Используя полуэмпирические методы расчета содержания влаги в почве при глубоком залегании уровня грунтовых вод, получаем зависимость между изменениями влажности почвы и испаряемостью:

$$E_g W = E_g W_{н.в.} - \frac{a}{h} E_g e \sum_{t_0}^t E_o$$

где W и $W_{н.в.}$ — влажность почвы в моменты времени t и (после полива при $t = t_0$ $W_{н.в.}$ равно наименьшей влагоемкости);

a — коэффициент пропорциональности;

h — глубина активного слоя почвы;

E_o — испаряемость.

В правой части зависимости неизвестным является E_0 , остальные члены постоянны для данных конкретных условий. Имея надежные данные по испаряемости, можно определять сроки полива и в некоторой степени прогнозировать их, находя из рассматриваемой зависимости величину W в момент времени t и ограничивая ее значением предполивной влажности, равной для хлопчатника $0,65 - 0,70 W_{нд}$.

Практически величину испаряемости можно определить с помощью датчика относительной испаряемости, дающего показания, идентичные испаряемости с действительной поверхности при одинаковых природных условиях.

На использовании зависимости расхода влаги из почвы от испаряемости основано устройство прибора для определения очередного срока полива сельскохозяйственных культур (рис. 1). Прибор состоит из поплавковой камеры, отсека для фитиля и батарейного отсека. В поплавковой камере размещается поплавок, связанный с контактной системой, которая расположена на крышке камеры. С целью имитации испарения использован батиновый кружок, расположенный на неразмножаемой подложке и соединенный батистовым фитилем с водой, находящейся в отсеке. На передней панели поплавковой камеры помещается шкала с градуировкой содержания влаги по предельно полевой влагоемкости и к весу сухой почвы. В батарейном отсеке размещается источник питания для подачи сигнала о начале полива или для включения исполнительной аппаратуры.

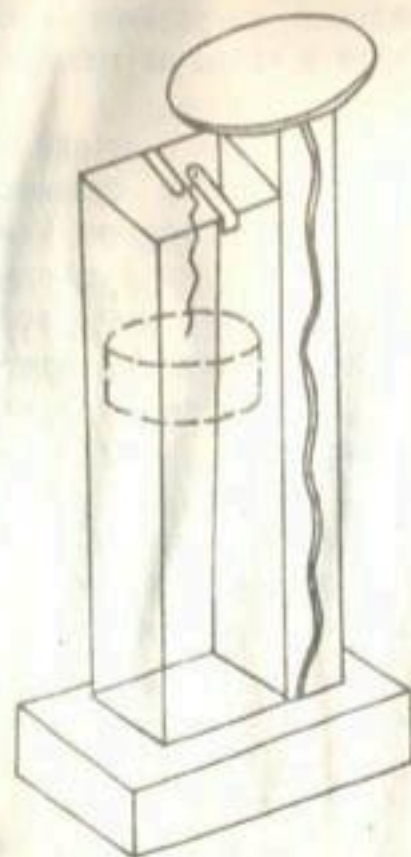


Рис. 1. Общий вид прибора для определения очередного срока полива сельскохозяйственных культур

Прибор работает следующим образом. Одновременно с проведением полива в поплавковую камеру заливается вода

в количестве, соответствующем объему воды, поданной на поле. Если выдерживается норма полива, т.е. почва увлажняется до предельно полевой влагоемкости, в поплавковую камеру заливается вода до отметки 1,0. По мере расходования воды полевая испаряется и вода, залитая в прибор. Изменяя длину регулировочной нити, добиваются подачи сигнала при достижении предполивной влажности заданного уровня. Сигнал может быть световым или звуковым.

Перед использованием прибора в качестве сигнализатора срока очередного полива необходимо тарировать его в конкретных условиях эксплуатации. Тарировка выполняется один раз, данные ее могут быть распространены на идентичные условия, при этом должны быть одинаковыми площадь батистового испаряющего диска, условия установки прибора, вид действительной поверхности, природные и почвенные условия, глубина залегания грунтовых вод. При тарировке проводятся наблюдения за динамикой влажности почвы и расходом воды из прибора. Строится тарировочный график, в котором на оси абсцисс откладываются данные отсчетов по шкале прибора, а по оси ординат — логарифм влажности почвы. По графику устанавливается количество воды, которое необходимо залить в прибор, и длина регулировочной нити.

Производственные испытания прибора были проведены на территории колхоза им. Кланова Бахарденского района в первой бригаде. Общая площадь орошаемого участка составила 50 га. Почво-грунты сложены тяжелыми суглинками с удельным весом 2,70. Объемный вес почвы 1,48 г/см³, предельно полевая влагоемкость — 20,8 % к сухому весу.

По данным Бахарденской метеостанции, многолетняя среднегодовая температура воздуха составляет 16,3°. Среднемесячная температура июля равна 31,1°. Длительность безморозного периода — 234 дня. Среднегодовая относительная влажность воздуха — 46 %, минимальные значения ее наблюдаются в июле — 24 %. Среднегодовая сумма осадков, выпадающих в осенне-зимний период, — 196 мм. Испарение с водной поверхности в среднем за год достигает 1316 мм, за период вегетации (апрель-октябрь) испаряется 80 — 85 % годовой суммы. Число дней в году с сильным ветром достигает 12. Средняя месячная скорость ветра изменяется в течение года от 1,6 до 2,3 м/сек.

Прибор был установлен в метеорологическую будку в центре хлопкового поля на высоте 20 см от деятельной поверхности. В межполивные периоды на этом участке отбирались по горизонтам через 20 см образцы почвы и определялось содержание влаги в метровом слое.

По данным тарировки, приведенным в табл. I, построен график зависимости влажности почвы от показаний прибора, косвенно характеризующих испаряемость (рис. 2). Используя график, можно в последующем определять влагозапасы после каждого полива, не производя трудоемких работ по бурению, отбору образцов почвы, их взвешиванию и высушиванию.

В последующем на участке, где был установлен прибор, очередной срок полива определялся по нему, на остальных участках — с помощью определения влажности весовым способом и по физиологическим показателям. Очередной полив назначался при достижении влажности почвы 70 % от предельно полевой влагоемкости. Предпо-

Таблица I

Тарировочные
данные прибора

Даты	Отсчет по шкале прибора, мм	Влажность почвы, %	
		к весу	к ППВ

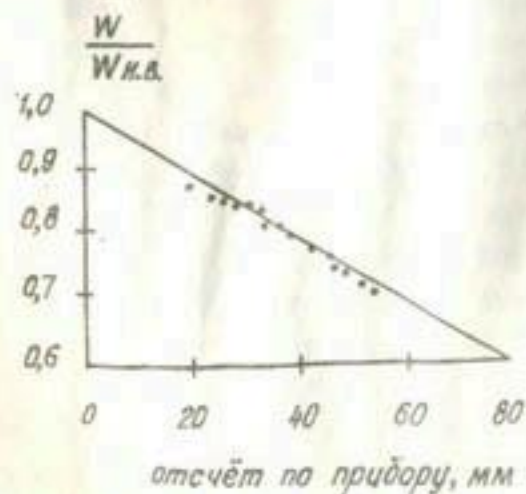


Рис. 2. График
зависимости показаний
прибора от влажности
почвы

28/7	20	18,1	87
29/7	24	17,8	85
30/7	26	17,6	84
31/7	29	17,3	83
1/УІ	30	17,3	83
2/УІ	32	17,1	82
3/УІ	34	16,7	80
4/УІ	36	16,5	79
5/УІ	38	16,3	78
6/УІ	42	15,9	76
7/УІ	45	15,5	74
8/УІ	46	15,1	73
9/УІ	47	14,8	71
10/УІ	49	14,4	70
11/УІ	51	14,4	69

лившая влажность определялась весовым способом для всех вариантов опыта. Полученные данные (табл. 2) служили контролем для показаний прибора.

Анализ данных табл. 2 показывает, что при назначении поливов по прибору можно подавать воду на поле в более точные сроки и с гораздо меньшими затратами труда и времени.

Таблица 2

Предполиваемая
влажность почвы, % к ППВ

Поливные участки	Номера поливов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
№ 1 *	70	64	70	68	69	69	70	71
№ 2	70	58	64	63	61	64	68	64
№ 3	70	60	72	70	63	70	75	73

* С прибором.

На участке № 2 поливы проводились с опозданием, а на участке № 3 поливы 7 и 8 проведены раньше. Это объясняется тем, что даже при регулярном взятии проб грунта точно установить срок полива не всегда возможно из-за сложности определения влажности почвы на орошаемых участках весовым способом.

Опыт эксплуатации прибора показал, что в условиях Бахарденского района точность отсчета показаний можно повысить за счет увеличения площади испаряющего диска.

С целью установления точности показаний прибора была проведена серия опытов по определению влажности почвы в пяти точках поливного участка, расположенных в начале, середине и в конце его*.

Полученные результаты показывают (табл. 3), что для репрезентативной оценки влагозапасов на орошаемом участ-

* В соответствии с указанием А. А. Роде (Основы учения о почвенной влаге, т. II. Л., Гидрометеоиздат, 1969).

не достаточно определить влажность почвы в центре его, в одной или двух точках, так как расхождения между величинами запасов влаги в почве, средними для поля и определенными в центре участка, — незначительны. Показания прибора почти совпадают с величинами влагозапасов участка, определенными по пяти точкам.

Т а б л и ц а 3

Влажность почвы
на различных участках поля,
% к весу

Число опре- деле- ний	Место взятия образца на участке					Среднее	По прибору
	в начале	в се- редине справа	в центре	в се- редине слева	в конце		
1	17,4	15,5	14,9	15,2	12,0	15,0	15,3
2	15,9	14,6	14,2	14,0	13,8	14,5	14,4
3	16,8	14,0	14,0	13,6	8,9	13,5	13,9
4	17,1	13,1	12,9	12,6	8,7	12,9	12,8
Среднее	16,3	14,3	14,0	13,8	10,8	13,9	14,1

Использование испаряемости в качестве критериального показателя дает возможность учитывать влагозапас на сравнительно большой орошаемой территории. Минимальная площадь участка, где может быть применен прибор без погрешностей из-за влияния краевого эффекта, равна 16 га, максимальная площадь зависит от организации хозяйства, размеров поливных участков, севооборотных массивов, организации и последовательности поливов.

Производственные испытания модели прибора показали, что с его помощью можно определять влагозапасы и назначать срок очередного полива с большой степенью надежности и точности при значительном сокращении объемов работ и затрат времени. Кроме того, при соответствующей конструкции прибора возможно подключение его к автоматизированным системам.

УДК 581.45.087.1+633.511

Канд. геогр. наук Е.Н. МИНАЕВА

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛОПЧАТНИКА

В настоящее время общепризнано, что на процесс формирования теплового баланса и его составляющих большое влияние оказывает относительная площадь листьев. В этой связи в зарубежной литературе появился термин "индекс площади листьев", а в отечественной — "эффективная поверхность биомассы" или "относительная площадь листьев", под которыми понимается безразмерная величина отношения поверхности биомассы к единице площади посева.

С помощью данной величины решаются многие теоретические и практические вопросы, в том числе и такой кардинальный, как расчет суммарного испарения. В частности, величина транспирирующей поверхности входит в формулу, предложенную А.И. Будаговым. Таким образом, исследования изменений относительной площади листьев во времени открывают пути определения транспирации и суммарного испарения в различные фазы вегетации растений.

Как известно, суммарное испарение с поверхности суши складывается из транспирации, испарения воды почвой под пологом растительного покрова, а также из испарения воды, задержанной поверхностью биомассы при выпадении дождей или росы.

На посевах сельскохозяйственных культур до появления всходов воду испаряет только почва. Для достаточно развитого сомкнутого растительного покрова подавляющая часть

суммарного испарения приходится на долю транспирации. При оптимальной влагообеспеченности растений оголенная почва (пар) в зависимости от конкретных условий (в среднем за теплое полугодие) испаряет в 2,5 – 4 раза меньше по сравнению с испарением с сомкнутого растительного покрова. В результате не только доля транспирации в суммарном испарении, но и сама величина последнего существенно зависит от поверхности транспирирующей биомассы. Эту особенность можно учесть с помощью так называемой "биологической" кривой испарения, предложенной А.М. Алпатевым. Она представляет собой кривую изменения в течение вегетационного периода отношений фактических величин испарения к его величинам для сомкнутого растительного покрова. Специфический характер этой кривой, заключающийся в ее возрастании в начале вегетационного периода и убывании при его окончании, А.М. Алпатев объяснял влиянием ритмов развития растений в онтогенезе. Физическая трактовка "биологической" кривой была дана А.И. Будаговским [1], который показал, что ее величина зависит от влагосодержания почвы и величин транспирирующей поверхности.

Следует заметить, что в связи с развитием исследований фотосинтетической деятельности растительного покрова и его теплового баланса изучению биометрической структуры, в частности, транспирирующей поверхности, уделяется большое внимание. Наиболее полные и обстоятельные исследования в этом направлении выполнены Х. Тоомингом и Ю. Россом [11], Ю. Россом и Т. Нильсоном [7], которые разработали методы определения и получили материалы не только об общей поверхности биомассы некоторых растительных покровов, но и о распределении ее по высоте, ориентации в пространстве и т.д. Однако эти методы пока еще сложны и трудоемки. Поэтому для определения поверхности биомассы можно ограничиться более простыми расчетами, предложенными А.И. Будаговским [1] применительно к посевам сельскохозяйственных культур и проверенными С.С. Савиной [9] и Н.Н. Самариной [10].

Предложенная А.И. Будаговским и С.С. Савиной методика направлена на получение биометрических характеристик посевов с использованием массовых данных (наблюдения проводятся на агрометеорологических станциях). К настоящему времени накоплен большой многолетний материал еженедельных опре-

делений средней высоты растений в течение вегетационного периода или в характерные фазы их развития, а также наблюдений за числом растений на единицу посевов, то есть за густотой стояния. Однако сведений о площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур, в частности, хлопчатника, в этих материалах содержится немного. Вместе с тем сведения об изменении площади листьев хлопчатника в течение вегетационного периода, приводимые в работах М.В. Зуева [2], Ф.А. Муминова, А.И. Абдуллаева [5], Л.П. Лапшовой [3], к сожалению, относятся к конкретным посевам, перенесение их на другие условия практически невозможно. Исключение представляют данные Ф.А. Муминова [6], который приводит кривую зависимости площади листьев растений хлопчатника от их высоты, полученную по измерениям, проведенным на агрометеорологической станции Боз-Су (район Ташкента).

В настоящей статье излагаются результаты и некоторые методические вопросы биометрических исследований, проведенных нами в 1964, 1967 и 1969 гг. на посевах хлопчатника различных сортов, возделываемых на территории среднеазиатских республик. При этом основное внимание уделяется нахождению связи между высотой и площадью листьев хлопчатника.

Чаще всего площадь поверхности листьев определяется с помощью сопоставления определяемой планиметрированием фактической площади листа с фиктивной площадью, получаемой умножением длины листа на его ширину. Для хлопчатника переводный коэффициент от фиктивной к фактической площади оказался равным 0,736. Интересно отметить, что близкое к этому значение имел и коэффициент, полученный С.С. Савиной [9] для листьев кукурузы и пшеницы, – 0,76.

Однако этот способ включает измерение двух величин – длины и ширины листа. Причем, если длину можно фиксировать достаточно точно, так как она измеряется от узла до конца листовой пластины, то ширина измеряется менее точно из-за смещения оси, по которой производится измерение. Поэтому была выявлена возможность применения более простого и достаточно надежного способа определения площади листьев (табл. I).

Фактическая площадь листьев определялась планиметрированием, а длина измерялась с точностью до 1 см². В связи

суммарного испарения приходится на долю транспирации. При оптимальной влагообеспеченности растений оголенная почва (пар) в зависимости от конкретных условий (в среднем за теп- лое полугодие) испаряет в 2,5 – 4 раза меньше по сравнению с испарением с сомкнутого растительного покрова. В результа- те не только доля транспирации в суммарном испарении, но и сама величина последнего существенно зависит от поверхнос- ти транспирирующей биомассы. Эту особенность можно учесть с помощью так называемой "биологической" кривой испарения, предложенной А.М. Алпатевым. Она представляет собой кривую изменения в течение вегетационного периода отношений факти- ческих величин испарения к его величинам для сомкнутого рас- тительного покрова. Специфический характер этой кривой, зак- лочающийся в ее возрастании в начале вегетационного периода и убывании при его окончании, А.М. Алпатев объяснял влияни- ем ритмов развития растений в онтогенезе. Физическая трак-товка "биологической" кривой была дана А.И. Будаговым [1], который показал, что ее величина зависит от влагосо- держания почвы и величин транспирирующей поверхности.

Следует заметить, что в связи с развитием исследо- ваний фотосинтетической деятельности растительного покрова и его теплового баланса изучению биометрической структуры, в частности, транспирирующей поверхности, уделяется большое внимание. Наиболее полные и обстоятельные исследования в этом направлении выполнены Х. Тоомингом и Ю. Россом [11], Ю. Россом и Т. Нильсоном [7], которые разработали методы определения и получили материалы не только об общей поверх- ности биомассы некоторых растительных покровов, но и о рас- пределении ее по высоте, ориентации в пространстве и т.д. Однако эти методы пока еще сложны и трудоемки. Поэтому для определения поверхности биомассы можно ограничиться более простыми расчетами, предложенными А.И. Будаговым [1] применительно к посевам сельскохозяйственных культур и про- веренными С.С. Савиной [9] и Н.Н. Самариной [10].

Предложения А.И. Будаговым и С.С. Савиной мето- дика направлена на получение биометрических характеристик посевов с использованием массовых данных (наблюдения прово- дятся на агрометеорологических станциях). К настоящему вре- мени накоплен большой многолетний материал ежелектных опре-

делений средней высоты растений в течение вегетационного пе- риода или в характерные фазы их развития, а также наблюдений за числом растений на единицу посевов, то есть за густотой стояния. Однако сведений о площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур, в частности, хлопчатника, в этих материалах содержится немного. Вместе с тем сведения об изменении площади листьев хлопчатника в течение вегетацион- ного периода, приводимые в работах М.В. Зуева [2], Ф.А. Муминова, А.И. Абдуллаева [5], Л.П. Лапшовой [3], к сожалению, относятся к конкретным посевам, перенесение их на другие условия практически невозможно. Исключение пред- ставляют данные Ф.А. Муминова [6], который приводит кривую зависимости площади листьев растений хлопчатника от их высо- ты, полученную по измерениям, проведенным на агрометеороло- гической станции Боз-Су (район Ташкента).

В настоящей статье излагаются результаты и некото- рые методические вопросы биометрических исследований, прове- денных нами в 1964, 1967 и 1969 гг. на посевах хлопчатника различных сортов, возделываемых на территории среднеазиат- ских республик. При этом основное внимание уделяется нахож- дению связи между высотой и площадью листьев хлопчатника.

Чаще всего площадь поверхности листьев определяет- ся с помощью сопоставления определяемой планиметрированием фактической площади листа с фиктивной площадью, получаемой умножением длины листа на его ширину. Для хлопчатника пере- водный коэффициент от фиктивной к фактической площади ока- зался равным 0,736. Интересно отметить, что близкое к этому значение имел и коэффициент, полученный С.С. Савиной [9] для листьев кукурузы и пшеницы, – 0,76.

Однако этот способ включает измерение двух вели- чин – длины и ширины листа. Причем, если длину можно фиксиро- вать достаточно точно, так как она измеряется от узла до конца листовой пластины, то ширина измеряется менее точно из-за смещения оси, по которой производится измерение. Поэ- тому была выявлена возможность применения более простого и достаточно надежного способа определения площади лис- тьев (табл. I).

Фактическая площадь листьев определялась планимет- рированием, а длина измерялась с точностью до 1 см². В связи

Т а б л и ц а I

Значения ординат
зависимости площади листьев
от их длины

Хлопчатник	Длина листа, см									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Площадь листа, см ²									
Средневолокнистый	2	10	26	49	80	118	156	196	254	302
Тонковолокнистый	2	10	24	45	72	108	145	186	240	288

с тем, что листья тонковолокнистого хлопчатника по сравнению с средневолокнистым отличаются большей расчлененностью, их площадь при одинаковой длине несколько меньше.

Зависимость площади листа от его длины можно представить в виде уравнения:

$$S = e^m, \quad (I)$$

где S — площадь листа, см²;
 e — длина листа, см;
 m — для тонковолокнистого хлопчатника равен 1,82, для средневолокнистого — 1,90.

С помощью уравнения (I) оказалось возможным быстро находить площадь листа на основе измерения только его длины, причем длину можно определять с точностью до 1 см. Наиболее распространенная длина листа варьирует от 8 до 12 см. Длина больше 15 см встречается довольно редко — обычно один или два листа на одном растении.

Окончательная площадь для растения в целом находилась суммированием площадей всех листьев. Кроме того, определялась еще и площадь, занятая стеблем, как произведение его высоты на поперечное сечение. Оказалось, что площадь стебля составляет незначительную величину от суммарной по-

* (К стр. 29). Было измерено около 500 листьев средневолокнистого хлопчатника самых разнообразных размеров и 300 листьев тонковолокнистого.

верхности растений.

Располагая данными о площади растения и зная его высоту, можно установить связь между этими двумя показателями, что необходимо при определении биомассы растений по высоте. На рис. I представлено несколько зависимостей площади растений от их высоты. Кривая I построена по данным осредненных 133 точек, каждая из которых представляла осредненные данные для 20 растений хлопчатника различных сортов: 47-27, 108-ф, 153-ф, 5904-И, С-6002. Полевые исследования 1967 г. проводились в районе агрометеорологических станций Чимбай, Хива, Бухара, Пахта-Арал, Джизак, Фергана, Коканд, Ленинабад, Шахринау, Денау, Шерабад, Карши, Самарканд. Кривая 2 построена по данным измерений растений тонковолокнистого хлопчатника (сорта 8763-И, 9453-И, 9078-И) в 1969 г. в районе станций Байрам-Али, Иолотань, Теджен. Результаты наблюдений, проводившихся в Душанбе в 1965 г. над сортом 138-ф, объединяются кривой 3, и, наконец, кривая 4 построена по данным наблюдений Ф.А. Муминова [6] над сортом 108-ф в 1965, 1966 гг. в районе станции Боз-Су.

Как видно из рис. I, зависимости 2 — 4 находятся в пределах среднеквадратичных отклонений для точек — "центров тяжести", определенных для ряда наблюдений, по которым построена кривая I. Кривая 2, построенная по данным измерений для тонковолокнистого хлопчатника, имеет небольшие отклонения от основной кривой I.

Для быстрого нахождения величины суммарной площади листьев в зависимости от высоты растений составлена таблица 2. Сопоставляя данные табл. I и 2 и рис. I, нетрудно за-

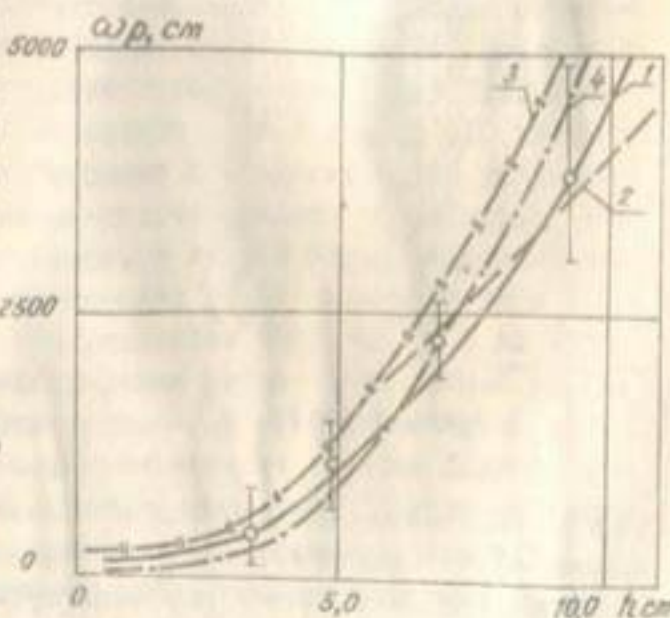


Рис. I. Зависимость площади листовой поверхности от их высоты:

I — 1967 г.; 2 — 1969 г.;
3 — 1965 г.; 4 — 1965, 1966 гг.

метить, что, в отличие от зависимости между площадью и длиной листьев, зависимость между суммарной площадью листьев (эффективной поверхностью) и высотой растений характеризуется несколько большим разбросом точек.

Т а б л и ц а 2

Координаты
зависимости площади
листьев* хлопчатника
от высоты растений

Высота, см	Хлопчатник	
	среднево- лохнистый	тонково- лохнистый
10	0,002	0,004
20	0,013	0,014
30	0,039	0,037
40	0,079	0,081
50	0,114	0,135
60	0,159	0,189
70	0,213	0,242
80	0,278	0,295
90	0,365	0,348
100	0,468	0,403
110	0,570	0,458

* Площадь листьев, м²

Такого периода до начала опадения листьев, то есть до наступления естественной или искусственной дефолиации. После этого одной и той же высоте растений будет отвечать все уменьшающаяся площадь листьев. Непосредственное их измерение потребовало бы исключительно большого труда и времени. Однако в данном случае можно воспользоваться косвенным методом расчета, который основывается на следующих положениях.

Многими исследованиями установлено, что между от-

Помещенные в агро-климатических таблицах ТСХ-1 данные о высоте растений и полученные нами зависимости позволяют найти площадь листьев хлопчатника в любой момент времени, когда определялась высота растений. Далее, располагая сведениями о средней высоте растений на любом исследуемом участке ($\bar{h}$) и числе их на единице площади посева (n), легко определить так называемую относительную площадь листьев, то есть площадь листьев на единице площади посева, обозначаемую далее через ω_0 . Для этого по табл. 2 на основе полученного значения $\bar{h}$ находится соответствующее ему значение ω_p , которое затем умножается на n .

Таким образом, зная относительную площадь листьев, можно построить изменение биомассы в течение вегетаци-

носительной площадью листьев и долей поглощенной или прямой радиации существует довольно тесная зависимость. Практически удобнее использовать зависимость между долей прямой радиации, достигшей поверхности почвы (N), и относительной площадью листьев (ω_0). Очевидно, что $1-N$ будет доля прямой радиации, поглощенная растительным покровом.

Зависимость между N и ω_0 имеет вид:

$$N = e^{-\Delta \omega_0} \quad (2)$$

Здесь Δ — коэффициент пропорциональности, зависящий от высоты Солнца (h_0). Между Δ и h_0 имеется довольно хорошая зависимость:

$$\Delta = a + \frac{b}{\sin h_0} \quad (3)$$

в которой a и b — коэффициенты пропорциональности, определяемые на основе измерений.

Следовательно, если известна доля прямой радиации, достигшая поверхности почвы, и коэффициент Δ или коэффициенты a и b , то из зависимости (2) можно определить ω_0 . Для измерения доли прямой радиации, достигшей поверхности почвы, проще всего использовать рейку Е.А. Лопухина [4]. Нами применялась рейка длиной 2 м с 810 черными метками диаметром 5 мм. Во время наблюдений рейка укладывалась на поверхность почвы и подсчитывалось число меток, освещенных прямыми лучами солнца. В каждой серии измерений отсчеты проводились при 9 положениях рейки на исследуемом участке посева. Очевидно, что отношение числа меток к их общему числу при всех положениях рейки равно доли прямой радиации, достигшей поверхности почвы — N . Поскольку величина Δ , а следовательно, и N зависят от высоты Солнца, измерения производились в разные часы суток, причем величину ω_0 за это время можно принять практически постоянной.

Измеренные значения N и соответствующие им значения высоты Солнца (h_0) наносились на график, на оси ординат которого откладывалась величина $\frac{\ln N}{\omega_0} = \Delta$, а по оси абсцисс $\frac{1}{\sin h_0}$. Точки обычно хорошо укладывались на

прямую, отсекающую на оси ординат при $\frac{1}{\sin h_0} = 1$ отрезок, равный α . Угловый коэффициент этой прямой равен β .

Если коэффициенты α и β достаточно устойчивы, то в результате будет получена одна прямая $\Delta = \frac{1}{\sin h_0}$.

Однако в связи с неизбежными ошибками и необходимостью уменьшения их роли было проведено около 40 измерений при различных значениях ω_0 , изменявшихся от 0,18 до 3,33. Величина ω_0 определялась по измеренным величинам N и Δ . На основе этих данных была получена осредненная зависимость:

$$\Delta = f(h_0)$$

Отсюда зависимость коэффициента Δ в формуле (2) от высоты Солнца (h_0) характеризуется координатами:

h_0	70	60	50	40	30	20
Δ	0,53	0,57	0,63	0,76	0,92	1,30

Располагая приведенными вспомогательными зависимостями и измеренными значениями N , можно легко найти ω_0 для тех случаев, когда непосредственное определение его затруднено, в частности, в период после начала дефолиации. Для этих случаев из формулы (2) будем иметь:

$$\omega_0 = -\frac{\ln N}{\Delta} \quad (4)$$

Для обеспечения достаточной точности вычислений ω_0 необходимо определить N в разные часы суток при разных высотах Солнца и соответствующих им значениях Δ .

Изложенный способ определения относительной площади листьев в период после начала дефолиации несложен и требует лишь простейших и весьма нетрудоемких наблюдений с помощью рейки Е.А. Лопухина. При отсутствии материалов таких наблюдений можно ограничиться схематизацией ветви спада кривой изменения относительной площади листьев во времени в период от начала до окончания дефолиации. Для проведения такой типизации были использованы результаты наблюдений по рейке Е.А. Лопухина, проведенные нами на полях хлопчатника в районе агрометеорологических станций Пахта-Арал, Самарканд, Фергана, Коканд, Шахринау и Денау.

Сущность этой типизации заключается в том, что относительная площадь листьев в период дефолиации выражается в долях от его максимального значения (ω_{max}), предшествующего началу дефолиации, отвечающего средней высоте и густоте посевов и определяемого вышеуказанным способом по N и ω_0 . Время также представляется в относительных единицах путем введения безразмерной величины:

$$\tau = \frac{t - t_H}{t_K - t_H},$$

здесь t — время в днях, отсчитываемое от произвольно выбранной даты, предшествующей началу дефолиации или совпадающей с ним;

t_H и t_K — соответственно время начала и окончания дефолиации, отсчитываемое от того же самого начала.

На основе указанных выше наблюдений построим график $\frac{\omega_0}{\omega_{max}} = f(\tau)$ (рис. 2), который, конечно, нуждается

в последующем уточнении и, возможно, в некоторой дифференциации. Но этим графиком можно пока ограничиться, учитывая, что осенью, в период дефолиации, испарение даже с поверхности сомкнутого и нормально вегетирующего растительного покрова или увлажненной почвы существенно снижается. При использовании приведенного схематического графика в качестве начала естественной дефолиации принята дата в начале сентября (4/IX).

Биологические кривые можно строить для каждого конкретного года и соответственно определять ис-

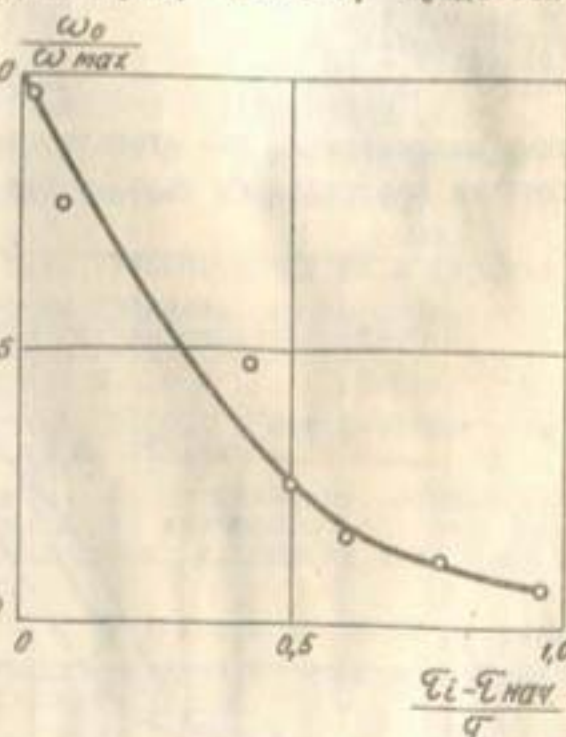


Рис. 2. Биологическая кривая в относительных координатах для конца вегетации

прямую, отсекающую на оси ординат при $\frac{1}{\sin h_0} = 1$ отрезок, равный α . Угловым коэффициентом этой прямой равен

Если коэффициенты α и β достаточно устойчивы, то в результате будет получена одна прямая $\Delta = \frac{1}{\sin h_0}$.

Однако в связи с неизбежными ошибками и необходимостью уменьшения их роли было проведено около 40 измерений при различных значениях ω_0 , изменявшихся от 0,18 до 3,33. Величина ω_0 определялась по измеренным величинам N . На основе этих данных была получена осредненная зависимость:

$$\Delta = f(h_0)$$

Отсюда зависимость коэффициента Δ в формуле (2) от высоты Солнца (h_0) характеризуется координатами:

h_0	70	60	50	40	30	20
Δ	0,53	0,57	0,63	0,76	0,92	1,30

Располагая приведенными вспомогательными зависимостями и измеренными значениями N , можно легко найти ω_0 для тех случаев, когда непосредственное определение его затруднено, в частности, в период после начала дефолиации. Для этих случаев из формулы (2) будем иметь:

$$\omega_0 = -\frac{\ln N}{\Delta} \quad (4)$$

Для обеспечения достаточной точности вычислений ω_0 необходимо определить N в разные часы суток при разных высотах Солнца и соответствующих им значениях.

Изложенный способ определения относительной площади листьев в период после начала дефолиации несложен и требует лишь простейших и весьма нетрудоемких наблюдений с помощью рейки Е.А. Лопухина. При отсутствии материалов таких наблюдений можно ограничиться схематизацией ветви спада кривой изменения относительной площади листьев во времени в период от начала до окончания дефолиации. Для проведения такой типизации были использованы результаты наблюдений по рейке Е.А. Лопухина, проведенные нами на полях хлопчатника в районе агрометеорологических станций Пахта-Арал, Самарканд, Фергана, Коканд, Шахринау и Денау.

Сущность этой типизации заключается в том, что относительная площадь листьев в период дефолиации выражается в долях от его максимального значения (ω_{max}), предшествующего началу дефолиации, отвечающего средней высоте и густоте посевов и определяемого вышеуказанным способом по N и ω_0 . Время также представляется в относительных единицах путем введения безразмерной величины:

$$\tau = \frac{t - t_n}{t_k - t_n}$$

здесь t — время в днях, отсчитываемое от произвольно выбранной даты, предшествующей началу дефолиации или совпадающей с ним;

t_n и t_k — соответственно время начала и окончания дефолиации, отсчитываемое от того же самого начала.

На основе указанных выше наблюдений построен гра-

фик $\frac{\omega_0}{\omega_{max}} = f(\tau)$ (рис. 2), который, конечно, нуждается

в последующем уточнении и, возможно, в некоторой дифференциации. Но этим графиком можно пока ограничиться, учитывая, что осенью, в период дефолиации, испарение даже с поверхности сомкнутого и нормально вегетирующего растительного покрова или увлажненной почвы существенно снижается. При использовании приведенного схематического графика в качестве начала естественной дефолиации принята дата в начале сентября (4/IX).

Биологические кривые можно строить для каждого конкретного года и соответственно определять ис-

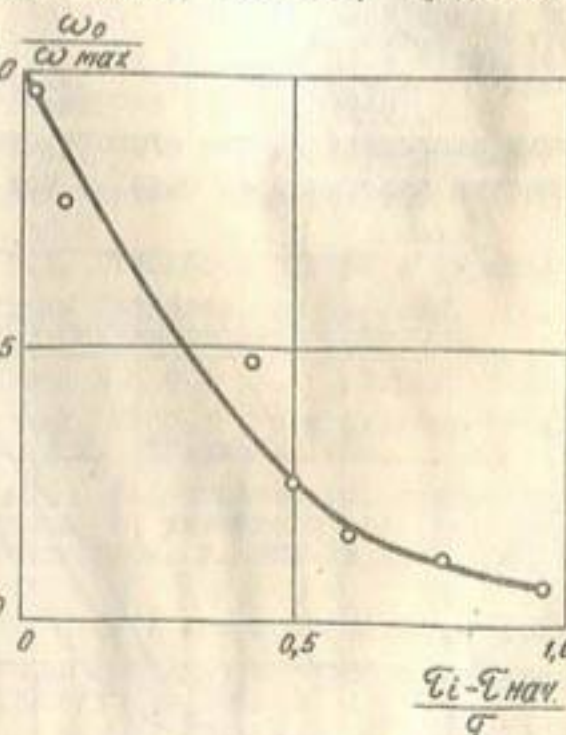


Рис. 2. Биологическая кривая в относительных координатах для конца вегетации

парение по годам. Для определения величины испарения за среднесезонный период необходимо построить биологическую кривую по осредненным данным.

Колебания относительной площади листьев по годам могут быть вызваны изменчивостью густоты стояния и высоты растений. Однако обычно большей высоте растений соответствуют редкие посевы, и, наоборот, чем больше густота стояния, тем меньше высота растений. Такое соотношение высоты и густоты стояния растений несколько уменьшает изменчивость ω_0 . Как показывает просмотр многолетних материалов, густота стояния в течение вегетации меняется незначительно. Заметное изменение наблюдается лишь в самом начале вегетации, когда после прореживания посевов средняя густота стояния снижается с 12 – 13 до 6 – 8 растений на 1 м². Наблюдения на агрометеорологических станциях за густотой стояния проводятся обычно два или три раза за всю вегетацию: до прореживания, затем после него и иногда перед началом уборки урожая. В среднем, по данным измерений за последние годы, густота стояния составляет 9 – 10 растений на 1 м².

Изменчивость высоты растений характеризуется большими амплитудами, чем густота стояния. В начальные фазы вегетации колебания из года в год небольшие, а в середине и

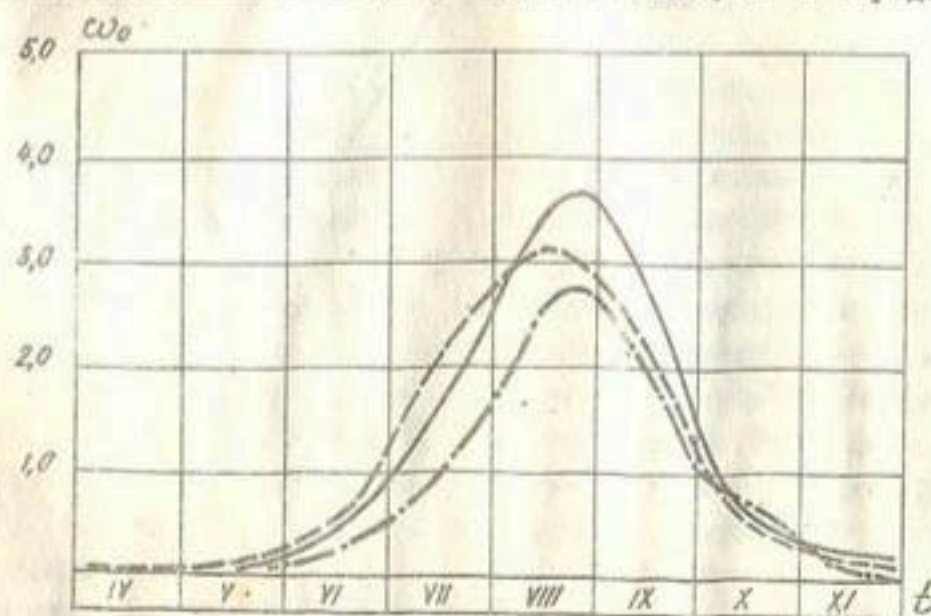


Рис. 3. Биологические кривые для агрометеорологических станций:

— Теджен; - - - - Байрам-Али; - · - · - Керки

конце вегетации диапазон колебаний несколько увеличивается.

Для характеристики изменчивости относительной площади листьев в целом нами были построены кривые обеспеченности для нескольких станций. В диапазоне обеспеченности от 25 % до 75 % отклонение от средних величин составляло $\pm 30 - 40$ %, отклонение в 90 – 100 % имело 5-процентную повторяемость. Представленные среднесезонные биологические кривые для агрометеорологических станций Теджен, Байрам-Али и Керки (рис. 3) могут служить в качестве примера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б у д а г о в с к и й А.И. Испарение почвенной влаги. М., "Наука", 1964.
2. З у е в М.В. Формирование микроклимата хлопкового поля. Л., Гидрометеиздат, 1956.
3. Л а п ш о в а Л.П. Испарение и тепловой баланс хлопкового поля Вахской долины Таджикистана. "Труды Глав. геофиз. обсерватории", вып. 214. Л., 1967.
4. Л о п у х и н Е.А. Приближенный метод учета распределения суммарной радиации среди хлопчатника. "Труды Глав. геофиз. обсерватории", вып. 5 (6). Л., 1951.
5. М у м и н о в Ф.А., А б д у л л а е в А.К. К методике определения площади листьев хлопчатника. "Хлопководство", 1968, № 5.
6. М у м и н о в Ф.А. Тепловой баланс и формирование урожая хлопчатника. "Труды Среднеаз. науч.-иссл. гидрометеор. ин-та", вып. 50. Л., Гидрометеиздат, 1970.
7. Р о с с Ю., Н и л ь с о н Т. Вертикальное распределение биомассы в посевах. В сб.: "Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности". М., "Наука", 1966.
8. Р а у н е р Ю.Д. Биометрические показатели лесной растительности в связи с изучением ее радиационного режима. В сб.: "Актинометрия и оптика атмосферы". Таллин, "Валгус".
9. С а в и н а С.С. Определение площади листьев зерновых культур по материалам наблюдений сети агрометеостанций. "Метеорология и гидрология", 1966, № 5.
10. С а м а р и н а Н.Н. Методика и некоторые результаты исследований биометрической структуры посевов сельскохозяйственных культур. М., "Изв. АН СССР", сер. геогр., 1969, № 1.
11. Т о о м и н г Х., Р о с с Ю. Радиационный режим посева кукурузы по ярусам и описывающие его приближенные формулы. Исследования по физике атмосферы, вып. 6, 1964.

УДК 550.8:631.6.001.5

Канд. с.-х. наук О. НАЗАРМАМЭДОВ,
горн. инж.-геофизик А.А. ДЖУМАМУРАТОВ,
горн. инж.-геофизик В.Ф. НОВИКОВ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СЪЕМОК ПРИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Мелиорация земель является сложной комплексной проблемой, при решении которой необходим учет целого ряда гидрогеологических, почвенно-химических, климатических и других естественных факторов, экономических и технических проблем, возникающих при сельскохозяйственном освоении земель.

Методы гидромелиоративных съемок должны обеспечить выдачу надежных прогнозов об изменении существующих гидрогеологических и почвенно-химических условий района и о влиянии этих изменений на урожайность сельскохозяйственных культур. Однако в настоящее время такие прогнозы еще далеки от совершенства.

Достоверность прогнозов определяется детальностью мелиоративных изысканий и требует выполнения их по научно обоснованной программе, предусматривающей выдачу информации о всех факторах, связанных с решением проблем мелиорации [2].

Для обоснованных расчетов и проектов мелиоративного строительства необходимы данные о физико-химических параметрах комплексов, составляющих верхнюю часть гидрогеологического разреза-района, а именно:

- 1) глубинах залегания грунтовых вод и гипсометрической поверхности их уровня;
- 2) мощности горизонта грунтовых вод и изменения их минерализации как по площади, так и на глубину до водоупора;
- 3) коэффициентах фильтрации по водоносному горизонту, водопроницаемости и уровнепроницаемости последнего;
- 4) величинах инфильтрационного питания грунтовых вод через зону аэрации и коэффициентах их питания из нижележащих напорных горизонтов;
- 5) степени концентрации различных компонентов химического состава грунтовых вод;
- 6) степени засоленности почво-грунтов зоны аэрации, их влажности; коэффициентах, характеризующих интенсивность и направления влаго- и солепереноса в зоне аэрации; и другие.

На настоящем этапе мелиоративных съемок все указанные параметры определяются на основе точечных опробований скважин и интерполируются при районировании на значительные территории. При этом не учитываются возможные макре- и микропазы в полей данных параметров, их флюктуации и анизотропность.

Вместе с тем многие из этих параметров создают четкие физические поля, интенсивность и направленность которых может быть установлена методами прикладной геофизики [2].

Так, перенос солей в зонах оазисов определяется фильтрационными и диффузионными процессами, прямую связь с которыми имеют поля диффузионных и фильтрационных потенциалов. Градиенты и направления данных полей могут быть четко зафиксированы методами съемки естественных потенциалов (ЕП). Результаты интерпретации материалов могут дать дополнительную информацию о соле- и влагообмене, о характере депрессионных кривых и воронок в зонах действия дренажа, об инфильтрационных потерях из каналов и водохранилищ.

Электрические параметры осадочных комплексов имеют обратную связь со степенью минерализации грунтовых вод. Изменение электрических параметров по площади и на глубину до водоупора может быть установлено по данным интерпретации вертикальных электрических зондирований (ВЗЗ). Результаты

интерпретации обеспечивают построение гидрогеофизических разрезов по профилям и карт минерализации со срезами на любых заданных глубинах с выделением зон минерализации грунтовых вод в интервале от 1 до 35 г/л. Электропроводность пород может быть использована и для оценки запасов солей в зоне аэрации. Режимные наблюдения методом ВЗЗ обеспечивают получение данных о направлениях и интенсивности солеобмена и эффекте действия того или иного дренажного комплекса.

В комплекс гидромелиоративных съемок могут быть использованы измерения электромагнитного поля, сейсморазведка, методика пенетрационного каротажа. Так, по данным пенетрационного каротажа определяются объемный вес и объемная влажность грунтов, их пористость, литологический состав и др. Все геофизические методы мобильны, высокопроизводительны, обеспечивают выдачу данных о параметрах пород, находящихся в естественных, ненарушенных условиях. Вместе с тем выдаются данные о некоторых осредненных параметрах разреза, уменьшающихся при районировании площадей влияние случайных ошибок и естественных флюктуаций, неизбежных при отборе и анализах единичных проб.

Проектно-исследовательские организации все шире внедряют методы прикладной геофизики, считая, что рациональное сочетание их с другими методами ускоряет и удешевляет съемку, повышает ее точность и надежность. Несмотря на это до настоящего времени нет обоснованных рекомендаций по внедрению геофизических методов в цикл почвенно-мелиоративных изысканий в комплексе с существующими методами мелиоративных съемок.

Подобное несоответствие объясняется, должно быть, тем обстоятельством, что то или иное физическое поле отражает суммарное проявление целого ряда геологических параметров разреза, оценить влияние которых по данным одного уравнения (физическое поле) весьма затруднительно. Поэтому геофизиками нередко выдаются полуколичественные данные о параметрах разреза, пригодные лишь для качественной его характеристики.

Трудности однозначной интерпретации геофизических материалов рассмотрим на примере изучения минерализации грунтовых вод методом ВЗЗ в сложных гидрогеологических условиях дельты р. Мургаб.

Площадная съемка методом ВЗЗ проведена на территории Мургабского оазиса в 1965 - 1967 гг. в объеме около 20 тыс. ВЗЗ.

В задачу работ входили: изучение общей минерализации грунтовых вод по площади и на глубину до водоупора; определение положения их уровня и глубины залегания водоупора; поиски и оконтуривание линз пресных вод и решение целого ряда специальных вопросов. Наиболее полно разработана методика изучения минерализации грунтовых вод, которая кратко излагается в настоящей статье.

В региональном плане подземные воды оазиса являются частью общего высокоминерализованного Каракумского потока, осложненного влиянием многовекового орошаемого земледелия. Пресные воды встречаются в виде "плавающих линз", наиболее мощные из которых приурочены к крупным каналам и водохранилищам. Вследствие высокой испаряемости опресненные воды, как правило, перекрыты водами относительно повышенной минерализации. Величина сухого остатка колеблется в пределах 0,8 - 80 г/л.

Геоэлектрический разрез района характеризуется чрезвычайной сложностью и имеет прямую связь с гидрохимическими режимами и динамикой уровня грунтовых вод. Кривые ВЗЗ многослойные (АКО, ИКО и ОО). Опресненная зона проявляется максимумом КС (кажущиеся сопротивления) при низкоомных поверхностных образованиях или перегибах кривой ВЗЗ (при высокоомном первом электрическом горизонте).

При разработке методики интерпретации предусматривалась выдача количественных данных с учетом картирования зон грунтовых вод с минерализацией до 1 г/л, 1 - 1,5 г/л, 1,5 - 3 г/л, 3 - 5 г/л, 5 - 10 г/л, 10 - 20 г/л и более. Опыта количественных решений не имелось.

В связи с этим надлежало решить ряд задач.

1. Выбор палеточного материала. При решении гидрогеологических задач интерпретатор сталкивается, во-первых, с необходимостью количественной расшифровки многослойных электрических разрезов, во-вторых, с большими объемами ВЗЗ (обычно несколько тысяч), обработка которых известными типами палеток в сжатые сроки камерального периода практически

исключена. В связи с этим изыскиваются упрощенные приемы интерпретации, которые снижают ее точность, а следовательно, и ухудшают качество решения задач.

Изданные альбомы трехслойных палеток (Елиимберже, Пылаева) оказались в данном случае непригодными, так как рассчитаны лишь для четырех закрепленных значений:

$$\rho_3 = 0, \quad \rho_1 \text{ и } \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}.$$

Значения ρ_3 практических ВЗЗ, как правило, не соответствуют расчетным. Это исключает возможность использовать палетки без дополнительных графических построений, выполнение которых при большом количестве зондирований практически не целесообразно.

В связи с этим в 1966 г. В.Ф. Новиковым были разработаны и изготовлены комбинированные палетки серии КП, которые в настоящий период нами совершенствуются для решения ряда других задач в области мелиорации.

Палетки построены для переменных значений ρ_3 для всех значений $m = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ и $\gamma = \frac{h_2}{h_1}$, принятых при расчетах стандартных палеток. Для палеток серии К и Q изменения ρ_3 приняты в пределах от $\rho_3 = 0$ до $\rho_3 = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$, а для палеток серии Н и А ρ_3 изменяется в пределах от $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ до .

Использование палеток серии КП значительно ускорило процесс интерпретации и повысило ее точность.

2. Обоснование выбора параметров. В общем случае

для удельного электрического сопротивления водоносного горизонта принимается формула:

$$\rho = \frac{A_c \cdot B_d \cdot P_v \cdot P_q \cdot P_t}{C_0},$$

где P_v, P_q, P_t - коэффициенты, зависящие соответственно от пористости, водонасыщенности и температуры водоносного горизонта;

A_c - коэффициент, зависящий от химического состава солей;

B_d - коэффициент влияния дисперсности водовмещающих пород; C_0 - минерализация грунтовых вод.

Из этой формулы следует, что функциональная зависимость $\rho = f(C_0)$ чрезвычайно сложна и с математической точки зрения неразрешима на основании одного уравнения - кривой ВЗЗ.

Для обоснования параметров было принято, что пористость тонкозернистых песков и глин в Мургабском оазисе практически одинакова и изменяется в пределах от 40 до 45 %; в верхней части разреза температура имеет значительные перепады, а на глубине разведки (50 - 70 м) она практически постоянна; водоносный горизонт характеризуется полной влагонасыщенностью; удельные электрические сопротивления электролитов линейно зависят от их концентрации и по величинам для разных растворов отличаются между собой незначительно [1].

В связи с отмеченным коэффициенты A_c, P_v, P_q и P_t могут быть приняты постоянными для зоны Мургабского оазиса и, следовательно, удельное электрическое сопротивление может быть выражено зависимостью:

$\rho = f(C_0, B_d)$. При этом предусматривалось, что на графике зависимости $\rho = f(C_0)$ различные литологические комплексы могут отражаться кривыми с различными угловыми коэффициентами.

В процессе обработки было проинтерпретировано около 150 параметрических ВЗЗ, выполненных в 1961 - 1968 гг. в Мургабском и Тамаузском оазисах. Как видно из примера интерпретации параметрических ВЗЗ (рис. 1), указанная зависимость характеризуется высокой степе-

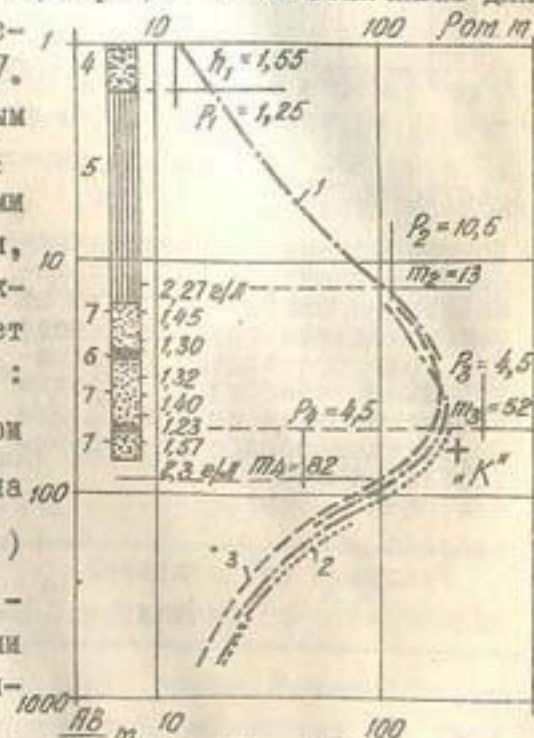


Рис. 1. Пример интерпретации параметрической ВЗЗ: 1 - параметрическая ВЗЗ; 2 - кривая ВЗЗ палетки КП типа Q; 3 - кривая ВЗЗ палетки КП типа К; 4 - переслаивание глин и песков; 5 - суглинки; 6 - глины; 7 - мелкозернистые пески; 1,23 - 2,30 г/л - минерализация грунтовых вод по данным проб

нию корреляции и является единой для всех литологических разностей пород обоих оазисов. Некоторый разброс дискретных точек может отражать влияние литологических факторов, но величина флюктуаций не выходит за пределы точности интерпретации ВЭЗ (рис. 2).

Из графика зави-

симости $\rho = f(C_0)$ следует, что точность определения C_0 увеличивается с уменьшением минерализации грунтовых вод, и для C_0

5 г/л ошибки не превышают 5 - 7 %. В связи с этим на отчетных гидрогеофизических материалах (картах, разрезах и др.) принята зональность минерализации и в соответствии с рассматриваемым графиком - граничные электрические параметры для выделения зон минерализации грунтовых вод:

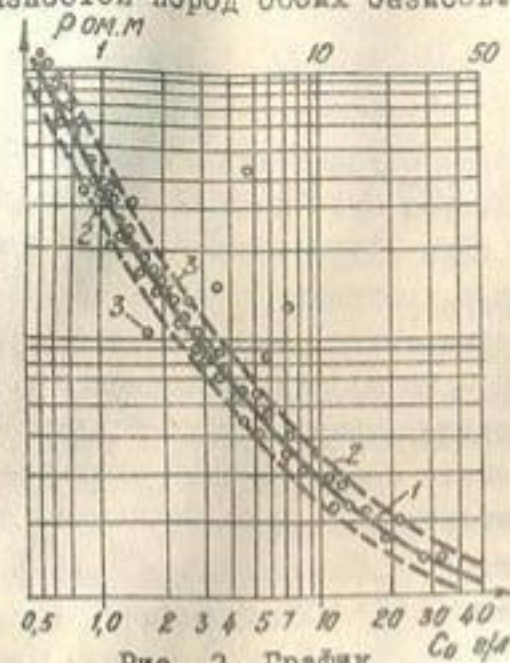


Рис. 2. График

зависимости $\rho = f(C_0)$:

1 - осредненная кривая зависимости удельных сопротивлений водоносного горизонта от минерализации грунтовых вод; 2 - зона предельных систематических ошибок; 3 - точки соответствия $\rho_{ом.м}$ и C_0 г/л по данным обработки параметрических ВЭЗ

Удельные сопротивления водоносного горизонта, ом·м	Минерализация грунтовых вод, г/л
Более 60	Менее 0,75
60 - 32	0,75 - 1
32 - 19	1 - 1,5
19 - 13	1,5 - 2
13 - 9	2 - 3
9 - 5	3 - 5
5 - 3	5 - 10
3 - 2	10 - 20
2 - 1,5	20 - 35
Менее 1,5	Более 35

3. Методика интерпретации ВЭЗ комбинированными палетками КП.

Все кривые палеток КП для типов Н, К, А и Q скомплектованы при закрепленных параметрах $m = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ и $\gamma = \frac{h_2}{h_1}$ и переменном значении ρ_3 . На каждую палетку нанесена одна из точек эквивалентности (Н, А, К или Q), соответствующая разрезу и параметрам m и γ . При интерпретации для практической трехслойной ВЭЗ подбирается соответствующая палетка, с которой переносятся значения ρ_1, h_1, ρ_2, h_2 и ρ_3 . Если модули m или γ практической кривой не соответствуют модулю палетки, то величины ρ_2 и h_2 определяются как осредненные по данным интерпретации двумя наиболее близкими палетками.

При интерпретации многослойных ВЭЗ палетки КП используются в соответствии с типом геоэлектрического разреза. Так, например, при интерпретации пятислойной ВЭЗ типа Н, К, Q ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 > \rho_4 > \rho_5 \neq 0$) верхняя часть кривой совмещается с соответствующей палеткой типа Н, определяются h_1, ρ_1 и положение креста $m_2 \rho_2$. На кривую ВЭЗ переносится точка Н палетки, соответствующая кресту ρ_N, E_N . Далее используется палетка типа К, по которой определяются $\rho_3 h_3 = \rho_N \gamma$ и $m_3 = h_1 + h_2 + h_3$ и переносится на кривую ВЭЗ положение точки К. Нижняя ветвь кривой интерпретируется палеткой типа Q, по которой определяются значения $\rho_4 h_4 = \rho_N \gamma$, ρ_5 и $m_4 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$. Все палетки КП скомплектованы на листах $m = \frac{\rho_2}{\rho_1} = const$ и $\gamma = \frac{h_2}{h_1} = const$.

Поэтому подбор соответствующей палетки производится быстро и наглядно. На каждом листе скомплектованы палетки для двух значений $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ при изменении γ от 1 до 24.

Таким образом изготовлено 12 листов палеток, по 3 листа для каждого типа ВЭЗ (Н, К, А и Q). Палетки для меньших значений $\gamma < 1$ не строились, так как их использование нерационально из-за широких границ влияния принципа эквивалентности. Порядок h_2 в этих случаях может быть определен путем простого пересчета интерпретации ВЭЗ по палетке

с соседним модулем $\frac{P_2}{P_1}$.

Палетки КП, по сравнению с опубликованными палетками, обеспечивают более высокую точность и производительность.

4. Выбор состава отчетных геофизических материалов и практика построения гидрогеофизических разрезов. За основу отчетных геофизических материалов приняты гидрогеофизические разрезы при следующей методике их построения. На профиль ВЗЗ в выбранном масштабе наносятся глубины подошвы электрических горизонтов и их сопротивления, полученные на основе интерпретации данной ВЗЗ. С учетом опорных точек (колодцы, скважины, арки) на разрезе определяются электрические границы, соответствующие уровню грунтовых вод, и проводится линия УГВ. По водоносному горизонту проводятся изолинии, соответствующие граничным значениям удельных сопротивлений (60, 32, 19 ом·м и т.д.).

В зонах выклинивания опресненных горизонтов выполняется интерполяция между двумя соседними ВЗЗ. В связи с диффузионно-фильтрационными процессами смена минерализации между двумя границами происходит постепенно, поэтому интерполяция границ в кровле и подошве опресненного горизонта выполняется с учетом данных интерпретации, общей гидрографической сети района и приема экстраполяции мощностей с соседних ВЗЗ.

Пример гидрогеофизического разреза через "плавающую" линзу пресных вод приведен на рис. 3.

На втором, завершающем этапе интерпретации строятся карты минерализации грунтовых вод, отражающие гидрохимическую обстановку водоносного горизонта на любой заданной глубине. При построении на карту переносятся граничные значения УС, устанавливаемые для данной глубины по гидрогеофизическим разрезам. Интерполяция значений между соседними профилями выполняется с учетом гидрографической сети (каналы, арки, коллекторы).

Описанная выше методика гидрогеофизических изысканий принята для всего региона Туркмении, точность ее под-

тверждена сотнями скважин. При поисках и оконтуривании линз пресных вод она стала ведущей.

В настоящее время выявляется возможность использования методики ВЗЗ для определения запасов солей в зоне аэрации. На первом этапе работ получен график зависимости удельных электрических сопротивлений почво-грунтов от степени их засоленности (в процентах), который подтверждает практическую целесообразность решения данной задачи методом ВЗЗ:

$$\rho = F(C_0 \%).$$

Одновременно анализируются возможности использования (для решения частных задач мелиорации методом естественного поля) потенциалов, вызванных поляризацией, микрокаротажа, низкочастотной аппаратуры X-I нейтронно-гаммакаротажа, а также метода KBЗЗ.

Из рассмотренного следует, что методика ВЗЗ характеризуется высокой эффективностью при изучении минерализации

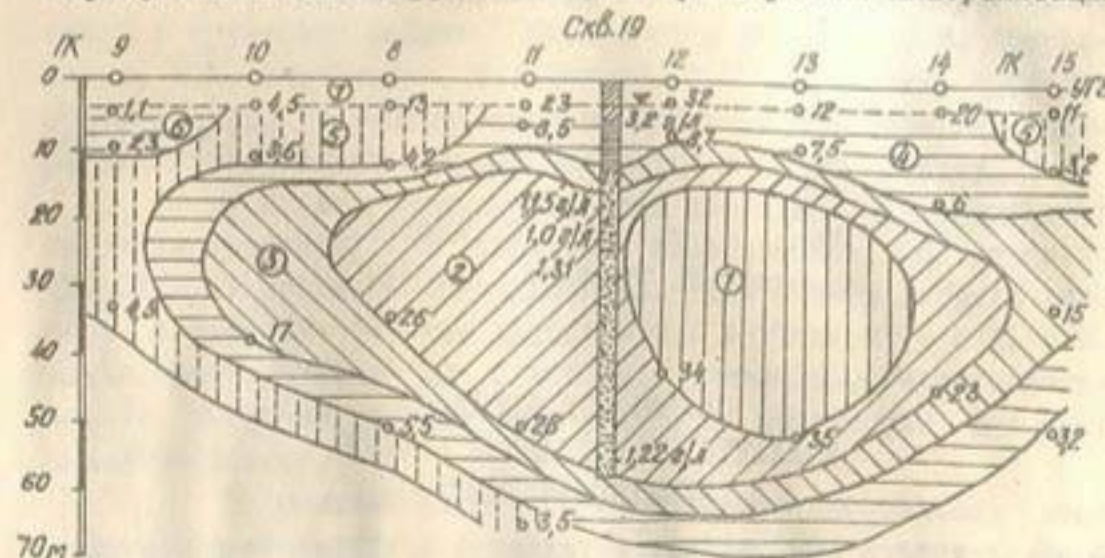


Рис. 3. Гидрогеофизический разрез по профилю - I6 (колхоз "Москва") :
034 и др. - положения подошвы электрических горизонтов и их P ом·м; 1 - минерализация грунтовых вод до 1 г/л; 2 - то же от 1 до 1,5; 3 - от 1,5 до 3; 4 - от 3 до 5; 5 - от 5 до 10; 6 - от 10 до 20; 7 - зона аэрации

грунтовых вод. Ее внедрение в схему режимных наблюдений для изучения солепереноса в почво-грунтах при оценке эффективности действия дренажных систем и определении запасов солей в зоне аэрации является перспективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. К о б р а н о в а В.Н. Физические свойства горных пород. М., Гостоптехиздат, 1962.
2. О г и л ь в и А.А. Геофизические методы исследований. М., Изд-во МГУ, 1962.

УДК 626.862.94

Канд. с.-х. наук О. АННАЕВ,
инженеры Р. ТИЛИЕВ, Д. ЧАЛОВ

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ В ТЕДЖЕНСКОМ ОАЗИСЕ

В условиях дельты р.Теджен и прилегающих к ней территорий подземные воды имеют повсеместное распространение, образуя единый сплошной поток. Этот поток олаживается: на западе — с грунтовым потоком, идущим со стороны Копетдага и питаемым в основном водами горных рек Чача, Меана, Душак и др.; на востоке — с подземными водами Мургабской дельты, составляя с ними один общий водоносный горизонт. Естественная дренированность территории Тедженского оазиса очень плохая, что определяет необходимость коренных мелиоративных ме-

роприятий, способных создать здесь на орошаемых землях благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур.

Общая длина коллекторно-дренажной сети оазиса (по состоянию на 1 ноября 1974 г.) — 1211,2 км: длина междоустьевых коллекторов — 372,1 км, внутрихозяйственных — 839,1 км, в том числе закрытых дрен — 167,78 км.[§] При площади 84,9 тыс. га (без Хауз-Ханского массива) удельная протяженность коллекторно-дренажной сети здесь составляет около 14 пог. м/га валовой площади, что явно недостаточно.

Исследования показали, что существенное рассоление засоленных почв может быть достигнуто только с помощью промывных поливов на фоне дренажа.

В процессе рассоления почво-грунтов и опреснения сильноминерализованных грунтовых вод посредством коллекторно-дренажной сети большой практический и научный интерес представляет изучение характера распределения и перемещения солей в грунтовом потоке. Этот вопрос изучался С.Ф. Аверьяновым, В.В. Волобуевым, В.А.Ковдой, А.Т. Морозовым, И.С. Рабочевым и др., в работах которых показаны основные закономерности передвижения солевых растворов в почво-грунтах.

С целью установления зоны действия и влияния дрен на режим грунтовых вод проведены исследования по изучению динамики их уровня и минерализации. Для опытов выбраны участки в совхозах "40 лет ВЛКСМ" — № 1 и "Теджен" — № 2, площадью соответственно 225 и 535 га. Почвенные, гидрогеологические и прочие условия этих совхозов характерны для всех хозяйств оазиса.

На опытном участке № 1 изучение проводилось посредством пьезометров и скважин, установленных перпендикулярно коллектору и дрени. В створе пьезометров — 20 скважин, расположенных на различном расстоянии от оси исследуемого коллектора. Для определения оттока дренажных вод с территории совхоза и опытного участка установлены гидрометрические посты.

[§] Воды всех междоустьевых и внутрихозяйственных коллекторов сбрасываются в коллектор К-1 и правобережный коллектор Кара-Кель, по которому они отводятся в глубь песков Каракум.

На опытном участке № 2 по обе стороны коллектора расположено 16 наблюдательных скважин.

Анализ результатов изучения динамики уровня грунтовых вод на опытном участке № 1 показывает, что их режим в основном зависит от водоподачи на орошение, расположения поливных участков относительно коллекторов, а также дренажных и оросительных каналов.

Амплитуда колебания уровня грунтовых вод в зоне влияния коллектора (на междренье) составляет: в вегетационный период — в среднем 1,4 — 2,6 м, причем во время промывных и предпосевных поливов — 1,0 — 2,8 м; в невегетационный период — 0,8 — 1,4 м. Вблизи коллектора амплитуда колебания уровня грунтовых вод изменяется от 24 до 9 см/сутки. Резкий подъем уровня грунтовых вод в створе наблюдается в марте — апреле (до 2,9 м), так как в это время проводятся предпосевные поливы большими нормами.

Зона распространения кривой депрессии коллектора достигает 250 м, дренажи — 90 м. Средние уклоны кривых депрессии в зоне влияния коллектора изменяются: в вегетационный период — в пределах 0,012 — 0,004, в невегетационный период — 0,005 — 0,006.

Величина расхода дренажной воды в основном определяется напором воды в междренье. Так, например, при изменении напора воды в междренье коллектора от 1,4 до 2,9 м и дренажи — от 1,4 до 2,2 м расход дренажной воды соответственно колеблется в пределах 20 — 30,5 и 3,0 — 4,0 л/сек. Максимальная величина удельных притоков грунтовой воды — на 100 пог. м открытого коллектора — составляет 1,46 л/сек.

Изучение динамики уровня грунтовых вод на опытном участке № 2 показывает, что зона дренирующего действия коллектора составляет около 340 м. Амплитуда колебания уровня грунтовых вод в створе скважин в зоне влияния коллектора изменяется: в вегетационный период — в пределах 0,90 — 2,60 м, в невегетационный период — 1,4 — 2,2 м.

Уклоны кривых депрессии изменяются также в больших пределах — от 0,002 до 0,01.

На основании исследований получена величина модуля дренажного стока для открытого внутрихозяйственного коллектора — 0,10 — 0,12 л/сек/га.

Наблюдения за режимом минерализованных грунтовых вод проводились с помощью створа пьезометров, состоящего из 20 кустов, заложенного на внутрихозяйственном коллекторе ХК-3-4 (совхоз "40 лет ВЛКСМ"). В каждом кусте по 5 — 6 пьезометров, расположенных на различной глубине и определенном расстоянии между ними. Глубина первых пьезометров — около 40 м, вторых — 30 м, третьих — 20 м, четвертых — 15 м, пятых — 10 м и шестых — 5 м при высоте фильтров в каждом пьезометре 0,5 м. Отстойники — на глубине 1,5 — 2,0 м.

Район расположения створа пьезометров характеризуется в литологическом отношении преобладанием тонкозернистых грунтов. Мощность верхней супесчано-суглинистой толщи составляет 3 — 5 м. Ниже — довольно мощная песчаная толща, сложенная пылеватыми песками — плывунами, содержащими линзовидные прослои глины.

Многочисленные работы по изучению засоленных почв показали, что главной причиной вторичного засоления почв является подъем минерализованных грунтовых вод.

Анализ гидродинамических сеток показывает, что минерализованные грунтовые воды поступают в коллектор с глубины более 40 м. По данным наблюдений в створе пьезометров, минерализация грунтовых вод в феврале 1970 г. колебалась от 20 до 90 г/л. Путем сравнения данных за последующие годы с исходными выявлено, что под влиянием коллекторно-дренажной сети минерализация грунтовых вод уменьшилась: в 1973 г. она колебалась от 4,0 до 65,4 г/л, в 1974 г. — от 3,6 до 61,0 г/л. При этом сильно минерализованные грунтовые воды переместились в верхние горизонты, приблизившись к коллектору и дренажам.

Опреснение грунтовых вод (в среднем до 10 — 20 г/л от исходного состояния) отмечено в верхних (5 — 6 м) горизонтах под орошаемыми полями. Вместе с тем минерализация грунтовых вод, поступающих в коллектор, практически не изменялась вследствие подтягивания к дренажам более минерализованных грунтовых вод из глуболежащих горизонтов.

Проведенные исследования динамики содержания солей в почво-грунтах под влиянием коллекторно-дренажной сети показали, что засоленность почвы в слое 1,0 — 1,2 м значительно уменьшилась и составила 0,03 — 0,2 % от веса воздушно-су-

хой почвы. В нижележащих слоях засоление почвы характеризуется большой изменчивостью.

За четырехлетний период работы коллекторно-дренажной сети (1970 – 1973 гг.) вынос солей с 1 га дренированной площади на опытном участке № 1 составил 455,6 тонны, приток солей с оросительной водой – соответственно 56,7 тонны. Таким образом, содержание солей в почве в расчете на 1 га дренированной территории уменьшилось на 398,9 тонны.

На опытном участке № 2 отток солей в среднем за год составляет: с 1 га поливной площади – 58,9 тонны, с 1 га дренированной площади (230 га) – 131,4 тонны.

Действующая коллекторно-дренажная сеть в Тедженском оазисе отводит, в зависимости от технической исправности и глубины залегания уровня грунтовых вод в различные периоды года, разное количество минеральных солей с дренируемой территории при ежегодном увеличении их выноса. Как показывают расчеты, в 1974 г. в целом по оазису с оросительной водой поступило 1415,8 тыс. тонн солей, вынос их с дренажной водой составил 3394,2 тыс. тонн. В расчете на 1 га орошаемых земель соответственно при поступлении 16,5 тонны солей отведено их 39,6 тонны.

Вместе с тем с технической стороны общее состояние закрытого горизонтального дренажа в Тедженском оазисе неудовлетворительное, что обусловлено совокупностью конструктивных, проектных, строительных и эксплуатационных факторов:

а) низкокачественная заделка стыков между кольцами смотровых колодцев, в связи с чем колодцы и дрены заиливаются в результате выноса грунта с поливной водой;

б) крышки на колодцах отсутствуют, что обуславливает засорение и засыпание колодцев;

в) слабо поставлена эксплуатация коллекторно-дренажной сети;

г) перепад горизонтов в коллекторе и устье дрены запроектирован всего 5 – 13 см, что явно недостаточно;

д) эксплуатация закрытого горизонтального дренажа, сопрягающегося с открытыми коллекторами, затруднена вследствие заиливания и зарастания коллекторов, при очистке которых устьевые части дрены и сооружения часто разрушаются. Крупные коллекторы целесообразно строить закрытыми.

УДК 631.67:626.810.3

Канд. с.-х. наук А. ХАДЫРОВ,
канд. техн. наук Х.А. АМАНОВ,
агроном Г.Б. СИМОНЯН

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ НА УРОЖАЙ ХЛОПЧАТНИКА

Предусмотрено, что сток рек Средней Азии будет полностью использован на орошение и промышленно-бытовые нужды. В то же время огромные запасы в различной степени минерализованных подземных и дренажных вод пока еще практически не используются.

В настоящее время в Туркменской ССР отводится за пределы орошаемой зоны 2,0 – 2,5 млрд. м³ сбросных вод. Со строительством и эксплуатацией новых коллекторно-дренажных систем в перспективе сток сбросных вод резко повысится и может достичь 7,0 млрд. м³ в год.

Громадным резервом могут быть воды Каспийского моря, минерализация которых не превышает 13 – 14 г/л [2].

Использование для орошения вод повышенной минерализации будет способствовать дальнейшему освоению целинных земель в Туркмении, где предусмотрено в дальнейшем увеличить посевные площади до 1 млн. га.

До сих пор нет единого мнения о пригодности вод повышенной минерализации для полива сельскохозяйственных культур, особенно хлопчатника (выполненные исследования проводились в различных почвенно-климатических условиях при большом числе варьирующих факторов, влияющих на результаты). Од-

нако подавляющее большинство исследователей сходится на том, что успешное применение минерализованных вод возможно на легких и хорошо дренируемых почвах в условиях, исключающих поднятие грунтовых вод [1, 3, 4, 5].

Давно замечено, что соли токсичны в чистых растворах, в смесях же они менее вредны для растений. Две соли, токсичные порознь, при той же концентрации в смесях нередко оказываются более или менее безвредными. Явление взаимного уничтожения токсичности солей получило объяснение как антагонизм ионов.

Смесь, по соотношению состава солей приблизительно соответствующая морской воде, наименее вредна не только для морских, но и пресноводных организмов. Такое соотношение солей называется уравновешенным. Д.А. Сабинин [6], ссылаясь на Леба, отмечает, что катионы морской воды, каждый в отдельности, токсичны для живого организма и что жизнь возможна только при наличии физиологически уравновешенных растворов солей. Такие растворы в природе представлены кровяной плазмой и морской водой.

С этих позиций нам представляется интересным изучение применения минерализованных вод с составом, близким к морскому, для орошения хлопчатника.

Опыт проводился в лизиметрах, представляющих собой круглые асбестоцементные трубы с полезной площадью 0,23 м², по следующей схеме¹:

Минерализация поливной воды, г/л	Состав солей, % к сухому остатку			
	NaCl	Na ₂ SO ₄	MgCl ₂	CaCl ₂
Тип "морской"				
2,5	73,0	11,5	11,5	4,7
5,0	73,0	11,5	11,5	4,7
7,5	73,0	11,5	11,5	4,7
Тип "монокатионный"				
2,5	50,0	50,0	-	-
5,0	50,0	50,0	-	-
Контроль - пресная вода				

¹Опытный участок в совхозе им. 9 Аххабадских комиссаров.

Использовались два типа солей по катионному составу: первый - одновалентный катион натрия и двухвалентные катионы кальция и магния, соотношение которых приближается к составу морской воды, - тип "морской"; второй - только одновалентный катион натрия - тип "монокатионный".

В период вегетации хлопчатника (тонковолокнистый, сорт 8763-И) уровень грунтовых вод поддерживался на глубине 1 и 2 м. Все вегетационные поливы проводились поверхностным способом. В каждом лизиметре выращивалось по 2 растения, что соответствует густоте стояния хлопчатника в полевых условиях в количестве 87000 растений на гектар.

Почва опытного участка - светлые сероземы. Механический состав почвы по всему профилю неоднороден: верхний горизонт (0 - 75 см) представлен суглинистыми фракциями, слой 100 - 150 см - тяжелосуглинистыми разностями, ниже, до глубины двух метров, - легкосуглинистыми фракциями. Объемный вес почвы по профилю изменяется незначительно и составляет 1,37 - 1,56, удельный вес - 2,69 - 2,71 г/см³.

В соответствии с принятой агротехникой выращивания хлопчатника в лизиметрах предпосевной полив проводился 4 - 5 мая поливной нормой: на однометровых лизиметрах - 1304 м³/га, на двухметровых - 1740 м³/га. Всего за вегетацию проведено 7 поливов. Поливные нормы назначались в соответствии с минерализацией поливных вод для установления промывного режима орошения.

Оросительная норма для вариантов с минерализацией оросительной воды до 5,0 г/л составила 8340 м³/га, более 5,0 г/л - 9540 м³/га.

Перед первым поливом, в стадии 3 - 4 листьев, под хлопчатник вносился навоз из расчета 10 - 12 т/га. Минеральные удобрения - при общей годовой норме азота - 150 кг/га и фосфора - 120 кг/га (действующего начала) - вносились в три приема в виде подкормок: перед первым, вторым и третьим вегетационными поливами.

В межполивные периоды почву под хлопчатником содержали в рыхлом состоянии.

Проведенные исследования показали, что при орошении хлопчатника минерализованной водой засоление почвы в ос-

лизированной поливной воды с составом солей типа "морской" получено некоторое увеличение урожая: 50,0 - 51,7 ц/га против 43,7 ц/га в контроле. Даже

Т а б л и ц а 2

Влияние различной минерализации поливной воды на урожай хлопка-сырца в зависимости от состава солей и глубины залегания уровня грунтовых вод

Минерализация поливной воды, г/л	Урожай хлопка-сырца, ц/га	Разница от контроля, ц/га
Контроль (пресная вода)	43,7	-
2,5 - тип "морской"	39,1	- 4,6
	50,0	+ 6,3
2,5 - тип "монокатионный"	42,0	- 1,7
	50,0	+ 6,3
5,0 - тип "морской"	35,1	- 8,6
	51,7	+ 8,0
5,0 - тип "монокатионный"	37,2	- 6,5
	32,6	- 11,1
7,5 - тип "морской"	29,7	- 14,0
	51,7	+ 8,0

Примечание: В числителе - при стоянии грунтовых вод на глубине 1 м, в знаменателе - на глубине 2 м.

вода с составом солей типа "морской" не оказывает отрицательного влияния на урожай - даже при высокой минерализации. И наоборот, при составе солей в поливной воде типа "монокатионный" урожай хлопка-сырца резко снижается, особенно при концентрации 5,0 г/л. Несмотря на содержание в поливной воде 2,5 - 7,5 г/л солей различного состава, общее количество их

высокая концентрация солей (7,5 г/л) не оказала отрицательного действия на урожай.

Противоположное влияние на урожай хлопка-сырца отмечено при использовании поливной воды с составом солей типа "монокатионный". В условиях стояния грунтовых вод на глубине двух метров при концентрации солей указанного состава 5,0 г/л урожай хлопка-сырца снизился - против 43,7 ц/га по варианту с поливом пресной водой - до 32,6 ц/га.

По результатам лизиметрических исследований установлено, что поливы хлопчатника минерализованными водами с содержанием 2,5 - 7,5 г/л солей различного состава позволяют получать высокие урожаи - 42,0 - 51,7 ц/га.

В условиях стояния грунтовых вод на глубине двух метров поливная

в метровом слое почвы не увеличивается в ощутимых размерах за вегетацию хлопчатника, особенно при двухметровой глубине залегания уровня грунтовых вод.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Белкина В.И. О соленосливости хлопчатника в условиях среднего течения реки Амударья. "Труды 6-й сессии АН ТССР". Ашхабад, 1954.
2. Бикмухамметов М.А. Почвы полуострова Мангылак и перспективы их сельскохозяйственного освоения. "Проблемы освоения пустынь", 1970, № 6.
3. Ибрагимов Г.А. Грунтовые воды для орошения хлопчатника. "Хлопководство", 1969, № 7.
4. Ковда В.А. Основы теории и практики освоения засоленных почв аридной зоны. В сб.: "Проблемы засоления почв и водных источников". М., Изд-во АН СССР, 1960.
5. Решеткина Н.М., Спицын А.К. и Шуравлин А.В. Орошение хлопчатника дренажными водами в совхозе "Пахта-Арал". "Гидротехника и мелиорация", 1972, № 3.
6. Сабитин Д.А. Физиологические основы питания растений. М., Изд-во АН СССР, 1955.

УДК 631.67:626.810.3

Канд. с.-х. наук А.ХАДЫРОВ,
канд. техн. наук Х.А. АМАНОВ,
химик-аналитик П.И. ГЛАДКАЯ

ПРОМЫВКА СИЛЬНОЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ
ПОСЛЕ ОРОШЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДОЙ

В процессе использования минерализованной воды для орошения сельскохозяйственных культур не исключена возмож-

ность засоления земель.

Засоление земель и распределение солей по профилю почвы при орошении минерализованной водой имеет свои особенности. При этом характер засоления в основном зависит от химического состава оросительной воды. В этих условиях промывной эффект и солеотдача могут быть иными, чем на землях, где засоление происходило в результате испарения влаги.

Для полива хлопчатника использовалась минерализованная вода с составом солей типа "морской" (первый вариант) и типа "монокатионный" (второй вариант)^ж. Общая концентрация солей в поливной воде по вариантам одинаковая - 10 г/л. Для полива по контрольному варианту подавалась пресная вода.

Опыт по изучению изменения запаса воднорастворимых солей в почве под влиянием промывки - с 26 февраля по 18 марта 1974 г. - проводился в лизиметрах площадью 0,132 м². Уровень грунтовых вод в лизиметрах поддерживался на двухметровой глубине. Повторность опыта двухкратная.

Почвенные образцы для анализа отбирались до и после промывки до двухметровой глубины^{жж}.

Результаты анализа показывают (табл. I), что до промывки содержание воднорастворимых солей и их распределение по профилю почвы резко отличались по вариантам опыта.

При поливах хлопчатника минерализованной водой с составом солей типа "морской" сухого остатка содержалось 1,655 - 2,618 %. Сумма солей в горизонтах 0 - 100 см и 100 - 200 см соответственно составила 2,110 и 2,190 % от веса почвы. В общем засолении значительное место занимают сернокислые и хлористые соли. В верхних горизонтах (более легкие

^ж Состав солей в поливной воде приведен на стр. 54 данного сборника.

^{жж} Почва в лизиметрах представлена светлыми сероземами, для механического состава которых характерным является малое содержание илстых фракций и физической глины: в слое 0 - 100 см - 7,0 - 25,3 %, 120 - 160 см - 31,2 - 32,7 %, глубже 160 см - 34,5 - 35,4 %. Механический состав почвы по всему профилю неоднороден (см. в этом сборнике на стр. 55).

Т а б л и ц а I

Содержание солей
в почве до промывки, %

Горизонт, см	Сухой остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	$Na+K$ (по разности)
Первый вариант (тип "морской")							
0 - 20	2,618	0,009	0,528	1,020	0,309	0,042	0,739
20 - 40	2,125	0,009	0,289	1,035	0,285	0,042	0,465
40 - 60	1,970	0,009	0,257	0,961	0,271	0,031	0,441
60 - 80	1,655	0,008	0,254	0,629	0,256	0,045	0,464
80 - 100	2,173	0,006	0,204	1,113	0,307	0,042	0,501
100 - 120	2,025	0,008	0,236	0,895	0,282	0,039	0,565
120 - 140	2,380	0,008	0,132	1,376	0,294	0,045	0,525
140 - 160	2,693	0,008	0,096	1,567	0,368	0,034	0,619
160 - 180	1,928	0,008	0,086	0,983	0,275	0,055	0,520
180 - 200	1,903	0,008	0,086	1,037	0,330	0,045	0,397
0 - 40	2,371	0,009	0,409	1,028	0,297	0,042	0,587
0 - 100	2,110	0,008	0,306	0,952	0,286	0,040	0,516
100 - 200	2,190	0,008	0,127	1,172	0,310	0,044	0,526
Второй вариант (тип "монокатионный")							
0 - 20	5,000	0,012	0,421	2,331	0,533	0,034	1,669
20 - 40	3,258	0,012	0,168	1,849	0,482	0,031	0,716
40 - 60	3,446	0,009	0,157	2,022	0,556	0,028	0,671
60 - 80	3,256	0,009	0,218	1,987	0,387	0,031	0,624
80 - 100	2,596	0,006	0,179	1,370	0,371	0,034	0,637
100 - 120	3,122	0,009	0,136	1,932	0,429	0,017	0,600
120 - 140	2,940	0,010	0,132	1,779	0,441	0,023	0,555
140 - 160	3,014	0,011	0,075	2,020	0,425	0,016	0,466
160 - 180	2,224	0,010	0,068	1,279	0,328	0,018	0,521
180 - 200	1,446	0,010	0,036	0,895	0,254	0,022	0,230
0 - 40	4,113	0,012	0,295	2,090	0,507	0,032	1,085
0 - 100	3,511	0,010	0,229	1,912	0,466	0,032	0,758
100 - 200	2,549	0,010	0,089	1,581	0,375	0,019	0,352

Горизонт, см	Сухой остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	$Na+K$ (по равности)
--------------	---------------	---------	------	--------	------	------	-------------------------

Контроль (использовалась пресная вода)

0 - 20	1,604	0,012	0,014	0,915	0,256	0,036	0,370
0 - 40	1,528	0,012	0,014	0,856	0,214	0,053	0,368
40 - 60	1,821	0,011	0,071	1,014	0,246	0,047	0,432
60 - 80	1,980	0,005	0,143	1,012	0,176	0,085	0,569
80 - 100	2,965	0,008	0,071	1,825	0,372	0,044	0,646
100 - 120	2,604	0,005	0,064	1,528	0,317	0,056	0,634
120 - 140	2,091	0,003	0,064	1,222	0,189	0,065	0,548
140 - 160	1,820	0,003	0,039	1,082	0,210	0,038	0,448
160 - 180	1,735	0,003	0,022	1,026	0,240	0,045	0,399
180 - 200	1,525	0,003	0,014	0,924	0,238	0,053	0,293

0 - 40	1,560	0,012	0,014	0,891	0,235	0,045	0,369
0 - 100	1,975	0,010	0,063	1,127	0,253	0,053	0,477
100 - 200	1,955	0,003	0,040	0,890	0,239	0,051	0,464

грунты) преобладают хлориды, в нижних (тяжелые грунты) - сульфаты.

Катионный состав солей в почве неоднородный: кальций составляет 50 - 55 %, натрий + калий - 38,5 - 32,2 %, магний - 6,2 - 8,7 %. При этом относительное содержание кальция и магния с глубиной увеличивается, а содержание натрия + калия - уменьшается.

При минерализации поливной воды с составом солей типа "монокатионный" содержание сухого остатка по горизонту 0 - 20 см составило 5,000 %; с глубиной оно уменьшалось по всему профилю почвы - до 1,446 % по горизонту 180 - 200 см.

Наиболее характерным для второго варианта является высокое содержание гипса, на долю которого приходится 83,5 - 92,4 % от суммы анионов (мг-экв). При этом с глубиной его содержание увеличивается. Вторым в этом отношении является хлор. Относительное содержание его по горизонтам 0 - 100 см

и 100 - 200 см определяется соответственно 14,0 и 7,2 % от суммы анионов (мг-экв). Содержание хлора, наибольшее в верхнем горизонте почвы, с глубиной уменьшается.

Доминирующим среди катионов является кальций, содержание которого превышает 50,0 % от суммы катионов (мг-экв), второе место занимает натрий + калий - 42,4 - 45,6 %, на долю магния приходится 4,5 - 5,7 %.

Сравнительно меньше солей в почве содержалось по третьему варианту, где для орошения использовалась пресная вода. Сумма растворимых солей - по сухому остатку - составила: в горизонте 0 - 40 см - 1,560 %, 0 - 100 см - 1,975 % и 100 - 200 см - 1,955 %. При сравнительно небольшом количестве солей в верхних горизонтах почвы контрольный вариант характеризуется относительно высоким содержанием иона SO_4 и кальция, малым содержанием хлора и натрия + калия.

Засоление почвы по всем трем вариантам сульфатного типа с повышенным содержанием гипса, по катионному составу - натриево-кальциевое.

При установлении промывных норм в расчетах учитывалось опреснение двухметрового слоя почвы, принятая норма опреснения по содержанию сухого остатка - 0,3 %.

Данные водной вытяжки свидетельствуют о том, что в результате промывки по всем вариантам опыта произошло значительное опреснение двухметрового слоя почвы при некотором различии в солеотдаче и промывном эффекте (табл. 2).

По первому варианту содержание солей после промывки нормой 18500 м³/га уменьшилось по всему двухметровому слою почвы. Сумма солей в горизонте 0 - 40 см - соответственно с 2,371 до 1,180 % (по сухому остатку), содержание хлор-иона - почти в 30 раз, а в нижних горизонтах - в 11-25 раз. Резко уменьшилось и содержание катиона натрия + калий - с 44,8 до 6,2 % от суммы катионов (мг-экв).

Абсолютное содержание общей щелочности повысилось по всему профилю почвы почти в 2 раза, относительное - в 3 - 4 раза, что, по-видимому, связано с взаимодействием водородного иона с карбонатами почвы при промывках. Содержание иона SO_4 в верхнем горизонте почвы (0 - 40 см) в целом незначительно уменьшилось - с 1,028 до 0,728 %, относительное же содержание его резко повысилось, особенно

Содержание солей
в почве после промывки, %

Горизонт, см	Сухой остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	$Na + K$ (по ра- зности)
-----------------	------------------	---------	------	--------	------	------	--------------------------------

Первый вариант, промывная норма 18500 м³/га

0 - 20	1,138	0,018	0,014	0,708	0,266	0,017	0,114
20 - 40	1,221	0,016	0,014	0,749	0,279	0,014	0,149
40 - 60	1,176	0,015	0,011	0,741	0,279	0,006	0,125
60 - 80	1,241	0,014	0,011	0,761	0,266	0,007	0,183
80 - 100	1,201	0,014	0,011	0,747	0,267	0,017	0,145
100 - 120	1,226	0,013	0,011	0,745	0,273	0,015	0,170
120 - 140	1,209	0,012	0,014	0,747	0,277	0,016	0,142
140 - 160	1,206	0,013	0,007	0,765	0,277	0,015	0,129
160 - 180	1,100	0,014	0,011	0,691	0,245	0,017	0,122
180 - 200	1,085	0,017	0,011	0,683	0,237	0,020	0,118

0 - 40	1,180	0,017	0,014	0,728	0,272	0,016	0,131
0 - 100	1,195	0,015	0,012	0,741	0,271	0,012	0,143
100 - 200	1,165	0,014	0,011	0,726	0,263	0,017	0,136

Второй вариант, промывная норма 23400 м³/га

0 - 20	1,160	0,017	0,018	0,732	0,284	0,006	0,104
20 - 40	1,194	0,015	0,014	0,749	0,293	0,009	0,113
40 - 60	1,185	0,016	0,011	0,753	0,284	0,010	0,111
60 - 80	1,221	0,015	0,011	0,796	0,286	0,010	0,103
80 - 100	1,222	0,015	0,011	0,802	0,286	0,012	0,097
100 - 120	1,229	0,015	0,011	0,778	0,289	0,010	0,126
120 - 140	1,254	0,017	0,011	0,778	0,291	0,008	0,150
140 - 160	1,216	0,018	0,014	0,792	0,297	0,013	0,083
160 - 180	1,230	0,017	0,014	0,784	0,286	0,015	0,115
180 - 200	1,250	0,018	0,011	0,786	0,282	0,016	0,138

0 - 40	1,177	0,016	0,016	0,741	0,288	0,007	0,108
0 - 100	1,197	0,016	0,013	0,766	0,287	0,009	0,106
100 - 200	1,236	0,017	0,012	0,783	0,289	0,011	0,122

Горизонт, см	Сухой остаток	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	$Na + K$ (по ра- зности)
-----------------	------------------	---------	------	--------	------	------	--------------------------------

Третий вариант, промывная норма 17000 м³/га

0 - 20	1,153	0,012	0,011	0,792	0,277	0,009	0,051
20 - 40	1,179	0,020	0,011	0,761	0,292	0,009	0,086
40 - 60	1,174	0,021	0,011	0,749	0,290	0,008	0,095
60 - 80	1,148	0,015	0,007	0,704	0,266	0,010	0,146
80 - 100	1,200	0,014	0,011	0,782	0,275	0,014	0,105
100 - 120	1,204	0,012	0,007	0,823	0,283	0,015	0,064
120 - 140	1,208	0,011	0,011	0,819	0,279	0,023	0,066
140 - 160	1,178	0,012	0,011	0,792	0,271	0,025	0,066
160 - 180	1,151	0,014	0,011	0,755	0,258	0,031	0,083
180 - 200	1,144	0,014	0,007	0,739	0,250	0,025	0,109

0 - 40	1,166	0,016	0,011	0,776	0,285	0,009	0,069
0 - 100	1,171	0,016	0,010	0,757	0,280	0,009	0,097
100 - 200	1,177	0,013	0,009	0,785	0,268	0,024	0,078

в слое 0 - 100 см, - с 69,0 до 96,3 %, значительно превысив содержание остальных анионов.

Заметное уменьшение содержания кальция произошло в горизонтах 0 - 20 и 180 - 200 см - соответственно с 0,309 до 0,266 % и с 0,330 до 0,237 %. В остальных горизонтах почвы оно менее выражено, что привело к значительному увеличению относительного содержания кальция: в слое 0 - 40 см - с 44,9 до 85,7 %, в слое 0 - 100 см - с 50,0 до 84,5 % от суммы катионов (мг-экв). Магния содержалось меньше исходных величин - как абсолютных, так и относительных, особенно в верхнем метровом слое почвы.

По второму варианту солевой профиль до промывки представлял собой солончак с концентрацией солей в пахотном слое. При этом токсичных и легкоподвижных натриевых солей здесь содержалось больше по сравнению с другими вариантами - почти в 2 раза.

В результате промывки нормой $23400 \text{ м}^3/\text{га}$ по второму варианту произошло рассоление почвы на глубину до двух метров, более значительное – в горизонте 0 – 40 см, где сумма воднорастворимых солей уменьшилась с 4,113 до 1,177 %. В горизонтах почвы 0 – 100 см и 100 – 200 см – соответственно с 3,511 до 1,197 % и с 2,549 до 1,236 % – по содержанию сухого остатка.

Количество бикарбонатов увеличилось по всему двухметровому профилю почвы. Значительно уменьшилось содержание хлор-иона – в метровом слое почвы, а содержание иона SO_4 – с 2,090 до 0,741 % в горизонте 0 – 40 см, с 1,912 до 0,766 % в слое 0 – 100 см и с 1,581 до 0,783 % в слое 100 – 200 см.

После промывки в катионном составе солей по всему двухметровому профилю почвы стал преобладать кальций при относительно высоком содержании его по сравнению с другими вариантами (до промывки доминировал натрий + калий). Это, по-видимому, связано с растворяющим действием натриевых солей на труднорастворимые соединения кальция твердой фазы почвы.

Заметно уменьшилось абсолютное содержание магния – во всех горизонтах почвы. Относительное содержание его уменьшилось только в метровом слое, а в горизонтах от 120 до 180 см оно несколько увеличилось.

Установлено уменьшение содержания катиона натрия + калий: в слое 0 – 100 см – в 7 – 10 раз, в слое 100 – 200 см – до 3 раз. При этом относительное содержание его уменьшилось соответственно с 45,6 до 7,0 % и с 42,4 до 8,7 %.

По третьему варианту в результате промывки нормой $17000 \text{ м}^3/\text{га}$ произошло уменьшение количества легкорастворимых солей по всему профилю почвы. При этом, как и по другим вариантам, увеличилось абсолютное и относительное содержание иона HCO_3 во всех слоях почвы, а хлор-иона – уменьшилось: в слое 0 – 100 см – до 0,010 %, в слое 100 – 200 см – до 0,009 %; относительное содержание его – по всем горизонтам.

Незначительно уменьшилось содержание иона SO_4 в горизонте 0 – 100 см – с 1,127 до 0,757 %, но относительное его содержание несколько увеличилось. Проявилось небольшое увеличение кальция – почти по всему профилю, за исключением горизонта 80 – 120 см. Относительное его содержание

возросло: в слое 0 – 100 см – с 49,7 до 85,7 %, в слое 100 – 200 см – с 47,2 до 79,7 %.

Уменьшилось содержание: магния – по всему профилю почвы, более значительно – в слое 0 – 100 см; натрия + калия – в горизонтах 0 – 100 см с 0,477 до 0,097 %, 100 – 200 см с 0,464 до 0,078 %, относительное содержание – соответственно с 33,1 до 9,3 % и с 36,1 до 8,6 % от суммы катионов (мг-экв).

Результаты промывки почвы с сульфатным, натриево-кальциевым засолением и повышенным содержанием гипса показывают, что промывные нормы от 17000 до $23400 \text{ м}^3/\text{га}$ позволяют опреснить всю двухметровую толщу почво-грунта. При этом ход изменений содержания различных анионов и катионов неодинаков. По всем вариантам наиболее резко уменьшилось содержание хлора (анион) и натрия + калия (катион).

Сульфаты выщелачиваются сравнительно слабо и более равномерно. Содержание гипса после промывки по всем вариантам остается высоким (0,726 – 0,785 %), независимо от исходной величины и величины промывной нормы, при равномерном распределении по всему профилю почвы. Заметное уменьшение содержания кальция проявилось лишь по второму варианту, где в поливной воде содержались только хлористые и сернокислые соли натрия. Это может быть объяснено способностью солей натрия растворять труднорастворимые соединения кальция.

Следует отметить, что абсолютное и относительное содержание иона HCO_3 после промывки увеличивалось во всех рассмотренных случаях. Содержание магния заметно уменьшалось только в верхних слоях почвы, в нижележащих – незначительно.

Лучший эффект от промывки почвы получен по второму варианту, где в расчете на 1 м^3 воды вымыто значительно больше солей.

Исследованиями ряда авторов [1, 3, 6] установлено, что растения сельскохозяйственных культур нормально развиваются при рассолении корнеобитаемой толщи почвы до 0,5 – 0,7 %. Е.Г. Петров [4] считает нормой опреснения почвы – содержание в ней 0,3 % солей (по сухому остатку). Однако в условиях гипсового засоления достичь уменьшения общего количества солей в почве до расчетной нормы опреснения (0,3 %) не удается.

промывными нормами 17000 - 23400 м³/га - не удалось. По всем вариантам содержание солей (по сухому остатку) после промывки почвы оставалось высоким - 1,165 - 1,236 % - при равномерном распределении по всему профилю почвы.

Расчет токсичных солей, содержанием которых фактически определяется степень засоления почв, показывает, что оставшиеся после промывки соли в основном (0,892 - 0,985 %) физиологически безвредные. На долю токсичных солей приходится незначительная часть - 0,111 - 0,220 %. При этом следует отметить, что в процессе промывки сильному выщелачиванию подвергаются токсичные соли, а физиологически безвредные вымываются незначительно (табл. 3).

По всем рассматриваемым вариантам почва солоночакового засоления перешла под действием промывки, - с учетом токсичности ионов солей, - в слабозасоленную группу. Тип засоления остался по-прежнему сульфатным с повышенным содержа-

Т а б л и ц а 3

Изменение состава солей
под действием промывки, %

Горизонт, см	Сухой остаток		Физиологически безвредные		Токсичные	
	до про- мывки	после промывки	до про- мывки	после промывки	до про- мывки	после промывки

Первый вариант, промывная норма 18500 м³/га

0 - 40	2,371	1,180	1,012	0,928	1,112	0,171
0 - 100	2,110	1,195	0,972	0,924	0,874	0,160
100 - 200	2,190	1,165	1,052	0,892	0,814	0,165

Второй вариант, промывная норма 23400 м³/га

0 - 40	4,113	1,177	1,726	0,983	1,876	0,111
0 - 100	3,511	1,197	1,586	0,980	1,497	0,146
100 - 200	2,549	1,236	1,266	0,985	1,128	0,161

Третий вариант, промывная норма 17000 м³/га

0 - 40	1,560	1,166	0,795	0,969	0,464	0,168
0 - 100	1,975	1,171	0,859	0,953	0,837	0,153
100 - 200	1,955	1,177	0,811	0,914	0,888	0,220

нием гипса. Изменилось содержание кальциевых солей и солей натрия. Преобладание кальция над натрием + калием резко увеличилось. Содержание и состав солей после промывки вполне благоприятны для развития хлопчатника.

Исследованиями И.С. Рабочева [5], В.С. Бурдыгиной [2] и др. установлено, что на удаление 1 тонны солей из метрового слоя почвы требуется 100 - 130 м³ воды. По второму варианту, где получен хороший промывной эффект (из метрового слоя почвы вымыто 270 тонн солей), расход воды на удаление 1 тонны соли составил 86,6 м³ (табл. 4).

По третьему варианту, где полизы проводились пресной водой, из метрового слоя почвы удалено наименьшее количество солей - 81,35 тонны/га при наибольшем расходе воды на удаление 1 тонны соли - 208,9 м³.

Первый вариант, где для полива использовалась минерализованная вода с составом солей типа "морской", занимает промежуточное положение по промывному эффекту и количеству солей, удаленных из метрового слоя почвы. При этом расход воды на удаление 1 тонны соли составил 175,9 м³.

Таким образом, исходя из рассмотренных данных, можно констатировать, что соли, накопленные в почве в результате проведения поливов минерализованной водой, не закрепляются в ней и легко выщелачиваются. При этом расход

Т а б л и ц а 4

Расход воды
на удаление солей
в зависимости от степени
рассоления метрового слоя
почвы

Содержалось солей*		Удалено*	Расход воды на I тонну соли, м ³
до про- мывки	после промывки		
I. Промывная норма 18500 м ³ /га			
254,75	149,60	105,15	
2,111	1,195	0,916	175,9
II. Промывная норма 23400 м ³ /га			
425,45	155,39	270,06	
3,511	1,197	2,314	86,6
III. Промывная норма 17000 м ³ /га			
234,05	152,70	81,35	
1,975	1,171	0,804	208,9

* В числителе - в тоннах на гектар, в знаменателе - в процентах.

При этом расход

воды на вытеснение 1 тонны соли уменьшается. Соли натрия растворяюще действуют на труднорастворимые соединения кальция и тем самым улучшают промывной эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белкина В.И. О солевых свойствах хлопчатника в условиях среднего течения реки Амударья. "Труды 6-й сессии АН ТССР". Ашхабад, 1954.
2. Бурдыгина В.С. Влияние промывных поливов на динамику почвенных солей. "Изв. АН ТССР", 1957, № 4.
3. Кабаев В.Е. Система агромелиоративных мероприятий на засоленных землях для получения высоких урожаев хлопчатника. "Труды 6-й сессии АН ТССР". Ашхабад, 1954.
4. Петров Е.Т. Водный баланс хлопкового поля. "Труды института гидротехники и мелиорации", т. XI, М., 1935.
5. Рабочев И.С. Мелиорация засоленных почв. Ашхабад, Туркмениздат, 1964.
6. Федоров Б.В. Некоторые практические вопросы по мелиорации засоленных почв. "Изв. АН УзССР", 1951, № 3.

УДК 626.862.2/.3:624.131.216/.542

Их. В.Н. МАМЕДОВ

ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЙ И СТЕНОК ТРАНШЕЙ В ПРОЦЕССЕ УКЛАДКИ ДРЕН СОВРЕМЕННЫМИ ЭКСКАВАТОР-ДРЕНОУКЛАДЧИКАМИ В ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

Согласно рекомендациям САНИИРИ основным критерием для определения способа строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения является глубина стояния уровня

грунтовых вод [1]. При залегании грунтовых вод на глубине 3,0 м закрытый горизонтальный дренаж рекомендуется строить комплексно-механизированным способом, при глубине их залегания менее 3,0 м строительство дренажа осуществляется полумеханизированным способом (методом "полки") с предварительным водопонижением по трассе устройством открытой дрены. Во избежание больших объемов земляных работ по строительству открытого осушителя ТуркменНИИГиМом предложен метод предварительного водопонижения по трассе легкими иглофильтровыми установками. Для уточнения условий, в которых требуется предварительное водопонижение, институтом проведен комплекс исследований устойчивости дна и вертикальных стенок траншеи, копаемой при строительстве дренажа в водонасыщенных несвязных грунтах.

Разрушение грунта стенок и дна траншеи происходит под воздействием фильтрационного потока, образуемого в процессе экскавации. При значительной скорости копания траншеи многоковшовым экскаватором и медленном снижении уровня грунтовых вод в грунте можно считать, что выход фильтрационных вод происходит по всей высоте вертикальной стенки траншеи. Поэтому в качестве схемы моделирования принята траншея, фильтрующая по всему периметру (рис. 1). Моделирование выполнялось на интеграторе ЭГДА-9/60. В первом приближении исследования выполнялись для изотропной среды при стоянии уровня грунтовых вод выше дна траншеи на три, два, полтора и один метр. Максимальные выходные гидравлические градиенты в основании траншей достигали соответственно 2,20, 1,75, 1,63 и 1,46.

Для примера на рис. 1 представлен фрагмент мгновенной гидродинамической картины фильтрации в области, близлежащей к периметру траншеи, при стоянии уровня грунтовых вод выше ее дна на 1 м. Эквипотенциалы располагаются в теле траншеи с концентрацией у ее основания. Выходные гидравлические градиенты по периметру траншеи возрастают от нуля на поверхности воды до максимума у основания траншеи. Распределение гидравлического градиента по периметру траншей для случая, когда уровень стояния грунтовых вод выше дна траншеи на 1 м, показано на рис. 2.

Известно [2], что фильтрационные деформации гру-

ита (разжижение, оплывание, выпор) в котлованах происходят при условии, если на грунт действуют гидродинамические силы, превышающие их критические значения, то есть когда

$$j_{\text{вых}}^{\text{вых}} > j_{\text{кр}}^{\text{вых}}, \quad (1)$$

где $j_{\text{вых}}^{\text{вых}}$ — критический градиент выпора для данного грунта. Значение $j_{\text{вых}}^{\text{вых}}$ определяется по формулам:

Р.Р. Чугаева

$$j_{\text{вых}}^{\text{вых}} = \left(\frac{\Delta}{\delta_b} - 1 \right) \cdot (1 - n), \quad (2)$$

где Δ — удельный вес частиц грунта;

δ_b — объемный вес воды;

n — пористость грунта в долях единицы.

Е.А. Замарина

$$j_{\text{кр}}^{\text{вых}} = \left(\frac{\Delta}{\delta_b} - 1 \right) \cdot (1 - n) + 0,5n \quad (3)$$

Для песчаных грунтов, имеющих средний размер частиц $d_{50} = 0,07 - 0,20$ мм, Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники им. В.И. Веленеева предлагает формулу:

$$j_{\text{кр}}^{\text{вых}} = \left(\frac{\Delta}{\delta_b} - 1 \right) \cdot (1 - n) L, \quad (4)$$

где $L = 0,90 - 0,95$ — поправочный коэффициент.

В табл. I сопоставлены значения максимальных выходящих гидравлических градиентов, полученных в результате мо-

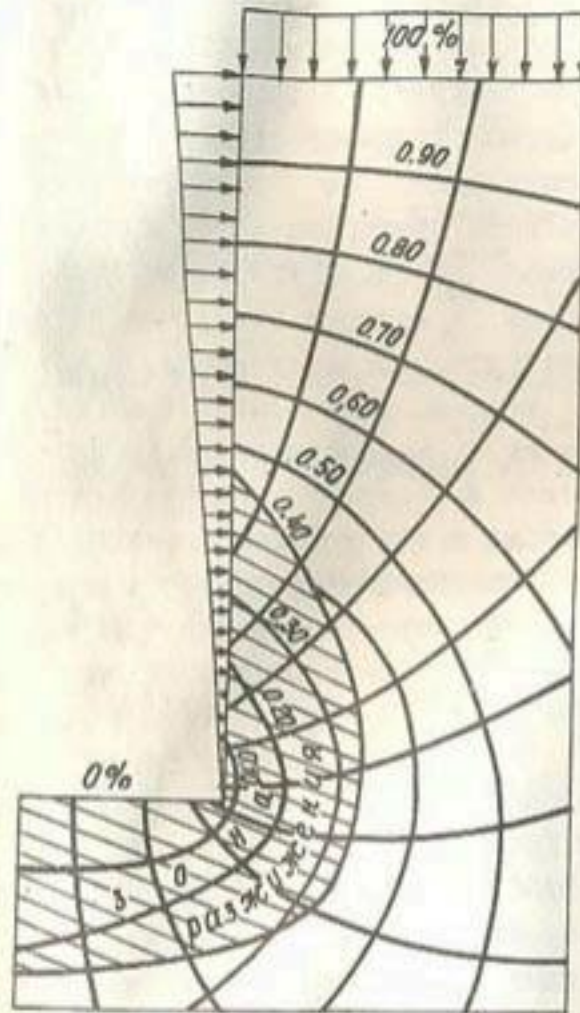


Рис. 1. Фрагмент мгновенной гидродинамической картины фильтрации при стоянии уровня грунтовых вод на один метр выше дна траншеи

делирования, с критическими градиентами, определенными по вышеприведенным формулам, для пяти видов песков, залегающих в зоне Каракумского канала, при стоянии уровня грунтовых вод на 1 м выше дна траншеи. Во всех случаях действительный градиент превышает критический, то есть имеет место выпирание нижней части стен и дна траншеи. Этим объясняется невозможность применения комплексно-механизированного способа строительства закрытого горизонтального дренажа в водонасыщенных грунтах без предварительного водопонижения.

Из многочисленных мероприятий, проводимых в гидротехническом строительстве для предотвращения грунтовых деформаций под действием фильтрационного потока, эффективным следует считать применение дренажной пригрузки. Формула Р.Р. Чугаева, предложенная для расчета необходимой пригрузки при выпоре грунта восходящим фильтрационным потоком, позволяет определить величину пригрузки для предотвращения деформации основания дренажной траншеи:

$$T \cdot j_{\text{пр}} + t \cdot \delta_{\text{зв}} = K_{\text{зал}} \cdot t \cdot f_{\text{ср}}, \quad (5)$$

где

T — толщина дренажной пригрузки;

$j_{\text{пр}}$ — объемный вес материала пригрузки;

t — толщина слоя, подверженного выпору;

$\delta_{\text{зв}}$ — объемный вес вазеженного грунта;

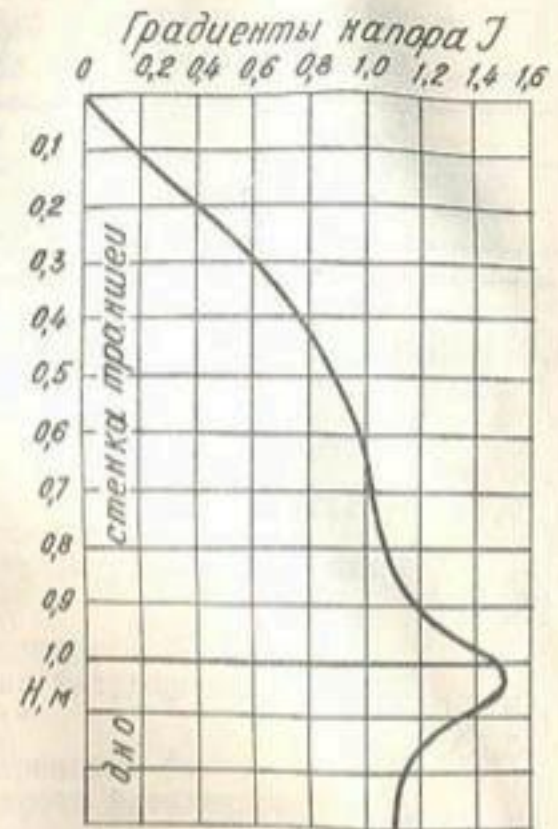


Рис. 2. График распределения выходящих гидравлических градиентов по периметру траншеи при стоянии уровня грунтовых вод на один метр выше дна траншеи

Таблица I

Расчетные значения критического гидравлического градиента для типовых мелкозернистых песков, залегающих в зоне Каракумского канала

Пористость	Объемный вес скелета, г/см ³	удельный вес, г/см ³	Критические градиенты, определенные по формулам		
			Чугаева	Замарина	ВНИИГа им. Веденеева
Мелкий песок, $d_{50} = 0,200$ мм					
0,39	1,61	2,62	0,99	1,19	0,92
Средне-мелкозернистый песок, $d_{50} = 0,165$ мм					
0,41	1,55	2,61	0,95	1,16	0,88
Мелко-тонкозернистый песок, $d_{50} = 0,088$ мм					
0,43	1,49	2,61	0,92	1,13	0,85
Тонко-мелкозернистый песок, $d_{50} = 0,122$ мм					
0,43	1,50	2,62	0,93	1,15	0,86
Тонкозернистый песок, $d_{50} = 0,072$ мм					
0,44	1,46	2,60	0,89	1,10	0,83

$K_{зап}$ — коэффициент запаса, рекомендуется $K_{зап} = 1,2 - 1,7$;

f_{cp} — удельная фильтрационная сила, приложенная к единице объема грунта.

Удельная фильтрационная сила, по К. Терцаги, выражена зависимостью:

$$f_{cp} = \gamma_v \cdot J,$$

где γ_v — объемный вес воды;
 J — гидравлический градиент.

Пользуясь уравнением (5), находим толщину слоя пригрузки для предотвращения деформации стен и дна дренажной траншеи в несвязных грунтах при разных положениях уровня грунтовых вод (табл. 2).

Таблица 2

Расчетная толщина дренажной пригрузки, необходимой для предотвращения деформации грунта, см

Высота стояния уровня грунтовых вод над дном траншеи, м			
1,0	1,5	2,0	3,0
Мелкий песок			
5,0 - 10,0	10,0 - 16,0	13,2 - 21,2	46,2 - 59,0
Средне-мелкозернистый песок			
5,6 - 11,0	10,7 - 17,1	15,1 - 22,0	47,7 - 60,5
Мелко-тонкозернистый песок			
6,2 - 11,5	11,5 - 17,9	15,9 - 22,7	49,0 - 62,0
Тонко-мелкозернистый песок			
6,0 - 11,3	11,0 - 17,6	15,4 - 22,4	48,0 - 61,5
Тонкозернистый песок			
6,8 - 11,9	18,3 - 22,1	16,4 - 23,2	55,0 - 63,0

В современных дренаукладочных машинах фильтрационная обойма создается путем отсыпки нижнего слоя фильтра толщиной 15 - 20 см с последующей засыпкой уложенных труб верхним слоем толщиной 20 - 25 см. Как видно из табл. 2, толщина нижнего слоя фильтра достаточна для предотвращения деформации грунта в случае превышения уровня воды над дном траншеи не более 1,5 м. Верхний слой фильтрационной засыпки препятствует разжижению грунта стенок траншеи только при высоте стояния уровня грунтовых вод над дном отрываемой траншеи менее 1,0 м.

Исследования позволяют сделать следующий вывод: строительство дрен с гравийным фильтром экскаватор-дреноукладчиком, развивающим тяговое усилие более 20 тонн (Д-659А), в водонасыщенных грунтах осуществимо без предварительного водопонижения при высоте стояния уровня грунтовых вод над

Т а б л и ц а I

Расчетные значения критического гидравлического градиента для типовых мелкозернистых песков, залегающих в зоне Каракумского канала

Пористость	Объемный вес скелета, г/см ³	Удельный вес, г/см ³	Критические градиенты, определенные по формулам		
			Чугаева	Замарина	ВНИИГа им Ведышева
Мелкий песок, $d_{50} = 0,200$ мм					
0,39	1,61	2,62	0,99	1,19	0,92
Средне-мелкозернистый песок, $d_{50} = 0,165$ мм					
0,41	1,55	2,61	0,95	1,16	0,88
Мелко-тонкозернистый песок, $d_{50} = 0,088$ мм					
0,43	1,49	2,61	0,92	1,13	0,85
Тонко-мелкозернистый песок, $d_{50} = 0,122$ мм					
0,43	1,50	2,62	0,93	1,15	0,86
Тонкозернистый песок, $d_{50} = 0,072$ мм					
0,44	1,46	2,60	0,89	1,10	0,83

$K_{зап}$ — коэффициент запаса, рекомендуется $K_{зап} = 1,2 - 1,7$;

f_{cp} — удельная фильтрационная сила, приложенная к единице объема грунта.

Удельная фильтрационная сила, по К. Тёрцаги, выражена зависимостью:

$$f_{cp} = \delta \cdot J,$$

где δ — объемный вес воды;

J — гидравлический градиент.

Пользуясь уравнением (5), находим толщину слоя пригрузки для предотвращения деформации стенок и дна дренажной траншеи в несвязных грунтах при разных положениях уровня грунтовых вод (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Расчетная толщина дренажной пригрузки, необходимой для предотвращения деформации грунта, см

Высота стояния уровня грунтовых вод над дном траншеи, м			
1,0	1,5	2,0	3,0
Мелкий песок			
5,0 - 10,0	10,0 - 16,0	13,2 - 21,2	46,2 - 59,0
Средне-мелкозернистый песок			
5,6 - 11,0	10,7 - 17,1	15,1 - 22,0	47,7 - 60,5
Мелко-тонкозернистый песок			
6,2 - 11,5	11,5 - 17,9	15,9 - 22,7	49,0 - 62,0
Тонко-мелкозернистый песок			
6,0 - 11,3	11,0 - 17,6	15,4 - 22,4	48,0 - 61,5
Тонкозернистый песок			
6,8 - 11,9	18,3 - 22,1	16,4 - 23,2	55,0 - 63,0

В современных дреноукладочных машинах фильтрационная обойма создается путем отсыпки нижнего слоя фильтра толщиной 15 - 20 см с последующей засыпкой уложенных труб верхним слоем толщиной 20 - 25 см. Как видно из табл. 2, толщина нижнего слоя фильтра достаточна для предотвращения деформации грунта в случае превышения уровня воды над дном траншеи не более 1,5 м. Верхний слой фильтрационной засыпки препятствует разжижению грунта стенок траншеи только при высоте стояния уровня грунтовых вод над дном отрываемой траншеи менее 1,0 м.

Исследования позволяют сделать следующий вывод: строительство дрен с гравийным фильтром экскаватор-дреноукладчиком, развивающим тяговое усилие более 20 тонн (Д-659А), в воденасыщенных грунтах осуществимо без предварительного водопонижения при высоте стояния уровня грунтовых вод над

дном траншеи не более 1,0 м. При более высоком стоянии уровня грунтовых вод требуется предварительное водопонижение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердянский В.И. и др. Строительство горизонтального дренажа в Голодной степи. "Гидротехника и мелиорация", 1963, № 3.

2. Чугаев Р.Р. Земляные гидротехнические сооружения (теоретические основы расчета). Д., "Энергия", 1967.

УДК 626.861.5:621.879.45:624.131.225/.55

Иж. В.Д. ЛЯХ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДВОДНОГО РЕЗАНИЯ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА ВИБРИРУЮЩИМ РЫХЛИТЕЛЕМ ЗЕМЛЕСОСНОГО СНАРЯДА

В мелиоративном строительстве Туркменской ССР средствами гидромеханизации выполняются большие объемы земляных работ. Земснаряды, производительностью по грунту 80, 100 и 250 м³/час, наряду с намывом плотин, очисткой каналов от заиления производят работы по очистке и строительству коллекторной сети, в частности, по уширению и углублению межреспубликанского коллектора "Дружба", строительству Главного куняургенчского коллектора.

Прочные глинистые грунты, залегающие по трассе строительных объектов (в условиях Туркменской ССР), вызвали необходимость создания вибрационного рыхлителя - рабоче-

го органа земснаряда, - способного эффективно работать в этих тяжелых условиях.

Исследования, проведенные в ТуркмениНИИГме, свидетельствуют о целесообразности применения метода вибрационного резания для подводной разработки глинистого грунта землесосными снарядами. Вертикальные колебания рабочего органа снижают сопротивление грунта резанию в 3 - 3,5 раза, полностью исключают налипание грунта на режущие поверхности, способствуют дроблению стружки.

Трудоемкость выполнения натурных исследований, многочисленность факторов, влияющих на процесс подводного резания, обуславливают необходимость проведения опытов с применением физического моделирования.

Основные положения приближенного физического моделирования процесса резания грунта разработаны В.И. Баловневым [2]. При изучении процесса вибрационной обработки почвы Г.Э. Свицкий применил метод анализа размерностей [4], в результате чего получена зависимость, связывающая основные параметры процесса:

$$\delta = \phi \left(\frac{A \cdot \omega}{v_0}; f; \Pi_1; \Pi_2; \Pi_3 \right), \quad (1)$$

где δ - относительное уменьшение тягового усилия;

$A \cdot \omega$ - произведение средней амплитуды колебания орудия на круговую частоту, или скорость колебаний;

v_0 - поступательная скорость резания;

f - коэффициент трения;

Π_1, Π_2, Π_3 - безразмерные характеристики грунта.

Процесс разработки глинистого грунта вибрирующим грунтозаборным органом землесосного снаряда характеризуется тяговым усилием резания P , расходом мощности на вибрирование грунта N и расходом мощности на преодоление сопротивления водной среды N_1 , степенью дробления стружки, определяемой как средневзвешенный диаметр ее кусков d_{cp} .

На показатели P , N и d_{cp} оказывают влияние: Прочностные и динамические свойства грунта:

- объемный вес грунта под водой,

$$f'_{cp} = f_{cp} - f;$$

C — коэффициент сцепления;
 ρ — угол внутреннего трения;
 E_d — динамический модуль упругости;
 m — коэффициент Пуассона;
 m_r — коэффициент динамической вязкости грунта.

Свойства среды:

ρ_s — плотность воды;
 m_s — коэффициент вязкости воды.

Параметры рыхлителя:

h — глубина резания;
 b — ширина резания;
 α — угол резания.

Кинематические параметры вибрационного резания:

V_n — скорость поступательного движения;
 A — амплитуда колебания ножа;
 ω — угловая частота колебаний.

Наши опыты [3] показали, что действие передней грани вибрирующего ножа на грунт аналогично действию плотнотмера ДорНИИ. Это позволяет заменить определяющие прочностные и динамические показатели грунта обобщенным показателем — числом ударов динамического плотнотмера ДорНИИ, который характеризует сопротивление грунта внедрению наконечника под действием ударной нагрузки.

Функциональные зависимости между величинами, влияющими на процесс подводного вибрационного резания, могут быть представлены в виде:

$$P = f_1(j'_{ep}, g, C_{y\delta}, h, b, \alpha, V_n, A, \omega); \quad (2)$$

$$N = f_2(j'_{ep}, g, C_{y\delta}, h, b, \alpha, V_n, A, \omega); \quad (3)$$

$$N_1 = f_3(\rho_s, m_s, b, A, \omega); \quad (4)$$

$$\alpha_{cp} = f_4(j'_{ep}, g, C_{y\delta}, h, b, \alpha, V_n, A, \omega). \quad (5)$$

Условия физического моделирования установившегося процесса

подводного вибрационного резания грунта вытекает из основных положений теории подобия [1] и заключаются в следующем:

1) определяющие критерии подобия процесса резания для модели и натуре должны быть численно равными;

2) одноименные физические параметры системы, описывающие рабочий процесс, для модели и оригинала должны быть соответственно пропорциональными;

3) процесс взаимодействия рабочего оборудования со средой в модели и оригинале должны принадлежать одному классу явлений;

4) модель и оригинал рыхлителя и системы в целом должны быть геометрически подобными;

5) при моделировании установившегося процесса начальные условия вводить нет необходимости.

В зависимость (1) входит 10 физических величин, размерность которых выражается тремя основными единицами измерения (кг, м, с). Для показателя $C_{y\delta}$, характеризующего прочность грунта, принимается размерность коэффициента сцепления, то есть $M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$. Для получения безразмерных комплексов за основные единицы принимаем независимые величины j'_{ep} , h , V_n . Пользуясь π -теоремой, находим критерии подобия:

$$\pi_1 = \frac{\rho}{h^3 j'_{ep}};$$

$$\pi_4 = \frac{b}{h}$$

$$\pi_2 = \frac{g \cdot h}{V_n^2};$$

$$\pi_5 = \frac{A}{h}$$

$$\pi_3 = \frac{C_{y\delta}}{h \cdot j'_{ep}};$$

$$\pi_6 = \frac{\omega \cdot h}{V_n}$$

Седьмой критерий подобия представлен безразмерной величиной

Произведем преобразование критериев подобия:

$$\Pi_1 = \pi_1 : \pi_3 : \pi_4 = \frac{\rho}{b \cdot h \cdot C_{y\delta}}; \quad (6)$$

$$\Pi_2 = 1 : \pi_5 : \pi_6 = \frac{V_n}{A \cdot \omega}; \quad (7)$$

$$\Pi_3 = \mathcal{K}_4 = \frac{b}{h}; \quad (8)$$

$$\Pi_4 = \mathcal{K}_7 = \mathcal{L}; \quad (9)$$

$$\Pi_5 = 1 : \mathcal{K}_2 = \frac{v_n}{g \cdot h}. \quad (10)$$

представляет собой критерий Фруда Fz , одинаковый в подобных системах, находящихся под действием сил тяжести. Π_1 является критерием динамического подобия. Величина $\frac{P}{b \cdot h}$ представляет собой частное от деления обобщенной силы сопротивления вибрационному резанию, включающей в себя и силу трения грунта о поверхность ножа, на площадь поперечного сечения стружки; ее можно назвать удельным сопротивлением грунта вибрационному резанию $\mathcal{K}$. Следовательно, критерий подобия Π_1 представляет собой отношение удельного сопротивления грунта вибрационному резанию $\mathcal{K}$ к обобщенному показателю прочностных свойств грунта $C_{y\partial}$:

$$\Pi_1 = \frac{\mathcal{K}}{C_{y\partial}}. \quad (11)$$

В критерии Π_2 произведение $A \cdot \omega$ есть скорость вибрации рабочего органа, v_n — скорость перемещения рабочего органа относительно грунта. Π_2 представляет собой критерий кинематического подобия системы вибрирующий орган — грунт.

Отношение ширины стружки к ее высоте $\Pi_3 = \frac{b}{h}$ и угол резания $\Pi_6 = \mathcal{L}$ представляют собой геометрическое подобие процесса.

Общее уравнение в критериальной форме для определения усилия резания будет:

$$\frac{\mathcal{K}}{C_{y\partial}} = C_0 \left(\frac{v_n}{A \cdot \omega} \right)^{\alpha} \left(\frac{b}{h} \right)^{\beta} \cdot \mathcal{L}^{\delta} \cdot Fz^{\delta} \quad (12)$$

$C_0, \alpha, \beta, \delta$ — постоянные величины, определяемые опытом.

Следовательно, моделирование процесса вибрационного резания грунта необходимо вести при постоянстве критериев

динамического подобия $\frac{\mathcal{K}}{C_{y\partial}}$, кинематического подобия $\frac{v_n}{A \cdot \omega}$, геометрического подобия $\frac{b}{h}$ и $\mathcal{L}$, и критерия Фруда $\frac{v_n}{g \cdot h}$.

При подводном вибрационном резании грунта наряду с тяговым усилием расходуется мощность на преодоление сопротивления грунта вибрированию и вязкого сопротивления воды.

Анализ размерности величин зависимости (3) позволяет найти критерии подобия, связывающие мощность, расходуемую на вибрацию, с основными физическими параметрами процесса:

$$\begin{aligned} \mathcal{K}_1 &= \frac{N}{v_n \cdot h^3 \cdot f_{\partial p}}; & \mathcal{K}_4 &= \frac{b}{h}; \\ \mathcal{K}_2 &= \frac{g \cdot h}{v_n^2}; & \mathcal{K}_5 &= \frac{A}{h}; \\ \mathcal{K}_3 &= \frac{C_{y\partial}}{h \cdot f_{\partial p}}; & \mathcal{K}_6 &= \frac{\omega \cdot h}{v_n}; \\ & & \mathcal{K}_7 &= \mathcal{L}. \end{aligned} \quad (13)$$

Полученные критерии подобия рекомендуется преобразовать следующим образом:

$$\begin{aligned} \Pi'_1 &= \mathcal{K}_1 : \mathcal{K}_3 : \mathcal{K}_4 = \frac{N}{v_n \cdot b \cdot h \cdot C_{y\partial}}; & \Pi'_4 &= \mathcal{K}_4 = \frac{b}{h}; \\ \Pi'_2 &= 1 : \mathcal{K}_2 = \frac{v_n}{g \cdot h} = Fz; & \Pi'_5 &= \mathcal{K}_5 = \frac{A}{h}; \\ \Pi'_3 &= 1 : \mathcal{K}_5 : \mathcal{K}_6 = \frac{v_n}{A \cdot \omega}; & \Pi'_6 &= \mathcal{K}_7 = \mathcal{L}. \end{aligned} \quad (14)$$

В знаменателе критерия Π'_1 произведение $v_n \cdot b \cdot h$ представляет собой количество грунта, разрабатываемого рыхлителем в единицу времени $Q_{\partial p} = v_n \cdot b \cdot h$. Таким образом, критерий Π'_1 есть отношение удельной мощности, затрачиваемой на вибрирование единицы производительности по грунту, к обобщенному показателю свойств грунта $C_{y\partial}$:

$$\Pi'_1 = \frac{N}{Q_{\partial p} \cdot C_{y\partial}} = \frac{N_{y\partial}}{C_{y\partial}}. \quad (15)$$

Критериальное уравнение расхода мощности на вибрирование грунта принимает форму:

$$\frac{N_{y\partial}}{C_{y\partial}} = C_0' \cdot \left(\frac{v_n}{A \cdot \omega} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{b}{h} \right)^{\beta_1} \cdot L^{\delta_1} \cdot F_2^{\delta_1} \quad (16)$$

где $C_0', \alpha_1, \beta_1, \delta_1, \delta_1$ - постоянные величины, определяемые опытом.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления водной среды колебаниям рабочего органа, зависит от формы и линейных размеров последнего, от амплитуды и частоты колебаний. Определяющим линейным размером принята ширина рыхлителя. Из анализа размерности функциональной зависимости (4) получаем три критерия подобия:

$$\pi_1 = \frac{N_1}{\rho \cdot A^5 \cdot \omega^3}; \pi_2 = \frac{\mu}{\rho \cdot A^2 \cdot \omega} \text{ и } \pi_3 = \frac{b}{A}, \quad (17)$$

которые преобразуются в:

$$\pi_1'' = \pi_1 \cdot \pi_2 \cdot \pi_3 = \frac{N_1}{A^2 \cdot \omega^2 \cdot b \cdot \mu}; \quad (18)$$

$$\pi_2'' = \pi_3 \cdot \pi_2 = \frac{b \cdot A \cdot \omega}{\mu} = \frac{b \cdot A \cdot \omega}{\gamma} = Re', \quad (19)$$

где γ - кинематический коэффициент вязкости. π_2'' имеет форму критерия Рейнольдса, однако вместо относительной скорости в него входит скорость колебательного движения $A \cdot \omega$ рабочего органа в воде. Формула для расхода мощности имеет вид:

$$N_1 = C_0'' \cdot A^2 \cdot \omega^2 \cdot b \cdot \mu \cdot \left(\frac{b \cdot A \cdot \omega}{\gamma} \right)^{\alpha_2} = f'(Re'), \quad (20)$$

где $C_0'' = const$.

Следовательно, моделирование вязких сопротивлений в процессе колебания мола в воде требует постоянства критерия

$$Re' = \frac{b \cdot A \cdot \omega}{\gamma}.$$

Вид функциональной зависимости $f'(Re')$ определится по данным опытов.

Отделенный от массива рабочим органом грунт должен быть принудительно подав к зеву сосуна и вовлечен потоком воды в приемную трубу. Поэтому нас интересуют размеры кусков грунта, подготовленных вибрационно-режущим рыхлителем.

Опытами, проведенными на грунтовом канале ТуркменНИИГиМа, установлены основные параметры, определяющие степень дробления грунтовой стружки, связь между которыми осуществляется функциональной зависимостью (5).

Полученные критерии подобия для определения средневзвешенного диаметра кусков стружки:

$$\pi_1 = \frac{d_{cp}}{h}; \pi_2 = \frac{g \cdot h}{v_n^2}; \pi_3 = \frac{C_{y\partial}}{h \cdot f'_{\partial p}}; \pi_4 = \frac{b}{h}; \quad (21)$$

$$\pi_5 = L; \pi_6 = \frac{A}{h}; \pi_7 = \frac{\omega \cdot h}{v_n}$$

можно сгруппировать:

$$\pi_1''' = \pi_1 \cdot \pi_3 \cdot \pi_4 = \frac{d_{cp} \cdot C_{y\partial}}{b \cdot h \cdot f'_{\partial p}};$$

$$\pi_2''' = 1 \cdot \pi_2 = \frac{v_n^2}{g \cdot h} = F_2;$$

$$\pi_3''' = 1 \cdot \pi_6 \cdot \pi_7 = \frac{v_n}{A \cdot \omega}; \quad (22)$$

$$\pi_4''' = \pi_4 = \frac{b}{h};$$

$$\pi_5''' = \pi_5 = L.$$

Общее уравнение процесса дробления при подводном вибрационном резании глинистого грунта будет:

$$\frac{d_{cp} \cdot C_{y\partial}}{b \cdot h \cdot f'_{\partial p}} = C_0''' \cdot \left(\frac{v_n}{A \cdot \omega} \right)^{\alpha_3} \cdot \left(\frac{b}{h} \right)^{\beta_3} \cdot L^{\delta_3} \cdot F_2^{\delta_3}, \quad (23)$$

или

$$d_{cp} = C_0''' \cdot \frac{b \cdot h \cdot f'_{\partial p}}{C_{y\partial}} \cdot \left(\frac{v_n}{A \cdot \omega} \right)^{\alpha_3} \cdot \left(\frac{b}{h} \right)^{\beta_3} \cdot L^{\delta_3} \cdot F_2^{\delta_3}.$$

Таким образом, величина средневзвешенного диаметра кусков грунта пропорциональна сечению стружки, обратно про-

порциональна показаниям динамического плотномера грунта, а также зависит от критериев кинематического, геометрического подобия и от критерия Фруда.

В ы в о д ы

1. Моделирование грунта при подводном вибрационном резании производится по одному прочностному параметру — числу ударов динамического плотномера ДорНИИ, принимаемому как обобщенный показатель динамических и прочностных свойств грунта.

2. Основные показатели процесса подводного вибрационного резания грунта (тяговое усилие, мощность, расходуемая на вибрацию грунта, мощность на преодоление сопротивления водной среды и степень дробления стружки) определяются из соответствующих критериальных уравнений (12), (16), (20) и (23), раскрываемых опытным путем.

Л и т е р а т у р а

1. А л а б у х е в П.М., Г е р о н и м у с В.В., М и н к е в и ч Л.М. Теории подобия и размерностей. Моделирование. М., "Высшая школа", 1968.

2. Б а л о в н е в В.И. Физическое моделирование резания грунтов. М., "Машиностроение", 1969.

3. Д о к т о р Ф.Ш., Л я х В.Д. Исследование сопротивления резанию влажного глинистого грунта вибрирующим клином. В сб. тезисов докладов: "Задачи повышения эффективности научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ в гидромеханизации земляных и горных работ. М., ГПИ "Проектгидромеханизация", 1973.

4. Д у б р о в с к и й А.А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. М., "Машиностроение", 1968.

УДК 626.862.4

Инж. Ю.П. НОВИЦКАЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ВЫСАЧИВАНИЯ ДЛЯ НЕСОВЕРШЕННЫХ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Величину высачивания можно точно определить только для условий плоского фильтрационного потока (высачивание на откосе дамбы, горизонтальной дрени и т.п.). Для определения высоты высачивания в условиях плоско-радиального потока точного решения не существует.

И.А. Чарным [1] предложено приближенное аналитическое решение для определения высоты высачивания, основанное на замене безнапорного движения фиктивным напорным движением. После существенных упрощений предложенное решение имеет вид:

$$h_0 = H \left[\frac{e_n \frac{H}{R}}{e_n \frac{R}{2c}} \left(1 - \frac{h_c^2}{H^2} \right) + \frac{h_c^2}{H^2} - \frac{h_c}{H} \right] \quad (1)$$

Зависимость (1) не учитывает несовершенства скважин. Пользоваться этой зависимостью для приближенных расчетов высоты высачивания у несовершенных скважин можно только в том случае, если с большой достоверностью определен радиус влияния скважины, который является единственным параметром в формуле, косвенно учитывающим степень несовершенства скважины. Многолетние исследования позволили с достаточной степенью точности определить радиусы влияния несовершенных

Номер скважин, год наблюдений	Дебит скважин, л/сек	Глубина скважин, м	Понижение длины, м	Длина фильтра, м	Напор в скважине, м	Радиус влияния скважин, м	Высота высачивания, рассчитанная по формуле		
							И. А. Чарного	В. М. Шестакова	Ю. П. Новицкой
1, 1968	3,4	50,0	2,6	47,5	97,5	50,0	2,7	1,0	1,5
2, 1966	22,0	49,4	17,0	32,4	83,0	270,0	8,3	10,8	7,5
5, 1971	14,1	44,0	13,4	30,6	88,6	210,0	8,6	6,1	5,8
5, 1967	24,0	50,0	18,0	32,0	82,0	280,0	9,7	10,0	7,4
8, 1967	19,1	53,0	15,5	37,5	84,5	240,0	8,3	8,4	7,7
10 ^а , 1965	16,8	40,0	14,0	26,0	86,0	220,0	7,4	9,6	7,1
15 ^б , 1965	13,3	50,0	10,3	39,7	89,7	160,0	4,4	5,3	5,0
16 ^а , 1965	16,1	46,7	12,1	34,5	87,9	190,0	7,1	7,4	5,7
15 ^а , 1965	16,8	50,0	12,6	37,4	87,4	200,0	7,8	7,4	5,8
29, 1972	20,1	49,0	14,7	34,3	85,5	240,0	7,4	0,4	6,0
31, 1972	25,9	54,0	18,5	35,5	81,5	200,0	11,6	12,2	8,0
32, 1972	33,1	52,0	24,2	27,8	75,8	380,0	12,0	18,3	8,9
37, 1972	23,5	48,0	17,5	30,5	82,5	280,0	9,8	12,1	7,4
7, 1968	34,5	53,3	25,0	28,3	75,0	400,0	11,4	18,6	8,4
13, 1968	8,1	47,8	6,5	41,3	93,5	100,0	4,7	2,8	3,7
11, 1969	27,5	54,0	20,5	30,5	79,5	350,0	9,9	14,2	9,1
9, 1969	25,5	49,5	18,0	31,5	82,0	290,0	7,0	12,9	7,6

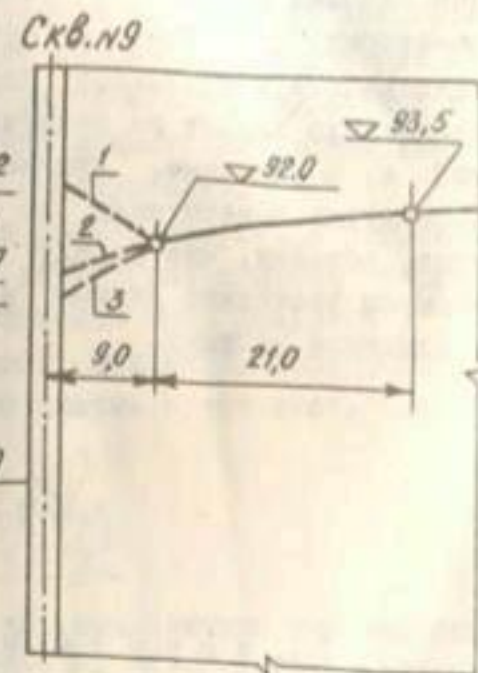
скважин для условий совхоза "Карадамак" Анжабадского района Туркменской ССР. На основе фактических данных нами произведены расчеты высоты высачивания, результаты которых приведены в таблице. Основные параметры принятой расчетной схемы следующие: мощность водоносного пласта $H = 100$; коэффициент фильтрации водоносной толщи, определенный методом откачек, $K = 2$ м/сут; радиус скважины 0,2 м; средняя толщина фильтра $\delta = 0,5$ м и соответственно радиус фильтра 0,7 м; коэффициент фильтрации фильтровой обсыпки 20 м/сут.

В.М. Шестаков [2], преобразовав формулу (1), получил зависимость:

$$h_0 = \sqrt{(0,73 \lg \frac{\sqrt{\frac{Q}{K}}}{2r_0} - 0,51) \frac{Q}{K} + h_0^2} - h_0 \quad (2)$$

основным преимуществом которой является принципиальная применимость ее для расчета участка высачивания у несовершенных скважин. В этом случае напор в скважине следует отсчитывать от ее дна, т. е. заменять в формуле (2) h_0 на h_c . Подсчитанные по формуле В.М. Шестакова значения промежутка высачивания для несовершенных скважин совхоза "Карадамак" (см. табл.) значительно завышены: фактические наблюдения по скважинам 7, 9 и 11, оборудованным наблюдательным пьезометром (на расстоянии 10 м), показывают, что промежуток высачивания не мог быть более 10 м.

Для иллюстрации этого вывода на рисунке приведено сравнение участков высачивания, рассчитанных по указанным формулам для скважины № 9 (1968 г.),



Положение промежутка высачивания (сква. № 9), рассчитанного по зависимостям:
1- В.М. Шестакова;
2- И.А. Чарного;
3- Ю.П. Новицкой

и фактическое положение депрессионной кривой в 10 м от скважины по данным наблюдательного пьезометра.

Поскольку формула В.М. Шестакова значительно зависит величину промежутка высачивания, а формула И.А.Чарного, теоретически необоснованная для несовершенных скважин, в отдельных случаях также приводит к недопустимой погрешности, наши исследования были направлены на то, чтобы получить новую зависимость, основным критерием правильности которой являлась бы хорошая сходимость с опытными данными. На основе результатов многолетних натурных исследований нами получена приближенная формула для определения промежутка высачивания:

$$h_0 = \sqrt{H^2 - \frac{Q}{K} \left(\frac{1}{K} \ln \frac{R}{z_\phi} + \frac{1}{K_\phi} \ln \frac{z_\phi}{z_0} \right)} - h_0(3)$$

Преимущества этой формулы следующие: во-первых, несовершенство скважины хорошо учитывается не только радиусом влияния R , но и дебитом несовершенной скважины Q ; во-вторых, в отличие от существующих формул в предлагаемой зависимости учитываются параметры фильтра скважины, которые несомненно влияют на величину разрыва уровней перед скважиной и в скважине. Анализ результатов выполненных расчетов промежутка высачивания по формуле (3), приведенных в таблице, показал, что наряду с указанными преимуществами этой формулы расчетные данные имеют гораздо лучшую сходимость с опытными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ч а р н ы й И.А. О величине промежутка высачивания при безнапорной фильтрации. "ДАН СССР", т. 80, № 1, 1951.

2. Ш е с т а к о в В.М. Определение участка высачивания фильтрационного потока у стенки скважины. "Известия АН СССР", ОТН, Энергетика и автоматика, 1959, № 1.

УДК 626.862.4

Инж. Ю.П. НОВИЦКАЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА НЕСОВЕРШЕННОСТЬ СКВАЖИНЫ, НЕСОВЕРШЕННОЙ ПО СТЕПЕНИ И ХАРАКТЕРУ ВСКРЫТИЯ

При определении оптимальных параметров режима эксплуатации систем мелиоративного вертикального дренажа крайне важно все расчеты проводить с учетом фактических конструктивных особенностей скважин. После строительства дренажа необходимо определить соответствие фактических и проектных параметров и в случае, если выявлены существенные отклонения, откорректировать проектный режим эксплуатации.

Для решения этой задачи проанализирована работа 15 скважин вертикального дренажа на территории совхоза "Карадамак" Апхабадского района. Теоретически было доказано [2], что формула Дюпюи для совершенной скважины, оборудованной фильтром, в условиях безнапорного режима будет иметь вид:

$$Q = \frac{\pi (H^2 - h_0^2)}{\frac{\ln \frac{R}{z_\phi}}{K} + \frac{\ln \frac{z_\phi}{z_c}}{K}} \quad (1)$$

Дебит же несовершенных скважин для аналогичных условий согласно И.А.Чарному и В.М.Шестакову [4, 5] можно записать в виде:

$$Q = \frac{\pi (H^2 - h_0^2)}{\frac{\ln \frac{R}{z_\phi}}{K} + \frac{\ln \frac{z_\phi}{z_c}}{K_\phi} + \frac{C_c}{K} + C_x}, \quad (2)$$

где K_{ϕ} - коэффициент фильтрации фильтра;
 r_{ϕ} - радиус фильтра;
 C_c - сопротивление скважины на гидродинамическое несовершенство по степени вскрытия;
 C_x - сопротивление на несовершенство по характеру вскрытия.

Суммарное сопротивление

$$\sum C = \frac{\ell_n \frac{R}{r_{\phi}}}{K} + \frac{\ell_n \frac{r_{\phi}}{r_c}}{K_{\phi}} + \frac{C_c}{K} + C_x \quad (3)$$

складывается как бы из внешнего сопротивления

$$C_{вн} = \frac{\ell_n \frac{R}{r_{\phi}}}{K} + \frac{C_c}{K} \quad (4)$$

и внутреннего

$$C_{внутр} = \frac{\ell_n \frac{r_{\phi}}{r_c}}{K_{\phi}} + C_x \quad (5)$$

В расчетах при проектировании часто ограничиваются внешним сопротивлением, не учитывая внутреннего. В задачу наших исследований входило - выяснить, в каких случаях можно пренебречь внутренним сопротивлением.

По данным натурных исследований работы скважин вертикального дренажа были определены фактические суммарные сопротивления конкретных скважин, расчет которых приведен в таблице, затем проанализированы составляющие суммарного сопротивления.

Внешнее приведенное сопротивление $\frac{\ell_n \frac{R}{r_{\phi}}}{K}$ с достаточной степенью точности подсчитывается после тщательного определения радиуса влияния скважин^{*}.

Результаты расчета приведенного сопротивления на несовершенство по степени вскрытия $\frac{C_c}{K}$ приведены в таб-

* Радиусы влияния скважин для установившегося режима эксплуатации скважин вертикального дренажа приведены в таблице на стр. 86 данного сборника.

лице. Сопротивление на несовершенство по степени вскрытия определялось по полученной ранее формуле [1]:

$$C_c = \left[\frac{2L - \bar{S}}{(2 - \bar{S}) L \eta} - 1 \right] \ell_n \frac{R}{r_{\phi}}, \quad (6)$$

где $\bar{S} = \frac{S}{H}$ - приведенное понижение динамического уровня в скважине;

$\eta = L^{\frac{2}{3}}$ - коэффициент несовершенства скважин, установленный эмпирически по данным физического моделирования на секторном фильтрационном лотке, проверенный по данным натурных исследований [1].

По результатам расчета внешнего приведенного сопротивления $C_{вн} + C_c$ определялось неучтенное сопротивление и выявлялись относительные погрешности определения приведенного суммарного сопротивления без учета сопротивления фильтра и несовершенства по характеру вскрытия. Как видно из таблицы, погрешности эти достаточно велики: в отдельных случаях достигают 25 - 30 %.

Расчет дебитов скважин без учета указанных сопротивлений приводит к еще большим погрешностям - соответственно до 35 - 45 %, что совершенно недопустимо. Это свидетельствует о необходимости учета так называемого внутреннего сопротивления фильтра и сопротивления на несовершенство по характеру вскрытия.

Сопротивление фильтра рассчитывалось по проектным параметрам его (см. таблицу). Расчетное сопротивление на несовершенство по характеру вскрытия^{*} определялось по формуле В.И. Щурова [4]:

$$C_x = \frac{800 \epsilon}{D n h}, \quad (7)$$

где D - диаметр фильтрового отверстия, см;

* Сопротивление на несовершенство по характеру вскрытия зависит от длины перфорированной части скважины и ее положения внутри водоносного пласта, от формы отверстий и их количества (скважности), от размера отверстий, определяющего дисперсию потока, характера расположения отверстий по водоприемной поверхности скважины и их взаимодействия.

Определение фактического суммарного сопротивления скважин вертикального дренажа совхоза "Карадамак"

Номер скважин, год наблюдений	Дебит скважин, л/сек	Понижение: диаметр скважины, м	Приведенное сопротивление: диаметр скважины, м	Внешнее сопротивление: диаметр скважины, м	Приведенное сопротивление: диаметр скважины, м	Внутреннее сопротивление: диаметр скважины, м	Доля неучтенного сопротивления: диаметр скважины, м	Погрешность определения дебита без учета внутреннего сопротивления: диаметр скважины, м
1 - 1968	3,4	2,6	4,5	2,13	1,20	0,21	21,3	35,6
2 - 1966	22,0	17,0	5,1	2,98	1,34	0,21	10,8	16,5
5 - 1971	14,1	13,4	6,4	2,84	1,56	0,22	27,8	44,7
5 - 1967	24,0	18,0	4,9	2,99	1,32	0,21	7,7	14,0
8 - 1967	19,1	15,5	5,3	2,91	1,22	0,21	18,0	28,2
10 ^а - 1965	16,8	14,0	5,5	2,87	1,86	0,24	9,7	18,6
15 ^б - 1965	13,3	10,3	5,2	2,71	1,36	0,21	9,7	28,2
16 ^в - 1965	16,1	12,1	5,1	2,80	1,29	0,22	15,5	25,8
15 ^г - 1965	16,8	12,6	5,0	2,82	1,33	0,21	13,5	22,0
29 - 1972	20,1	14,7	4,9	2,91	1,40	0,21	7,7	13,9
31 - 1972	25,9	18,5	4,7	2,82	1,08	0,20	12,8	20,6
32 - 1972	33,1	24,2	4,6	3,15	1,13	0,21	2,4	8,4
37 - 1972	23,5	17,5	4,9	2,98	1,37	0,21	7,0	14,3
7 - 1968	34,5	25,0	4,6	3,17	1,05	0,20	3,9	9,4
13 - 1968	8,1	6,5	5,2	2,48	1,44	0,21	20,5	34,1
11 - 1969	27,5	20,5	1,8	3,07	1,20	0,21	5,7	11,1
9 - 1969	25,5	18,0	4,7	3,01	1,29	0,21	3,2	7,8

η - число отверстий на 1 м перфорированной части скважины;

$$\bar{h} = \frac{e_0}{H};$$

$\epsilon = 0,15$ - безразмерный коэффициент.

Как видно из таблицы, расчетные сопротивления на несовершенство по характеру вскрытия, подсчитанные на основе проектных параметров (скважность 20 %, диаметр отверстия 1 см) невелики, однако учет их вместе с сопротивлением фильтра улучшает сходимость расчетного сопротивления с фактическим: в большинстве случаев они отличаются менее, чем на 10 %.

Большие расхождения расчетных и фактических дебитов в скважинах № 1 и 5 (1971 г.), № 8 (1967 г.), № 16 (1965 г.), № 13 (1968 г.) объясняются тем, что фактические параметры фильтра значительно отличаются от проектных.

Как показали исследования в период строительства скважин (1965 - 1968 гг.), строительные откачки из них сопровождались интенсивным пескованием (количество взвесей превышало 30 - 40 %) [3]. Продолжительность прокачки изменялась в пределах 15 - 60 суток. Иногда при общей тенденции к уменьшению интенсивности пескования периодически наблюдалось резкое увеличение содержания песка в воде, что, как правило, сопровождалось просадкой гравия. При геометрическом объеме зафильтрового пространства скважин 55 - 60 м³ в период строительных откачек дополнительно засыпалось 100 - 120 м³ гравия. Если предположить, что это количество гравия пошло на заполнение каверн в водоносных породах, то расчет-

* Фактическая скважность была несколько меньше, так как ввиду небольших коэффициентов фильтрации водоносной толли рассматриваемого участка вертикального дренажа перфорированная часть скважин обматывалась металлической сеткой (это не учитывалось существующей формулой). Как показала практика строительства, фактическая скважность редко достигает проектной и, как правило, не превышает 15 %. Поэтому при сдаче в эксплуатацию скважин совершенно необходимо точно указывать фактическую скважность их перфорированной части, так как это важно учитывать при корректировке проектных режимов эксплуатации. Необходимость в коррективах может возникнуть и в связи с частичной кольматацией отверстий в период эксплуатации.

ный диаметр контура обсыпки составит около 3 м. Деформация контура фильтра схематически представлена на рисунке, где $z_I = 0,4$ м, $z_{II} = 2,5 - 3,0$ м.

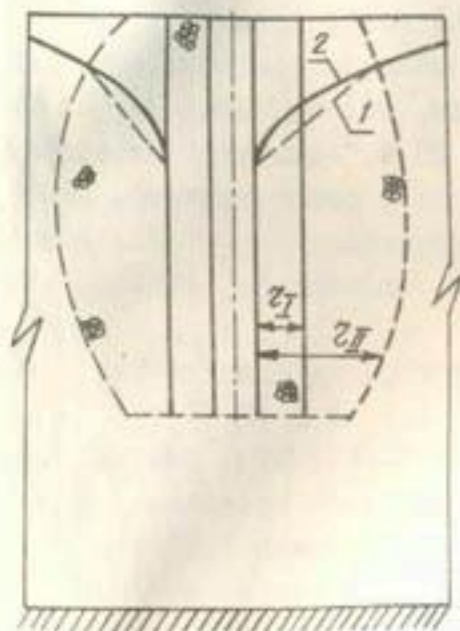


Схема притока к скважине с проектным и фактическим радиусами фильтра:

1 - фактическая и 2 - расчетная депрессионные кривые

Коэффициент фильтрации фильтровой обсыпки также значительно уменьшался, так как кольматация обсыпок была очень интенсивной и достигала, по данным исследований, 20 - 30 %. В отдельных случаях коэффициент снижался до 6 м/сутки. Приведенное сопротивление

фильтра $\frac{\rho_n \cdot z_{\phi}}{K_{\phi}}$ при этом

увеличивалось в 4 - 5 раз, что обязательно нужно учитывать при расчетах режимов эксплуатации.

Таким образом, результаты проведенного анализа показали, что при расчетах оптимальных параметров режимов эксплуатации можно с достаточной степенью точности определить фактическое приведенное

суммарное сопротивление, пользуясь формулой (6). Это дает возможность при определенном оптимальном дебите скважины получить соответствующий ему напор в скважине h_0 , используя зависимость:

$$h_0 = \sqrt{H^2 - \frac{Q_{оп} \sum C}{K}}, \quad (8)$$

и оптимальное понижение динамического уровня в скважине.

$$S_{оп} = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q_{оп} \sum C}{K}}. \quad (9)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Новицкая В.П. Изучение эффективности действия вертикального дренажа в Прикопетдагской зоне. Научно-технический отчет ТуркменНИИГиМа, Ашхабад, 1971.
2. Новицкая В.П. Разработка оптимальных режимов эксплуатации систем вертикального дренажа в целях мелиорации земель зоны Каракумского канала. Научно-технический отчет ТуркменНИИГиМа, Ашхабад, 1972.
3. Фоменко В.И. Подбор оптимальных параметров гравийнозасыпных фильтров дренажных скважин на участках совхоза "Карадамак" и Куртлимского водохранилища. Научно-технический отчет ВНОГЕМа, Белгород, 1968.
4. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. М., Гостехиздат, 1963.
5. Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. М., Изд-во МГУ, 1965.

УДК 626.811.004.14:635.64

Инж. Т. ДЖУМАЗАРОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ ТОМАТАМИ

По результатам наблюдений в лизиметрах суммарное водопотребление томатов при величине урожая 895 - 1117 ц/га и глубине залегания уровня грунтовых вод от 1 до 3 м составило 1481 - 1748 мм. В том числе за счет капиллярного подтока от грунтовых вод (апрель - октябрь) при глубине их зале-

Водопотребление полевых томатов за вегетационный период в зависимости от глубины залегания грунтовых вод и величины урожая

Глубина залегания грунтовых вод, м	Годы	Суммарное потребление воды, мм		В том числе			Урожай, ц/га	Расход воды на 1 ц урожая, мм		
		глубина, мм	глубина, мм	глубина, мм	глубина, мм	глубина, мм		глубина, мм	глубина, мм	глубина, мм
1	1970	1499	703	47	796	53	707	2,12	0,99	1,13
	1971	1855	926	50	929	50	1170	1,59	0,79	0,80
	1972	1891	1011	54	880	46	1285	1,47	0,78	0,69
	Среднее	1748	880	50	869	50	1054	1,65	0,83	0,82
2	1970	1696	789	46	907	54	1406	1,21	0,56	0,65
	1971	1654	683	41	971	59	1010	1,65	0,68	0,97
	1972	1671	669	40	1002	60	935	1,79	0,72	1,07
	Среднее	1674	714	43	960	57	1117	1,50	0,64	0,86
3	1970	1472	450	30	1022	70	1063	1,39	0,42	0,97
	1971	1411	358	25	1053	75	825	1,72	0,56	1,16
	1972	1563	438	28	1125	72	797	1,96	0,55	1,41
	Среднее	1481	415	28	1066	72	895	1,66	0,46	1,20

96

97

гания 1 м - 703 - 1011 мм, 2 м - 669 - 789 мм, 3 м - 358 - 450 мм (табл. 1)². Это свидетельствует о возможности использования пресных грунтовых вод томатами.

Как установлено, с увеличением оросительной нормы и глубины залегания грунтовых вод расход их уменьшается, а с возрастанием урожая томатов - увеличивается.

Максимальное использование грунтовых вод (54 % от суммарного водопотребления) при стоянии на глубине 1 м наблюдалось в 1972 г., чему соответствовал максимальный урожай - 1285 ц/га. При максимальном урожае 1406 ц/га доля участия грунтовых вод в суммарном водопотреблении полевых томатов (при стоянии на глубине 2 м) составила 46 %, при минимальном урожае 935 ц/га - 40 %. В 1970 г. при урожае 1063 ц/га томатами использовалось 450 мм грунтовой воды (при залегании на трехметровой глубине), или 30 % от суммарного водопотребления. С уменьшением доли грунтовой воды в суммарном водопотреблении томатов до 25 - 28 % полученный урожай составил 797 - 825 ц/га.

На центнер урожая томатов расходуется: грунтовых вод - 0,42 - 0,99 мм, поверхностных - 0,65 - 1,20 мм.

Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что расход грунтовых вод при стоянии на глубине 1 м начинался: в 1970 - 1971 гг. - в мае, с максимумом в июле (264 - 313 мм), в 1972 г. - в июне, с максимумом в августе (345 мм). С окончанием периода массового плодоношения томатов (сентябрь) расход грунтовой воды резко сократился, уменьшаясь и в последующие месяцы. В конце вегетационного периода - до 71 - 106 мм (октябрь).

Начало расхода грунтовых вод при стоянии на глубине 2 м сместилось на июнь, но наибольшая его величина наблюдалась также в июле - 242 - 266 мм (1970 - 1971 гг.) и августе - 237 мм (1972 г.). В дальнейшем расход грунтовой воды уменьшался. В октябре - до 43 - 120 мм. Общий расход за вегетационный период составил 669 - 789 мм, или в среднем на

² Т. Джуманазарова, В. А. Соколова. О методах определения суммарного расхода воды полевых томатов и лука. В сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Ташкент, САННИРИ, 1974.

Расход грунтовых вод полев томатов, мм

Глубина залегания грунтовых вод, м	Годы	М е с я ц и												За вегета- ционный период	За не- вегета- ционный период	За вегета- ционный период	Sa вегета- ционный период	Sa невегета- ционный период	Sa вегета- ционный период	Sa невегета- ционный период
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII							
1	1970	0	11	0	0	7	76	264	175	75	106	22	5	703	38	741				
	1971	1	4	0	0	23	143	313	268	96	83	56	0	926	61	987				
	1972	0	0	0	0	0	105	299	345	191	71	8	3	1011	11	1022				
	Среднее	0	5	0	0	10	108	292	262	121	87	29	3	880	37	917				
2	1970	0	8	0	0	0	64	266	216	123	120	18	0	789	26	815				
	1971	0	2	0	0	0	78	242	177	115	71	40	0	683	42	725				
	1972	0	0	0	0	0	45	177	237	167	43	6	4	669	10	679				
	Среднее	0	3	0	0	0	63	238	210	135	78	21	1	714	25	739				
3	1970	0	6	0	0	0	1	82	151	107	109	23	6	450	35	485				
	1971	5	1	0	0	0	5	61	145	69	58	20	0	358	26	384				
	1972	0	0	0	0	0	0	33	149	176	80	10	5	438	15	453				
	Среднее	2	2	0	0	0	2	59	148	124	82	18	4	415	25	440				

98

99

19 % меньше, чем при стоянии грунтовых вод на глубине 1 м.

Расход грунтовых вод, залегающих на глубине 3 м, в июне практически отсутствовал. Начало его наблюдалось в основном в июле. Максимальный расход повсеместно отмечался в августе - 145 - 151 мм, оставаясь значительным и в сентябре - 89 - 176 мм. Общий расход грунтовой воды полев томатов за вегетационный период составил 358 - 450 мм, или в среднем соответственно на 42 и 53 % меньше, чем в первом и втором случаях. За невегетационный период полев расходовалось около 1 - 6 % годового расхода грунтовых вод.

По периодам развития томатов расход грунтовых вод изменялся неравномерно. В период укоренения рассады до цветения (апрель - первая половина мая) грунтовая вода практически не использовалась растениями. В период цветения - созревания плодов, продолжительностью 43 - 45 дней, среднесуточный расход грунтовых вод при стоянии на глубине 1 м изменялся от 1,8 до 3,4 мм. Это соответственно в 2 и 28 раз больше, чем при залегании грунтовых вод на глубине 2 и 3 м. Основной расход грунтовой воды приходился на период созревания плодов - конец массового плодоношения (91 - 107 дней) - 366 - 677 мм, или 77 - 88 % общего расхода за вегетационный период. Наибольшего развития растения томатов достигали: при стоянии грунтовых вод на глубине 1 м - в июле-августе, 2 м - в эти же месяцы, 3 м - в августе-сентябре. При этом использовалось грунтовой воды соответственно 439 - 552 мм, 414 - 482 мм и 234 - 325 мм. Это составляло в среднем 61 - 66 % общего ее расхода. За период созревания - конец массового плодоношения среднесуточный расход грунтовых вод (3,7 - 7,0 мм) увеличился по сравнению с периодом цветения - созревания на 60 - 76 %, а после массового плодоношения томатов - уменьшился до 1,9 - 2,7 мм.

В ы в о д ы

1. С увеличением глубины залегания грунтовых вод доля их участия в суммарном расходе воды полев томатов за вегетационный период уменьшается: при глубине 1 м - 50 % (880 мм), 2 м - 43 % (714 мм), 3 м - 28 % (415 мм).

2. Расход грунтовых вод за невегетационный период составляет 3 - 6 % их годового расхода.

УДК 631.62:626.86

Калантаев В.А.

Борьба с засолением орошаемых земель
в Чарджоуском оазисе

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2,
САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье характеризуется рассоление засоленных земель, осуществляемое промывными поливами на фоне интенсивно действующих дренажных систем. Дается оценка сравнительной эффективности этих систем. В порядке снижения эффекта они расположены в такой последовательности: вакуумные дренажные системы, закрытый горизонтальный дренаж, вертикальный дренаж и открытый горизонтальный дренаж.

УДК 551.573:633.31

Аманов Х., Заманмурат Х., Соколова В.А.

Исследование суммарного испарения
на люцерновом поле по методу теплового баланса

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2,
САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье рассматриваются результаты определения суммарного испарения полем люцерны методом теплового баланса, основной составной частью которого является радиационный баланс с максимумом интенсивности в полуденное время. Показано, что интенсивность суммарного испарения возрастает по мере развития растений и достигает максимальной величины перед укосами (июль-август). Сопоставлены величины расхода во-

ды полем люцерны, полученные различными методами. Рекомендована формула для расчетов месячного испарения воды с люцернового поля.

Табл. 7, библиогр. 6.

УДК 631.675+633.511:551.573

Гафуров В.К., Таганов М.

Определение
очередного срока полива хлопчатника
по относительной испаряемости

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2,
САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье рассматриваются вопросы назначения сроков полива хлопчатника различными способами, приведены результаты испытаний сигнализатора полива, основанного на взаимодействии расхода влаги из почвы с испаряемостью.

Табл. 3, иллюстр. 2.

УДК 581.45.087.1+633.511

Минаева Е.Н.

Биометрические характеристики хлопчатника

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2,
САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье приведены результаты непосредственных измерений биомассы хлопчатника. Даны рекомендации определения одной из важнейших характеристик растений - относительной площади листьев, необходимой при расчетах как транспирации растений, так и суммарного испарения.

Табл. 2, иллюстр. 3, библиогр. 11.

УДК 550.8:631.6.001.5

Назарнамедов О., Джумамуратов А.А., Новиков В.Ф.

Перспективы применения геофизических съемок
при мелиоративных исследованиях

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2, САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье рассматриваются вопросы применения геофизических методов в мелиоративных исследованиях. Излагается методика определения минерализации грунтовых вод по данным вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ).

Иллюстр. 3, библиогр. 2.

УДК 626.862.94

Аннаев О., Тиллиев Р., Чалов Д.

Об эффективности
коллекторно-дренажных систем
в Тедженском оазисе.

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2, САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье анализируются результаты исследований по изучению динамики уровня и минерализации грунтовых вод, на основании которых определены зоны дренажного действия коллекторов и дрен, получена величина модуля дренажного стока для открытого внутрихозяйственного коллектора, установлено опреснение грунтовых вод в верхних горизонтах под орошаемыми полями. Отмечено неудовлетворительное общее состояние закрытого горизонтального дренажа.

УДК 631.67:626.810.3

Хадиров А., Аманов Х.А., Симонян Г.Б.

Влияние орошения минерализованными водами
на урожай хлопчатника

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2, САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье рассматриваются результаты исследований по изучению влияния поливов минерализованной водой различного качества и степени минерализации на урожай хлопка-сырца тонковолокнистого хлопчатника и накопление солей в почве.

Табл. 2, библиогр. 6.

УДК 631.67:626.810.3

Хадиров А., Аманов Х.А., Гладкая П.И.

Промывка сильнозасоленных земель
после орошения минерализованной водой

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2, САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье показано, что соли, накопленные в результате орошения минерализованной водой (концентрация 10 г/л), не закрепляются в почве, поэтому легко выщелачиваются. При этом расход воды на вытеснение 1 тонны солей уменьшается. Промывными нормами 17000 - 23400 м³/га воды удается опреснить двухметровую толщу почвы. Сильному выщелачиванию подвергаются токсичные соли, а физиологически безвредные соли вымываются незначительно.

Табл. 4, библиогр. 6.

УДК 626.862.2/.3:624.131.216/.542

Мамедов В.Н.

Исследования устойчивости оснований
и стенок траншей в процессе укладки дрен
современными экскаватор-дреноукладчиками
в водонасыщенных грунтах

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2, САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье анализируются результаты моделирования методом ЭГДА фильтрационного потока, действующего на дно и стенки траншей, копаемых в водонасыщенных грунтах, на основании которых уточнена возможность работы экскаватор-дреноукладчиков без предварительного водопонижения на орошаемых землях при высоком стоянии уровня грунтовых вод.

Табл. 2, иллюстр. 2, библиогр. 2.

УДК 626.861.5:621.879.45:624.131.225/.55

Лях В.Д.

Моделирование подводного резания
глинистого грунта вибрирующим рыхлителем
землесосного снаряда

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2,
САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье рассматриваются результаты исследований методом моделирования процесса вибрационного резания грунта. На основании этих исследований определены основные параметры, влияющие на процесс подводного вибрационного резания тяжелого глинистого грунта, получены критерии подобия, составлены критериальные уравнения для определения тягового усилия, суммарной мощности, расходуемой на вибрирование грунта в водной среде, и средневзвешенного диаметра кусков стружки.

Библиогр. 4.

УДК 626.862.4

Новицкая Ю.П.

Определение высоты высачивания
для несовершенных скважин вертикального
дренажа

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2,
САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье предлагается новая зависимость для определения высоты высачивания у несовершенных скважин в условиях безнапорного режима, которая в отличие от существующих зависимостей имеет лучшую сходимость с опытными данными, полученными в результате натурных исследований системы вертикального дренажа в совхозе "Карадамак" Ашхабадского района Туркменской ССР.

Табл. 1, иллюстр. 1, библиогр. 2.

УДК 626.862.4

Новицкая Ю.П.

Определение сопротивления
на несовершенство скважины, несовершенной
по степени и характеру вскрытия

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2,
САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье показано, что при расчетах оптимальных параметров режимов эксплуатации вертикального дренажа необходимо учитывать фактические конструктивные особенности фильтров скважин. Предлагаются зависимости для определения оптимального понижения динамического уровня в скважинах с учетом суммарного сопротивления скважины, несовершенной как по степени, так и по характеру вскрытия.

Табл. 1, иллюстр. 1, библиогр. 5.

УДК 626.811.004.14:635.64

Джуманазарова Т.

Исследование
использования грунтовой воды томатами

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 2,
САНИИРИ, Ташкент, 1975 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

В статье анализируются результаты исследования по изучению использования грунтовых вод томатами по методу лимиметров. Показано, что пресные грунтовые воды при залегании на глубине 1, 2 и 3 м хорошо используются растениями томатов. Доля их участия в суммарном водопотреблении составляет соответственно 50 %, 43 и 28 %. Урожайность при этом изменяется от 895 до 1117 ц/га.

Табл. 2.

Ю.П. Новикова. Определение высоты высачивания для несовершенных скважин вертикального дренажа	85
Ю.П. Новикова. Определение сопротивления на несовершенство скважины, несовершенной по степени и характеру вскрытия	89
Т. Джуманазарова. Исследование использования грунтовой воды томатами	95

СОДЕРЖАНИЕ

В.А. Калантаев. Борьба с засолением орошаемых земель в Чарджоуском оазисе	5
Х. Аманов, Х. Захмиурад, В.А. Соколова. Исследование суммарного испарения на люцерновом поле по методу теплового баланса	10
В.К. Гафуров, М. Таганов. Определение очередного срока полива хлопчатника по относительной испаряемости	20
Е.Н. Минаева. Биометрические характеристики хлопчатника	27
О. Назармamedов, А.А. Джумануратов, В.Ф. Новиков. Перспективы применения геофизических съемок при мелiorативных исследованиях	38
О. Аминов, Р. Тилиев, Д. Чалов. Об эффективности коллекторно-дренажных систем в Тедженском оазисе	48
А. Хадиров, Х.А. Аманов, Г.Б. Симонян. Влияние орошения минерализованными водами на урожай хлопчатника	53
А. Хадиров, Х.А. Аманов, П.И. Гладкая. Прокывка сильнозасоленных земель после орошения минерализованной водой	59
В.Н. Намедов. Исследования устойчивости оснований и стенок траншей в процессе укладки дрен современными экскаватор-дреноукладчиками в водонасыщенных грунтах	70
В.Д. Дях. Моделирование подводного резания глинистого грунта вибрирующим рыхлителем землесосного снаряда	76

Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации

г.Ашхабад, ул. Островского, 30.

МЕЛИОРАЦИЯ
ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ
Выпуск второй

Редактор Ю.Н. Моргунов

Р-05737 Подписано в печать 7.7.75 г. Формат бумаги 50 х 60
1/8 усл. п.л. 6,75 Заказ 1417 тираж 500 экз. Цена 45 коп.
Картфабрика института "Узгипрозем" г.Ташкент, ул.Муками, 176