

М-46

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

ТУРКМЕНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Шестой выпуск

Ташкент — 1980

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Шестой выпуск

Ташкент — 1980

В статьях сборника приведены результаты исследований по вопросам эффективного использования оросительной воды, техники и технологии полива, влияния орошения на просадку лессовых грунтов, расчета фильтрации воды из каналов, состояния облицованных каналов, промывки засоленных земель в Мургабском оазисе, применения магнитного поля для обработки промывной воды, изменения физико-химических свойств воды под воздействием магнитного поля, использования дренажных вод на орошение кормовых культур, работы скважин-усилителей в зоне Хаузаханского водохранилища, применения пористых вставок в дренаже и другим вопросам.

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

Редакционная коллегия

Духовный В.А. (отв. редактор), Кадыров А.А. (зам. редактора), Антонов В.И. (зам. редактора - Средазгипроводхлопок), Валентини Г.Г., Жулаев А.Ж. (зам. редактора - КазНИИВХ), Лактаев Н.Г., Милькис Б.Е., Насонов В.Г., Павлов Г.Н., Пулатов У.Ю., Пулатов А.Г., Сапаров Б. (зам. редактора - ТуркменНИИГим), Якубов Х.И. (зам. редактора)

Редакционный совет

Сапаров Б. (отв. редактор), Балакаев Б.К., Доктор Ф.И., Гафуров В.К., Калантаев В.А.

ТУРКМЕНИСТАНА

ЕРЛЕРИ

МЕЛИОРАЦИЯСЫ

АЛТЫНЫ ГОЙБЕРЛИНИ

Канд. с.-х. наук В.К.ГАФУРОВ,
инж.-гидротехник М.А.НЕПЕСОВ

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВЫХ РАСХОДОВ ВЛАГИ НА ТРАНСПИРАЦИЮ

Транспирация — испарение воды в процессе жизнедеятельности растений. Она является наиболее важным элементом расходной части водного баланса орошаемого поля, обуславливает объем водопотребления и продуктивность сельскохозяйственных растений.

Определяется транспирация различными методами, из них в разное время применялись:

1. Метод быстрого взвешивания [5, 6], при котором учет потерь воды определяется по всему растению или по листьям двукратным взвешиванием на точных технических или торсионных весах с экспозицией их на месте срезки.

2. Разностный метод, характеризующийся определением транспирации как разности между суммарным испарением и испарением с поверхности почвы [9].

3. Метод вегетационных сосудов, основанный на их взвешивании с произрастающими растениями [10].

4. Метод изоляции отдельных частей растений в приборах и устройствах [2].

5. Хлор-кобальтовый метод, заключающийся в определении массы порозовевшей в испаряющейся влаге фильтровальной бумаги, пропитанной раствором хлористого кобальта.

6. Метод учета водяного пара, выделяемого растением, по индикатору, улавливавшему пары и увеличивавшему за счет этого свою массу (хлористый кальций, фосфорный ангидрид, серная кислота).

7. Косвенные методы, основанные на измерении объема и скорости выделения сока на срезанном растении. Например, с помощью потометра, по положению мениска в капиллярной трубке которого судят об интенсивности транспирации.

8. Физические методы — актинометрический [7, 8], измерение скорости движения жидкости по растению [15], измерение свечения влажности воздуха в потоке радиоактивных или ультрафиолетовых лу-

чей [2].

Расчетные методы [3].

Все перечисленные методы имеют недостатки и "выбор того или иного метода должен определяться, с одной стороны, условиями его применения, с другой — целями, которые ставятся перед каждым конкретным исследованием" [3].

Наибольшее распространение при определении транспирации получил метод быстрого взвешивания, который широко применялся в исследованиях, проводимых в Туркменистане. Определенной сложностью при этом характеризуются выявление продолжительности экспозиции и количественный учет транспирации с орошаемой территории. Метод быстрого взвешивания предполагает, что растение в коротком интервале времени после его срезания продолжает транспирировать без существенных изменений, далее начинает расходоваться вода, находящаяся в клетках листьев. Поэтому выбор времени экспозиции как всего растения, так и отдельного листа имеет важное значение, поскольку оно определяет точность измерения транспирации.

Для определения продолжительности экспозиции проводилось взвешивание листа хлопчатника в ранней стадии развития через 1 мин. в течение 10 мин. по методике, описанной в работах [4, 12].

Результаты определения показали (рис. 1), что перелом в ходе расхода влаги из растения наступает через 5–8 мин., в связи с чем промежуток времени между первым и вторым взвешиванием был принят равным 5 мин.

После определения разности между первым и вторым взвешиванием производится пересчет расхода влаги растением на 1 см² листовой поверхности в течение 1 мин. Транспирация определяется обычно в течение дня, начиная с 7 часов утра, через 3 часа до 19 часов, поскольку в ночное время величина транспирации незначительна. Пе-

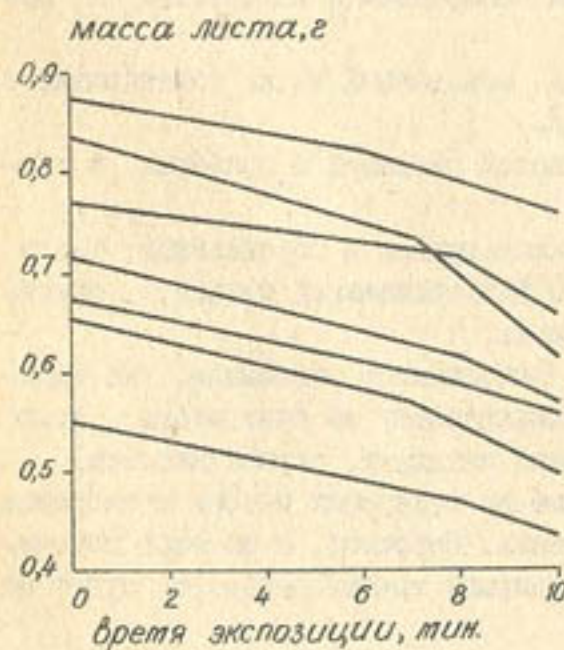


Рис. 1. Изменение массы листа во времени

ресчет транспирации на 1 г сухой массы иногда приводит к значительным ошибкам вследствие того, что вегетативные органы хлопчатника, обладающие большой массой (ветви, стебли, коробочки), имеют слабовыраженную транспирационную способность. Располагая данными по листовому индексу, производят подсчет общей величины транспирации с 1 га посева за 1 час.

По характерному графику суммарного испарения, определенного по тепловому балансу, и транспирации, найденной путем быстрого взвешивания и подсчета на всю площадь листьев растений с 1 га посева, видно (рис. 2), что в период сомкнутого растительного покрова ве-

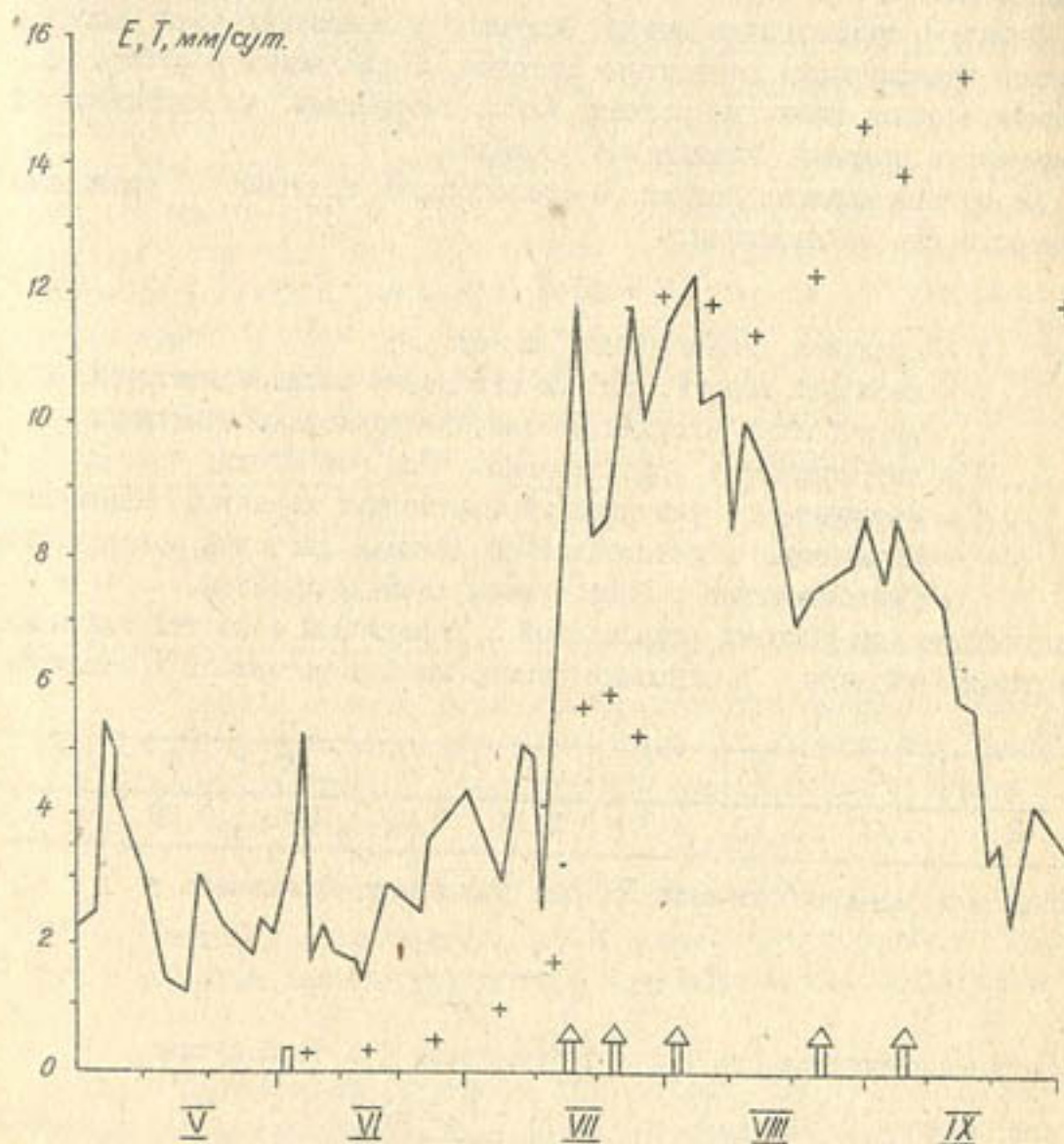


Рис. 2. Суммарное испарение (— E), транспирация (+ T)

личина транспирации превышает суммарное испарение. Это свидетельствует о нелинейном характере зависимости транспирации от величины листового индекса. Об отсутствии линейной связи между транспирацией и площадью листьев или растительной массой высказывается и в литературных источниках [1, 15]. В работе [12] показан график зависимости $E_T = f(i)$, по которому видно, что нарастание величины транспирации уменьшается при увеличении листового индекса. Затухание интенсивности транспирации с ростом площади листовой поверхности объясняется затенением и старением листьев нижних ярусов, повышением влажности воздуха внутри растительного покрова, уменьшением в нем переноса паров влаги.

Наряду с применением метода быстрого взвешивания нами определялась транспирация разностным методом, позволяющим получить истинные валовые величины расхода влаги растениями за значительный промежуток времени (пятидневка, декада).

На основе анализа данных по транспирации получено уравнение для подсчета ее величины:

$$T = 10 \cdot k \cdot i \cdot u, \quad (1)$$

где T — величина транспирации, мм/сут;

i — листовый индекс, равный отношению площади листовой поверхности к площади посева, безразмерная величина;

u — интенсивность транспирации, г/см² за сутки;

k — коэффициент, учитывающий нелинейный характер изменения транспирации с нарастанием площади листовой поверхности, уменьшающийся с нарастанием площади листьев.

Полученные для условий Ашхабадской и Тамаузской областей значения листового индекса и отношения измеренной и расчетной транспирации :

i	0	1	2	3	4	5	6	7
k	1,00	0,83	0,67	0,56	0,49	0,43	0,38	0,36

позволили вывести зависимость для расчета коэффициента :

$$k = \frac{1}{10} \cdot e^{\frac{1 - 0,065}{0,434}}. \quad (2)$$

Подставляя зависимость (2) в уравнение (1), получим:

$$T = i u e^{\frac{1 - 0,065}{0,434}}. \quad (3)$$

Формула (3) позволяет подсчитать валовую транспирацию по измеренной интенсивности транспирации и листовому индексу. На практике листовый индекс хлопчатника обычно не превышает величины, равной 7. В этом случае можно применять упрощенную формулу для расчета транспирации:

$$T = 10 \cdot i \cdot u (1 - 0,1 i). \quad (4)$$

Расхождения в расчетах по формулам (3) и (4) не превышают 5%. Но при $i = 10$ формула (4) теряет смысл и в этом случае необходимо применять формулу (3).

Таким образом, определение транспирации сводится к следующей последовательности:

1. Срезается целый лист или высечкой площадью 50 см² вырезается часть его. Лист берется средний по площади и развитию с яруса, расположенного на уровне 2/3 высоты растения.

2. Срезанный лист взвешивается на торзионных весах, подвешивается на место среза и через 5 мин. взвешивается вновь. Определяется разность между первым и вторым взвешиванием, которая делится на площадь листа и умножается на 12, получается интенсивность транспирации в г/см² за час. Эти определения проводятся по 10 образцам, взятым с разных растений, начиная с 7 часов утра, через 3 часа до 19 часов. Полученные результаты по каждому образцу рекомендуется записывать в полевой дневник предлагаемой формы:

Дата, час	Номер образца	Исходная масса образца, г	Масса образца через 5 мин., г	Разность, г	Площадь образца, см ²	Интенсивность транспирации, г/см ² за час
-----------	---------------	---------------------------	-------------------------------	-------------	----------------------------------	--

3. По результатам 10 образцов определяется средняя величина интенсивности транспирации u , за каждый срок наблюдений. Величины по срокам наблюдений суммируются и определяется суточная интенсивность транспирации:

$$u = 2,4 \sum u_i \text{ г/см}^2 \text{ за сутки.}$$

Здесь сделано допущение, что ночные суммы транспирации по сравнению с дневными незначительны, при круглосуточных наблюдениях

$$u = 3 \sum u_i.$$

4. По характерным растениям-индикаторам, выбранным на участке наблюдений в количестве 10 — 20 шт., определяется площадь листьев на одном растении. Для этого измеряется длина всех листьев (от

узла до конца листовой пластины), не срезая их с растения. Площадь листьев определяется по формуле [II]:

$$\omega_l = l^m.$$

Здесь $m = 1,78$ — установлено нами для сортов хлопчатника, возделываемых в Туркменистане.

5. По густоте стояния растений определяется листовой индекс по формуле:

$$i = \frac{\omega_l \cdot n}{\omega_n},$$

где n — густота стояния растений на площади ω_n ;

ω_n — площадь посева, m^2 .

6. Полученные значения интенсивности транспирации и листового индекса подставляют в формулу (3) и находят валовое значение транспирации в мм/сут на 1 га площади посева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатов А.М. Влагооборот культурных растений. Л., Гидрометеоиздат, 1954.
2. Бабушкин Л.Н. Полевой транспиrometer. Кипинев, "Штиния" (Молдавского филиала АН СССР), 1960.
3. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. М., "Наука", 1964.
4. Ефимов Г.С., Паршутин С.М. О транспирации влаги хлопчатником и люцерной в Мургабском и Тедженском оазисах. — Изв. АН Туркм. ССР. Сер. биол. наук, Ашхабад, 1964, № 2.
5. Иванов Л.А. О методе определения испарения растений в естественных условиях их произрастания. — "Лесной журнал", 1918, вып. I — 2.
6. Иванов Л.А., Силина А.А., Целникер Ю.Л. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях. — "Ботанический журнал", 1950, т. 35, № 2.
7. Иванов Л.А., Силина А.А. Об актинометрическом методе определения транспирации леса. — "Ботанический журнал", 1951, т. 36, № 5.
8. Иванов Л.А., Силина А.А. Определение транспирационного расхода леса актинометрическим методом в связи с его

энергетическим балансом в различных лесорастительных зонах. — В кн.: Физиология растений, М., 1955. Вып. 4, т. 2.

9. Константинов А.Р., Струзер Л.Р. Измерение суммарного испарения и транспирации сельскохозяйственных культур с помощью испарителей. — Труды ГТИ. Л., Гидрометеоиздат, 1954, вып. 45 (99).

10. Клешикин А.Ф., Строгов Б.П., Шильгин И.А. Новый метод определения транспирации. — "Физиология растений", 1954, № 2.

11. Минаева Е.Н. Биометрические характеристики хлопчатника. — В сб.: Мелиорация земель в Туркменистане. Ташкент, 1975, вып. 2.

12. Ничипорович А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза в посевах. — В сб.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. Изд. АН СССР, М., 1963.

13. Паршутин С.М. Транспирация хлопковым полем в Тедженском оазисе. — "Хлопководство", 1963, № II.

14. Чудновский А.Ф., Карманов В.Г., Савин В.Н., Рябова Е.П. Кибернетика в сельском хозяйстве. Л., "Колос", 1965.

15. Шашко Д.И. К вопросу о методе количественного учета транспирации. — "Метеорология и гидрология", 1958, № I.

УДК 631.67:626.822:633.511

Инж.-гидротехник О.СЕЙДОВ,
канд. с.-х. наук А.МЕРЕДОВ,
инж.-гидротехник О.НУРСАХАТОВ.

ПОЛИВЫ ХЛОПЧАТНИКА
ИЗ ЗАКРЫТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ
НА ЗЕМЛЯХ С МАЛЫМИ УКЛОНАМИ

В настоящее время одним из перспективных направлений в совершенствовании техники бороздкового полива является применение закрытой оросительной сети.

Элементы техники бороздкового полива и технологические процессы полива из закрытых трубопроводов изучались на участке им. Бу-

денного колхоза "Ленинград" Туркмен-Калинского района Марийской области Туркменской ССР. Здесь в 1977 г. построена закрытая оросительная сеть по системе акад. И.А. Шарова. Вода на участки поступает через транспортирующие и поливные трубопроводы при помощи насосной станции. Поливные трубопроводы, уложенные на глубину 40 – 70 см от поверхности земли, имеют телескопическое строение, на их поверхности по длине через определенные промежутки, в зависимости от размера междурядий (0,6 – 0,9 м), имеются поливные отверстия диаметром 6 – 7 мм. При поливах вода выходит из этих отверстий в виде родничка на поверхность земли и движется по бороздам.

Исследованиями установлено, что закрытая оросительная сеть обеспечивает значительное повышение производительности труда, равномерное увлажнение почвы по длине борозд и трубопроводов, экономию оросительной воды, сокращение трудовых затрат на полив, увеличение к.з.и., возможность автоматизации поливов, повышение культуры земледелия и тем самым повышение урожайности хлопчатника.

Следует отметить, что критерием оценки элементов техники полива является равномерность увлажнения почвы по длине трубопроводов и борозд.

Равномерность увлажнения почвы по длине трубопроводов зависит от равномерности распределения поливных струй, что обеспечивается благодаря телескопическому строению трубопроводов. Наблюдениями установлено, что равномерность распределения поливных струй достигается при максимальных расходах воды в поливных трубопроводах.

Опыты показывают, что на наклонно спланированных участках земель, тяжелых по механическому составу, с уклонами порядка 0,001 – 0,002 при широкорядной культуре хлопчатника поливная струя величиной 0,5 л/с не обеспечивает своевременного проведения вегетационных поливов и равномерного увлажнения почвы по длине борозд. Наиболее равномерное увлажнение почвы по длине борозд достигается при переменных струях – 0,8/0,4 и 1,0/0,5 л/с.

На горизонтально спланированных участках лучшие результаты получены при длине борозды 250 м и переменной величине поливной струи 0,6/0,3 л/с.

Для проведения своевременных и высококачественных поливов большое значение имеет организация орошаемой территории. При этом необходимо исходить из наиболее выгодного расположения закрытого трубопровода, наибольшей возможности автоматизации процесса полива и наибольшей экономии труда и средств. Этим требованиям отвечают участки, спроектированные прямоугольными по конфигурации.

На таких участках при одинаковом уклоне поверхности земли облегчается автоматизация закрытой сети и улучшается технология проведения полива. Для получения равномерного увлажнения расчетного слоя почвы по длине борозд необходимо, чтобы добегание поливных струй до конца борозды по всему фронту полива было одинаковым. На участке с неправильной конфигурацией поливные трубопроводы необходимо проперфорировать при соответствующем расчете диаметра поливных отверстий.

Известно, что основное преимущество поливов из закрытой оросительной сети заключается при эксплуатационной надежности в возможности проведения полива в любое время суток и одновременно на нескольких участках, в регулировании поливных струй по всей длине трубопровода в нужных пределах. Однако нормальная работа и долговечность закрытой оросительной сети достигаются только при строгом соблюдении правил технической ее эксплуатации.

За трехлетний период эксплуатации серьезных технических повреждений оросительной сети и нарушения графиков полива не наблюдалось. Поломки сети на короткий срок (2 – 3 часа) были в обеих бригадах колхоза, где проводились наши исследования.

Нормальная работа закрытой оросительной сети, высокое качество поливов во многом зависят от глубины заложения поливных трубопроводов. Как показали наблюдения, и глубокое, и близкое к поверхности земли заложение трубопроводов приводят к нежелательным результатам.

При глубоком заложении трубопроводов во время поливов образуются большие воронки размыва над поливными отверстиями. Увеличиваясь в размерах, они постепенно сливаются, образуя широкий ок-арик над поливными трубопроводами, который мешает работе пропашных тракторов во время проведения междурядных обработок. При близком заложении поливных трубопроводов создается опасность их повреждения пахотными орудиями. Проведенные исследования показали, что оптимальная глубина заложения поливных трубопроводов находится в пределах 30 – 35 см, но не более 40 см. При этом перед вспашкой рекомендуется предварительно проводить вдоль трубопроводов опашку полосой шириной 3 – 4 м во избежание поломок трубопроводов и орудий пахотных агрегатов.

В целях предотвращения образования воронок размыва в наших опытах применялись гравийная обсыпка и полиэтиленовые патрубки различных размеров. Наиболее практичными и надежными в эксплуатации оказались полиэтиленовые трубки диаметром 28 мм, длиной 40 –

50 см. Как показали наблюдения, фильтровая обсыпка и полиэтиленовые трубки препятствовали заилению трубопроводов.

Заиление поливных трубопроводов приводит к неравномерному распределению поливных струй по их длине, что является одним из основных недостатков системы. Заиление трубопроводов зависит от многих факторов, в частности от мутности воды в источнике орошения, от попадания илистых частиц через поливные отверстия трубопроводов из воронок размыва.

Для удаления илистых частиц, плавающего мусора и т.п. в закрытой сети предусмотрена промывка путем открытия специальных задвижек "Лудло", расположенных в конце поливных трубопроводов. Исследования показали, что промывку поливных трубопроводов необходимо проводить после каждого вегетационного полива максимальными расходами воды.

Широкорядные посевы хлопчатника, применение закрытой оросительной сети и оптимальных элементов техники бороздкового полива способствуют лучшему росту и развитию растений, увеличению урожая хлопка-сырца по сравнению с существующими техникой и технологией поливов.

УДК 631.674.5:621.647.2

Агрохимик А.С.ДОЛМАТОВ

НЕКОТОРЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ "ФРЕГАТ" В УСЛОВИЯХ ЧАРДЖОУСКОГО ОАЗИСА

Большое применение в нашей стране получили дождевальные машины, позволяющие механизировать такой трудоемкий процесс, как полив сельскохозяйственных культур. При этом достигается равномерность полива на орошаемой площади и более рациональное использование оросительной воды, значительно повышается производительность труда при поливе, улучшается микроклимат. На обслуживаемой дождевальной машиной "Фрегат" территории температура воздуха понижается в среднем на 7 - 8°C, повышается относительная влажность его.

В 1979 г. на опытном участке Чарджоуской опытно-мелиоративной

станции* продолжалось изучение работы дождевальной машины "Фрегат" при орошении посевов кукурузы и люцерны. Было дано три полива поливной нормой по 600 м³/га. Источником воды для орошения служил Главный левобережный коллектор. Водозабор осуществлялся с помощью насосной станции СНП-75/100 и АТН-14. Минерализация коллекторно-дренажной воды колебалась от 1,5 до 2,7 г/л.

Наблюдения за работой машины показали, что на неравномерность полива влияет микрорельеф орошаемой местности. На пониженных участках, где влажность почвы более высокая и несущая способность почвы понижена, происходит отставание или опережение отдельных тележек. Пестрота микрорельефа в пределах орошаемого круга определяет синхронность движения тележек дождевальной машины. Много времени затрачивается на выявление и устранение причин изгиба трубопровода, от чего в большой степени зависит производительность машины. В связи с этим следует использовать дождевальные машины "Фрегат" на полях со спокойным рельефом. В необходимых случаях на участках, выделенных под полив дождевальной машиной "Фрегат", должна проводиться планировка земель. В этом случае машина работает хорошо.

За один оборот машина поливает площадь 38 га. Средняя интенсивность дождя 0,20 - 0,32 мм/мин. Расход воды дождевальным аппаратом при работе насоса СНП-75/100 составляет 64 л/с. Замена сливных клапанов 6 насадками от ДДА-100М позволила увеличить расход воды до 72 л/с (через эти насадки сливалась оставшаяся вода после окончания полива). Замеры скоростей движения дождевальной машины при различных положениях крана-задатчика показали, что насос СНП-75/100 по своим параметрам более пригоден для полива, чем насос АТН-14.

Анализ данных влажности почвы показывает, что поливная норма при поливе дождеванием существенно влияет на глубину промачивания. Так, при поливе нормой 600 м³/га глубина промачивания почвы достигала в сред-

Поливные нормы машины "Фрегат"

Поло- жение крана регу- лято- ра	СНП-75/100		АТН-14	
	(расход воды 64 л/с, на- пор 5 атм)	(расход воды 44 л/с, на- пор 4,5 атм)	(расход воды 64 л/с, на- пор 5 атм)	(расход воды 44 л/с, на- пор 4,5 атм)
	час	м ³ /га	час	м ³ /га

*Почвы опытного участка характерны для приазовских песчаных земель. Пески мелкозернистые. Грунтовая вода залегала на глубине от 1 до 1,5 м с минерализацией от 1,2 до 2,8 г/л.

А	34	250	55,0	280
Б	41	303	62,0	317
В	50	366	76,5	396
Г	83	606	99,5	501
Д	142	1247	144,0	600

нем 60 см, а при норме 1000 м³/га — до 1 м.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что для повышения производительности дождевальной машины "Фрегат" на поливе необходима планировка земель, отводимых под полив дождеванием. Эксплуатационные параметры насоса СНП-75/100 достаточны для осуществления поливного режима У1 гидромодульного района.

УДК 631.432/439:631.67

Математик А.САПАРМУРАДОВ

РАСЧЕТЫ СКОРОСТИ ВПИТЫВАНИЯ ВОДЫ В ПОЧВУ

Впитывание воды в почву — сложный процесс, зависящий от многих факторов, точное описание которого представляет значительные трудности. В данной статье приведена упрощенная математическая модель впитывания воды и ее дальнейшего передвижения в исходно сухих почвогрунтах.

Скорость впитывания воды определяется по зависимости, предложенной Хортоном:

$$v = (v_n - v_y) e^{-k_s t} + v_y, \quad (1)$$

где v — скорость впитывания;
 v_n — начальная скорость впитывания;
 v_y — установившаяся скорость впитывания;
 e — основание натурального логарифма;
 k_s — коэффициент пропорциональности впитывания, 1/2;
 t — продолжительность впитывания.

Слой впитавшейся воды h определяется по формуле:

$$h = h_s (1 - e^{-k_s t}) + v_y t. \quad (2)$$

Параметры v_n , v_y , h_s и k_s взаимосвязаны между собой следующим соотношением:

$$h_s = \frac{v_n - v_y}{k_s} \quad (3)$$

Величину h_s предлагается именовать емкостью впитывания верхнего слоя почвогрунта, через который происходит фильтрация воды в

нижележащие горизонты грунтов. Значения h_s и v_y определяют опытным путем.

Свободная емкость впитывания $h_{св}$ равна в момент времени при инфильтрации:

$$h_{св} = h_s e^{-k_s t} \quad (4)$$

Время, за которое заполнится половина свободной емкости впитывания толщи почвогрунтов, предлагается именовать периодом полувпитывания.

Период полувпитывания T_s и коэффициент пропорциональности впитывания k_s взаимосвязаны между собой следующим уравнением:

$$T_s = \frac{\ln 2}{k_s} = \frac{0.693}{k_s}. \quad (5)$$

Влажность по глубине почвогрунта при длительной инфильтрации характеризуется следующей зависимостью:

$$w_z = w_s - (w_s - w) e^{\delta(1 - \frac{z}{Z})}, \quad (6)$$

где Z — глубина увлажнения (промачивания);

w_z — влажность на глубине;

w — природная влажность почвогрунта;

w_s — влажность, соответствующая полному водонасыщению почвогрунта;

δ — коэффициент, определяемый опытным путем в пределах 5 — 7,5.

Величина w_s равна разности между пористостью почвогрунта и количеством заземленного воздуха (5 — 15 %).

Глубина промачивания почвогрунта пропорциональна слою впитавшейся воды:

$$Z = \frac{h_s (1 - e^{-k_s t}) + v_y t}{C} = \frac{h}{C}, \quad (7)$$

где C — коэффициент пропорциональности, определяемый по формуле:

$$C = (w_s - w) \cdot (1 + \frac{\delta}{2}). \quad (8)$$

Скорость движения влаги в грунтовой толще v_z пропорциональна скорости впитывания:

$$v_z = \frac{(v_n - v_y) e^{-k_s t} + v_y}{C} = \frac{v}{C}. \quad (9)$$

от водно-физических свойств почвогрунта, степени сложности рельефа и техники полива.

УДК 631.67:624.131.38

Инж.-гидротехник С. БЕКИЕВ

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСАДОЧНЫХ ЗЕМЕЛЬ

При орошении земель Прикопетдагской зоны Туркменской ССР в первый же год их освоения, несмотря на лимитированные поливы, на полях наблюдаются просадочные деформации, которые проявляются в отдельных местах в виде замкнутых блюдечек. В дальнейшем отдельные депрессии сливаются, образуя обширные пониженные участки поля. Максимальная величина просадки в этих понижениях достигает 70 см. Такие просадочные деформации наблюдаются на орошаемых полях Гяурского массива.

Для выявления причины просадочности грунта в зоне деформации и сравнения водно-физических свойств его с устойчивыми участками поля проводились наблюдения за динамикой влажности почвы, удельной плотностью и объемной массой, пористостью, гранулометрическим составом. Для этого в зоне просадочной деформации и вне ее пробурены скважины глубиной 10 м. Образцы почвы на влажность и механический состав отбирались через 25 см, а образцы с ненарушенной структурой для определения объемной массы — 50 см.

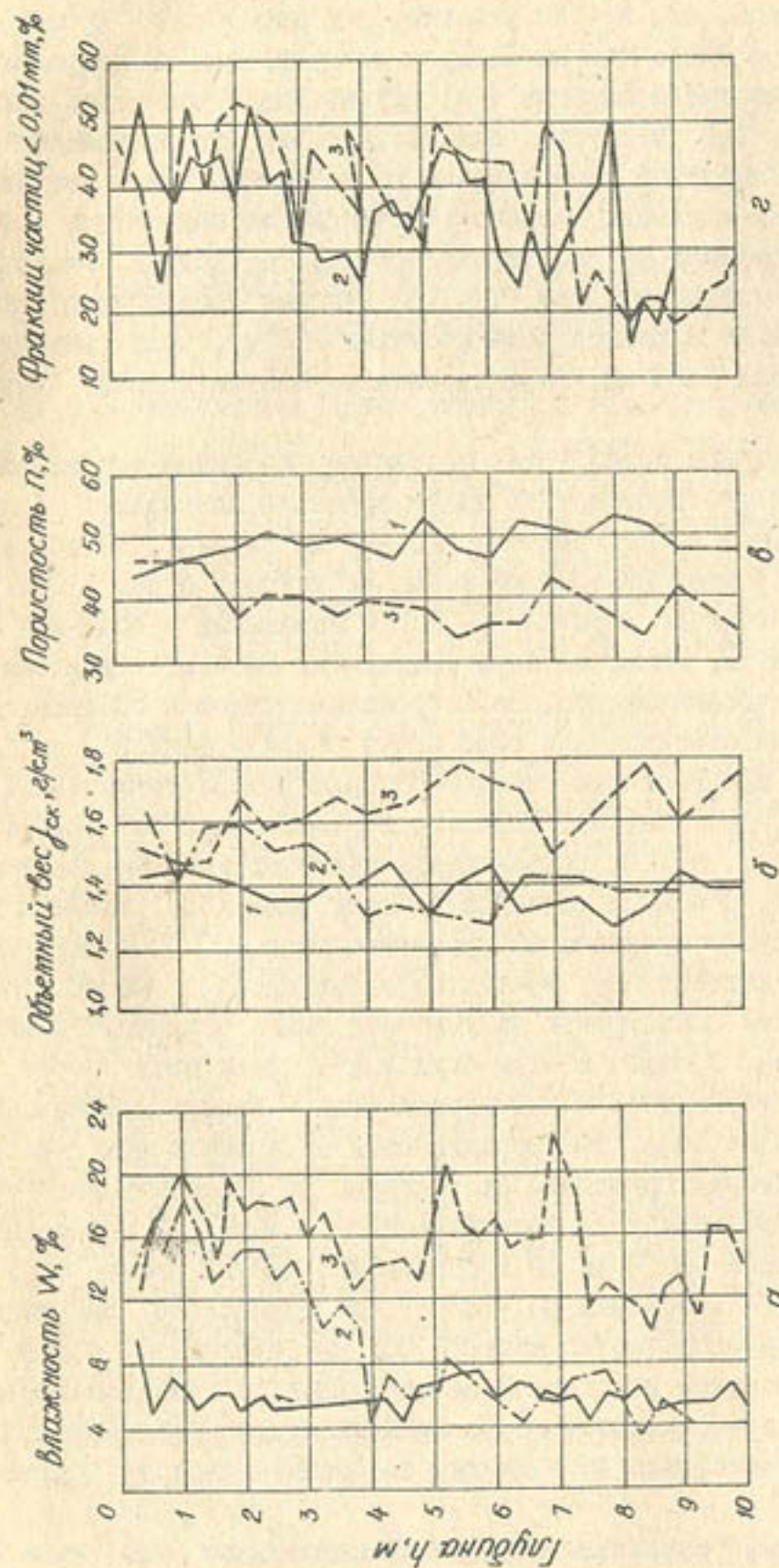
Лессовые грунты исследуемого участка средне- и сильнопросадочные, мощностью от 10 до 16 м. Грунтовые воды залегают на глубине 20 м. Природная влажность грунта составляет 5 — 7%, объемная масса скелета грунта изменяется от 1,30 до 1,55 г/см³, естественная пористость составляет 46 — 53%. Грунтовая толща представлена лессовидными суглинками с преобладанием в гранулометрическом составе крупнопылеватой фракции — 0,05 — 0,01 мм. Полив проводился по бороздам, нарезанным через 0,6 — 1,0 м, имеющим уклон 0,008^ж. Длина поливных борозд 400 м.

^ж Поле орошается в течение трех вегетационных периодов. В первый поливная норма составила 7000 м³/га, во второй — 6080 и в третий — 6000 м³/га.

Динамика влажности почвы в % к сухому весу по глубине показывает (см. рисунок, а), что на участке, где произошла просадка, грунт увлажнился более чем на 10 м, в то время как на непросевшем участке влага достигла глубины 4 м, глубже она почти равна исходной. Начиная от 1 м и глубже, влажность почвы накапливается до ППВ. В верхнем метровом слое заметно расходование влаги на испарение. По данным динамики влажности почвы можно подсчитать объем воды, израсходованной на заполнение пор грунта, исходя от исходного содержания влаги в почве. Так, на участке просадочной деформации диаметром 14 м расход воды составил 222 м³, или впитался слой воды высотой 1485 мм, на непросевшем участке в почву впиталось 528 мм.

По мере насыщения водой грунт проседает, свойства его изменяются. Так, на непросевшем грунте влага проникла на глубину 4 м и изменение объемной массы произошло на эту же глубину. На просадочном участке объемная масса изменилась на глубину более 10 м. В верхних слоях почвы до глубины 1 — 1,5 м изменений в объемной массе не наблюдается. Ниже, по мере увеличения гидростатического давления, объемная масса увеличивается. На непросевшем участке объемная масса ниже 4 м не изменилась и была почти равна исходной — от 1,28 до 1,47 г/см³, на просевшем участке объемная масса увеличилась до 1,76 г/см³ (см. рисунок, б). Пористость уменьшилась от 48,5% до 35% (см. рисунок, в). На сравниваемых участках исходные величины влажности почвы, объемной массы были почти одинаковы. После подачи воды, она глубже проникла на просевшем участке. Поскольку внешних признаков наличия пор, трещин не наблюдалось, можно было предположить, что почвогрунты на участках имеют различия в механическом составе. В связи с этим были взяты пробы почв через 25 сантиметров до глубины 10 м для определения гранулометрического состава. Анализ показал, что верхний слой на просадочном участке сложен более легкими грунтами. Это, видимо, и способствовало проникновению влаги в почву на большую глубину, чем на непросевшем участке. На глубине от 3 до 10 м содержание частиц менее 0,01 мм почти одинаково — в среднем 40 — 42%, что характерно для лессового грунта. При этом частиц менее 0,001 мм содержится больше в грунте на непросевшем участке. В целом данные по гранулометрическому составу для обоих участков не выявили ярко выраженного признака, который можно было бы с полным основанием считать причиной просадочности.

Таким образом, результаты наблюдений показывают, что, несмотря



Графики изменения водно-физических свойств
лессовых грунтов при просадке на сравняемых участках:
1 — исходная; 2 — на непросевшем участке; 3 — в центре
просадочной деформации

на малые нормы полива, влага проникает за короткий срок на большие глубины, вызывая изменение водно-физических свойств грунта. Это позволяет считать, что разница в просадочности соседних участков, где одинаковы исходные данные и почти идентичен гранулометрический состав, обусловлена проникновением влаги на большую глубину. Поливная вода, накапливаясь в микропонижениях, проникает вглубь, ослабляет связи между частицами, вследствие чего грунт под действием собственной массы проседает.

УДК 624.131.38

Канд. с.-х. наук В.К. ГАФУРОВ,
инж.-гидротехник С. БЕКИЕВ

РАСЧЕТ ОЖИДАЕМЫХ ПРОСАДОК ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ НА ОРОШАЕМЫХ МАССИВАХ

В теории и практике строительства оросительных систем на просадочных грунтах значительное распространение получили работы, посвященные расчетам величин просадок лессовых грунтов при их замачивании в зависимости от формы и размеров увлажненной зоны [3, 4, 6]. Показано [1, 5, 6], что чем меньше площадь замачиваемого грунта, тем меньше величина просадки за счет удерживающего эффекта сил сцепления и трения окружающего неувлажненного массива. Подчеркнуто [4], что полная величина просадки от собственной массы проявляется обычно при замачивании площадей, ширина которых 0,6 – 1,0 величины просадочной толщи.

Зависимости, выведенные разными авторами [3, 4, 5, 6], позволяют рассчитать распределение вертикальных напряжений и величин ожидаемых просадок при взаимодействии замоченных грунтов с незамоченными, причем площадь увлажнения заранее известна или принимается соизмеримой с толщиной лессового массива.

В орошаемом земледелии, когда увлажняются большие площади просадочных земель, значительный интерес представляет получение расчетных схем ожидаемых размеров просадок по площади и глубине.

При подаче воды на орошаемые поля отношение ширины увлажнения к толщине просадочного слоя обычно изменяется от 5 до 10 раз. В случае поддержания на полях или картах слоя воды толща почвогрунтов увлажняется неравномерно из-за неровностей поверхности грунта,

различий в литологическом составе, наличия ходов землероев, отмеченных корней растений. Зона увлажнения в таких местах во времени увеличивается по глубине и в стороны. Просадка грунта возникает как при увлажнении по глубине, так и при определенных поперечных размерах контура увлажнения. Здесь задача сводится к отысканию размеров просадочных депрессий, когда контур увлажнения формируется без заранее заданного фронта замочки.

Для выявления размера просадок проводились наблюдения на орошаемых массивах плодовоовощного совхоза № I Гяурского района. Лесовые грунты средне- и сильнопросадочные имеют мощность от 10 до 16 м. Грунтовые воды находятся на глубине 20 м.

Наблюдения, проведенные на замоченных котлованах и орошаемых участках большой площади, показали, что просадки на них происходят неравномерно, а конфигурация понижений близка к круговой — на землях с малыми уклонами поверхности или эллипсоидальной — на землях со значительными уклонами, причем большая ось эллипса обычно расположена вдоль уклона. Внутри равномерно замоченных котлованов со сторонами 100 x 50 м и 50 x 50 м наблюдались отдельные понижения, хотя здесь можно было ожидать равномерного оседания поверхности грунта по площади всего котлована. Как в котлованах, так и на орошаемых массивах просадочные понижения располагаются локально, чередуясь с непросевшими участками. Такие формы просадок, по-видимому, обусловлены тем, что между просевшими участками возникают уплотненные зоны, образующиеся за счет горизонтального сжатия. Такие же явления наблюдались вдоль Каракумского канала в зоне просадочных грунтов. Вода, фильтруясь из канала, увлажняла почвогрунт вдоль него приблизительно равномерно, но просадки произошли локальные.

Во всех отмеченных случаях просадочные депрессии имели форму, близкую к круговой. На рис. 1 приведены характерные виды и размеры просадочных понижений, образующихся в замоченных в течение года котлованах и на орошаемых полях, занятых виноградниками, луком, морковью, хлопчатником.

Размеры и форма просадочных депрессий показывают, что просадка массива грунта происходит при нарушении его предельного состояния равновесия по наименьшей, цилиндрической поверхности. Верхняя часть грунтового массива не подвергается просадочным деформациям из-за незначительного бытового давления, увлажнение же этой зоны почти одинаковое на всей орошаемой территории. На рис. 2 показана расчетная схема увлажненной просадочной толщи.

Состояние предельного равновесия массива просадочного грунта может быть выражено в следующем виде:

$$P = T, \quad (1)$$

где P — масса массива грунта в зоне просадочной депрессии, т;

T — удерживающая сила трения и сцепления, т/м².

Из расчетной схемы (рис. 2) имеем:

$$P = \pi R^2 j \cdot Z; \quad (2)$$

$$T = 2\pi R \cdot z \cdot \tau.$$

Здесь j — объемная масса грунта, т/м³;

τ — касательное напряжение. Общеизвестно, что для связных грунтов

$$\tau = c + \sigma \cdot f,$$

тогда

$$T = 2\pi R \cdot z (c + \sigma \cdot f), \quad (3)$$

где f — коэффициент внутреннего трения;

c — удельное сцепление грунта, т/м².

При получении зависимостей (2) и (3) сделаны следующие допущения: I — масса массива грунта подсчитывается для естественной влажности почвы, масса воды и взвешивающее ее действие приняты равными; 2 — в связи с неясностью величины влажности почвы, находящейся в плоскости контакта увлажненного просадочного массива с окружающим неувлажнен-

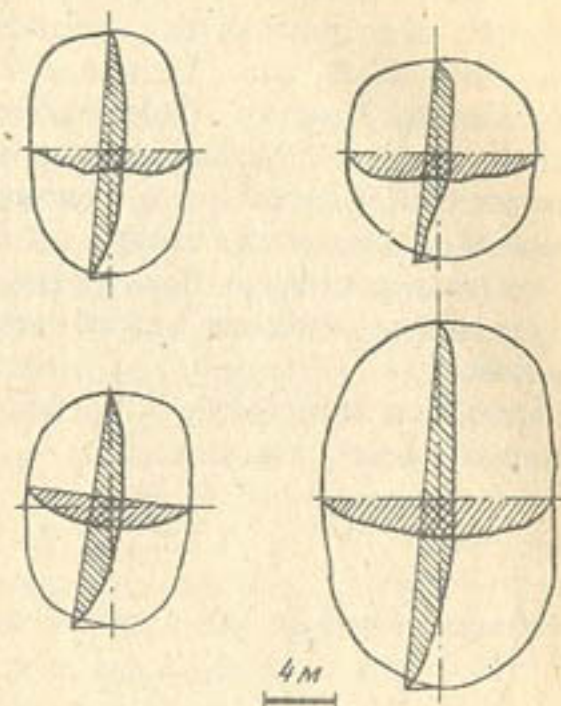


Рис. 1. Характерные просадочные понижения (штриховкой показаны поперечные профили)

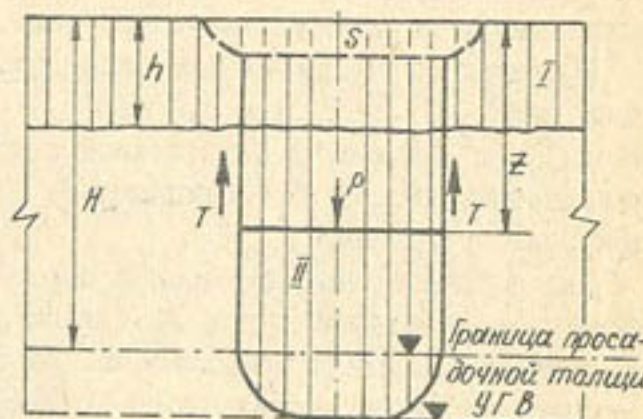


Рис. 2. Расчетная схема

ным грунтом, принято, что удерживающие силы T действуют по всей высоте z . Хотя верхняя часть массива высотой h не имеет просадочных деформаций, она сдвигается по отношению к увлажненному, но не просевшему участку I. Коэффициенты f и C должны иметь разные значения для I и II зон массива, но коэффициент меняется при увлажнении незначительно, а C , уменьшаясь в несколько раз [2], не оказывает существенного влияния на точность расчетов. В принципе все эти допущения могут быть учтены, но это вызовет необоснованное усложнение выводимых зависимостей, незначительно повысив их точность.

Подставляя зависимости (2) и (3) в выражение (1) и производя сокращения, получаем:

$$R = \frac{2(\sigma \cdot f + C)}{f} \quad (4)$$

Нормальное напряжение в грунте среднее для слоя будет равно:

$$\sigma = \frac{1}{2} f \cdot z \quad (5)$$

С учетом формулы (5) выражение (4) примет вид:

$$R = \frac{2(0,5 f \cdot z \cdot f + C)}{f} \quad (6)$$

Размер просадочной депрессии согласно выражению (6) зависит от свойств грунта — объемной массы, угла внутреннего трения, сил сцепления и толщины увлажненного слоя.

В природном состоянии лессовые грунты в условиях Гяурской долины имеют C от 2,5 до 5,0 т/м², f от 0,35 до 0,45, δ от 1,4 до 1,7 т/м³. Для этих показателей и для z от 10 до 16 м диаметры просадочных депрессий составляют от 12 до 26 м, что наблюдалось в природных условиях.

Для подсчета объемов засыпок образовавшихся просадок на орошаемом поле необходимо знать не только размер депрессий в плане, но и величину ожидаемых максимальных просадок, наблюдаемых обычно в центральной части просадочного понижения. С целью определения величин просадок производят компрессионные испытания лессовых грунтов для отдельных слоев с определением относительных значений деформаций под действием замачивания и нагрузки. Связь между относительной просадкой и удельным давлением имеет вид [6]:

$$\delta = \beta \cdot \sigma^m, \quad (7)$$

где δ — просадка грунта;

σ — удельное давление;

β, m — параметры, определяемые по данным компрессионных испытаний.

Просадочность лессовых грунтов при одном и том же значении удельного давления разная, поэтому величины коэффициентов и различны, что затрудняет использование зависимости (7). С целью получения постоянных значений β и m нами были обобщены материалы компрессионных испытаний лессовых грунтов с различной относительной просадочностью и все данные перестроены в безразмерной системе координат. Величины просадочности и удельного давления отнесены к их максимальным значениям (δ_{max} и σ_{max}). На компрессионных кривых величина относительной просадочности достигает максимума и изменяется незначительно при определенном удельном давлении, которое в точке выполаживания кривой $\delta = f(\sigma)$ принимается за σ_{max} . На рис. 3 показан график перестроенных компрессионных кривых, по которому видно, что для лессовых грунтов с различной степенью просадочности существует одна кривая зависимости $\delta_o = f(\sigma_o)$, которая имеет следующее выражение:

$$\frac{\delta}{\delta_{max}} = 1,48 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{max}} \right)^{0,83}, \quad (8)$$

отсюда

$$\delta = 1,48 \delta_{max} \left(\frac{\sigma}{\sigma_{max}} \right)^{0,83}. \quad (9)$$

Определение δ по принятому σ сводится к нахождению величин δ_{max} и σ_{max} . И в этом случае не обязательно получение всей компрессионной кривой, достаточно нахождение точки стабилизации просадки и соответствующее ей удельное давление. Обобщение данных компрессионных испытаний позволило прийти к выводу, что σ_{max} находится в пределах от 0,3 до 0,4 МПа, поэтому отыскание δ_{max} можно проводить для этих значений, без промежуточных испытаний, что значительно сократит время на опыты.

Таким образом, вместо получения многоточечного графика для построения компрессионной кривой, испытание лессового грунта на просадочность можно свести к одноточечному определению, когда находится стабилизированная величина просадки, которая при дальнейшем увеличении давления на грунт заметно не изменяется. При этом появляется возможность разработки прибора, позволяющего непосредственно в полевых условиях определять δ_{max} по одному значению σ_{max} .

Определение объема просадочных депрессий производится по формуле:

$$V = \frac{1}{2} S \pi (R^2 + R_1^2), \quad (10)$$

где V — объем просадочных депрессий, m^3 ;

R — радиус просадочной депрессии по дну, m ;

R_1 — радиус просадочной депрессии по верху, m ;

S — максимальная величина просадки в центре, m .

По данным работы / 6 /, $R_1 = 1,5 R$. S определяется как сумма произведений δ_i на высоту слоя h_i . Если δ определяется как средневзвешенная величина для всей просадочной толщи, тогда:

$$S = \delta \cdot Z \quad (11)$$

Подставляя зависимости (6), (9) и (11) в выражение (10), получаем:

$$V = 23,24 \frac{(b \cdot f + c)^2}{f^2} \cdot \delta_{max} \left(\frac{\delta}{\delta_{max}} \right)^{0,63} \cdot Z. \quad (12)$$

Имея данные по водно-физическим свойствам грунта, можно по формуле (12) производить расчет ожидаемых объемов планировки по одной просадочной депрессии. При увлажнении больших орошаемых территорий число просадочных депрессий зависит от различных факторов — уклона местности, объемов поливных норм, качества планировки, наличия трещин, ходов землероев, отмерших корневищ и др. Нами наблюдениями установлено, что на орошаемом поле, за-

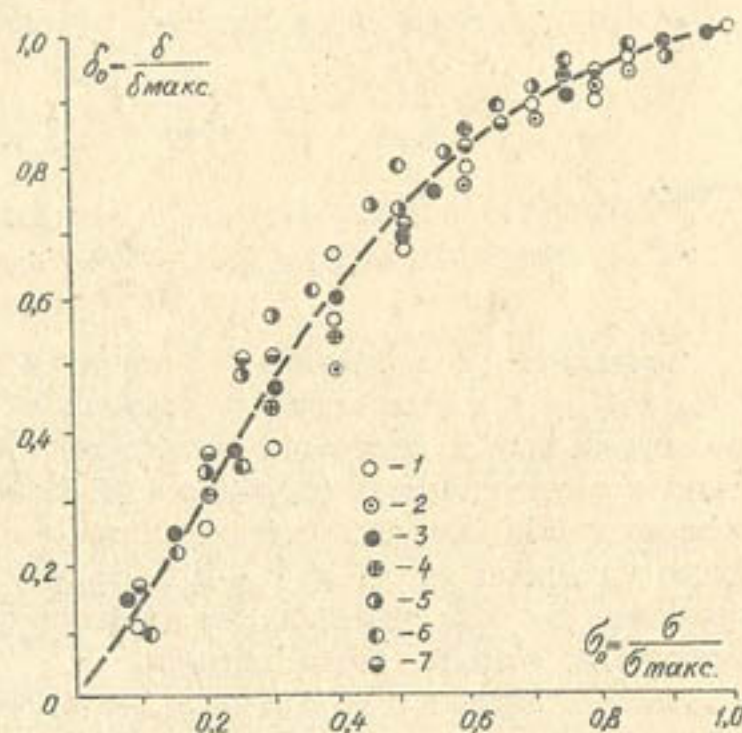


Рис. 3. График зависимости $\frac{\delta}{\delta_{max}} = f\left(\frac{\delta}{\delta_{max}}\right)$:

1 — Ширван; 2 — Казах; 3 — Сумгаит / 6 /;
4 — Искандер; 5 — Гяурс; 6 — Кизил-Арват;
7 — ТуркменНИИГиМ (полигон)

нятом луком и хорошо спланированным (после капитальной планировки), в течение первого года освоения при интенсивном орошении образовывалось три просадочных депрессии на 1 гектар. На поле, занятом виноградником, где поливы проводились редко с продолжительными межполивными периодами, образовывалась одна депрессия на 2 гектара.

Расчет по формуле (12) позволил составить прогноз ожидаемых просадок на орошаемых полях и объем их планировок, которые составили от 200 до 500 m^3 /га. После получения зависимостей для расчета R , δ и V в 1979 г. проводились наблюдения на вновь осваиваемых землях, где фактически возникающие просадки сравнивались с заранее подсчитанными размерами просадочных депрессий. Относительная ошибка в определении радиуса составила 5 — 15 %, величины просадки в центре — 10 — 20 % и объема депрессии — 15 — 30 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьян А.А. Прогноз просадки грунтовой толщи при замачивании через небольшой в плане глубокий водосточник. — "Основания, фундаменты и механика грунтов", 1968, № 6.
2. Канатов В.О. Деформативные свойства лессового грунта, уплотненного гидровибрационным способом. — Труды ВНИИГиМа: Новые способы строительства и гидравлика гидротехнических сооружений. М., 1978, вып. 4.
3. Колманов А.В. К расчету возможной просадки лессового массива в условиях природного напряженного состояния. — В сб.: Новые способы строительства и гидравлика гидротехнических сооружений. М., 1978, вып. 4.
4. Крутов В.И., Дьяконов В.П. Расчет просадок лессовых грунтов от собственного веса с учетом формы и размеров увлажненной зоны. — "Основания, фундаменты и механика грунтов", 1973, № 3.
5. Крутов В.И. Расчет фундаментов на просадочных грунтах. М., Стройиздат, 1972.
6. Мустафаев А.А. Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах. М., "Высшая школа", 1979.

УДК 551.49.018/491.7

Математик М.Ч.ГАРАГУЛОВ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВОГРУНТОВ ЗОНЫ АЭРАЦИИ ЭКСПРЕСС-
НАЛИВАМИ ПРИ СВОБОДНОМ ОПУСКАНИИ ГОРИЗОНТА ВОДЫ
(ПО СКОРОСТИ ВПИТЫВАНИЯ)

Методика применяется в случае, когда за короткое время необходимо определить фильтрационные параметры почвогрунтов зоны аэрации исследуемого массива земель, а также при отсутствии оборудования, при помощи которого поддерживается постоянный горизонт воды в учетном кольце или осуществляется водоподача с постоянным расходом.

Техника проведения опыта. При помощи технических приемов достигается одномерность фильтрационного потока в вертикальном направлении. Это может быть при наливе в двухкольцевой инфильтрометр или цилиндр, насаженный на монолит грунта и т.д. За сравнительно короткое время (почти мгновенно) над грунтом создается слой воды заданной глубины, в дальнейшем водоподача отсутствует. Опыт продолжается до тех пор, пока глубина слоя воды в учетном кольце не станет равной нулю. В ходе опыта измеряется скорость впитывания по скорости снижения горизонта воды в учетном кольце.

По полученным данным строят плавную кривую скорости впитывания во времени, чтобы суммы отклонений точек от кривой вверх и вниз были одинаковы. Кроме графика скорости впитывания, необходимо зафиксировать первоначальную глубину слоя воды в учетном кольце. По окончании опыта в центре учетного кольца пробуривается скважина и определяется глубина промачивания.

Методика обработки результатов. Фильтрационные параметры исследуемых грунтов зоны аэрации определяются по формулам:

$$k = j \cdot \frac{v_*}{1 - \frac{H_0}{e_*}}, \quad (1)$$

$$\mu = \alpha \cdot \frac{v_* \cdot t_*}{e_*}, \quad (2)$$

$$H_k = \delta \cdot e - (\delta + 1) \cdot H_0, \quad (3)$$

где k — коэффициент фильтрации;
 μ — недостаток водонасыщения;
 H_k — капиллярный вакуум;
 H_0 — начальная глубина слоя воды в учетном кольце ($t = 0$);
 v_* — скорость впитывания в момент времени t_* ;
 e_* — глубина промачивания в момент времени t_* ;
 t_* — продолжительность опыта;
 α — коэффициент, определяемый по известному j (табл. 1);
 δ — коэффициент, определяемый по известному j (табл. 2);

Таблица 1

Значения функции $\alpha = \alpha(j)$ в промежутке $0 \leq j \leq 1$

$j =$	0	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\alpha =$	2	1,99	1,96	1,93	1,90	1,86	1,82	1,78	1,75	1,71	1,67	1,63
$j =$	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	0,99	1
$\alpha =$	1,59	1,54	1,50	1,45	1,40	1,35	1,29	1,21	1,12	1,06	1,03	1

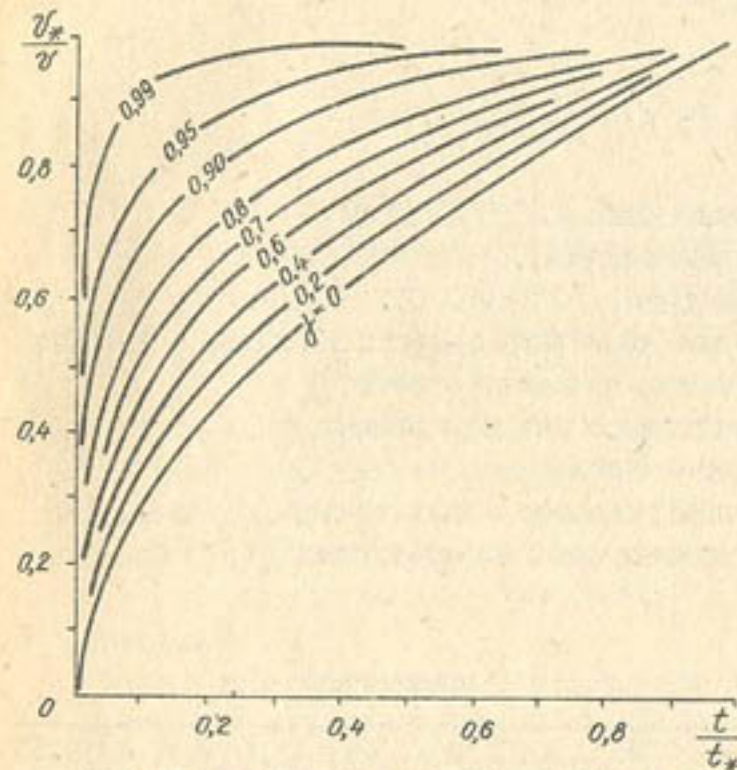
Таблица 2

Значения функции $\delta = \delta(j)$ в промежутке $0 \leq j \leq 1$

$j =$	0	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\delta =$	∞	99	19	9	5,7	4,0	3,0	2,33	1,86	1,50	1,22	1,00
$j =$	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	0,99	1
$\delta =$	0,82	0,67	0,54	0,43	0,33	0,25	0,18	0,11	0,05	0,02	0,01	0

j — безразмерный коэффициент, определяемый следующим образом:

а) на графике скорости впитывания взять по оси t точку, соответствующую окончанию опыта, и зафиксировать ее (t_*), затем на кривой $v(t)$ найти скорость впитывания v_* , соответствующую данному t_* ;



6) вычислив несколько значений t/t_* ($t < t_*$) и v_*/v ($v_* < v$) и нанеся на эталонные кривые (рис. I) эти точки, определить коэффициент f . Если опытные точки не попадают в область эталонных кривых, то предлагаемая методика не применима.

Рис. I.
Эталонные кривые
для определения
коэффициента
при экспресс-
наливах

Теоретическое обоснование методики. В гидравлической теории влагопереноса влажность грунта в увлажненной зоне принимается равной пористости, а влагопроводность — коэффициенту фильтрации, поэтому уравнение неразрывности $\partial v / \partial z = 0$ позволяет получить из закона Дарси

$$v = -k \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} - 1 \right) \quad (4)$$

дифференциальное уравнение для определения капиллярного потенциала в увлажненной зоне:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = 0, \quad (5)$$

где v — расход фильтрации на глубине z ;

ψ — капиллярный потенциал на глубине z ;

z — вертикальная координата, направленная вниз.

Краевые условия рассматриваемой задачи таковы:

$$\psi = H_0 - \mu \cdot e \quad \text{при } z = 0, \quad (6)$$

$$\psi = -H_k \quad \text{при } z = e, \quad (7)$$

где e — глубина промачивания в момент времени t .
Решение уравнения (5), удовлетворяющее условиям (6) и (7), имеет вид:

$$\psi(z) = H_0 - \mu \cdot e (H_0 - \mu \cdot e + H_k) \frac{z}{e} \quad (0 \leq z \leq e) \quad (8)$$

Движение фронта увлажнения описывается кинематическим уравнением:

$$\mu \cdot de - v(e) \cdot dt, \quad (9)$$

где $v(e)$ — расход фильтрации на глубине e от поверхности грунта, определяемый из закона Дарси (4) с учетом зависимости (8):

$$v(e) = k \left(1 - \mu + \frac{H_0 + H_k}{e} \right). \quad (10)$$

Тогда уравнение (9) примет вид:

$$\mu \frac{de}{dt} = k \left(1 - \mu + \frac{H_0 + H_k}{e} \right). \quad (11)$$

Это — основное уравнение гидравлической теории влагопереноса в вертикальном направлении для экспресс-опытов. Уравнение (11) имеет следующее решение:

$$\frac{k t}{\mu (H_0 + H_k)} = \frac{1}{(1 - \mu)^2} \cdot f \left[\frac{(1 - \mu) e}{H_0 + H_k} \right], \quad (12)$$

удовлетворяющее начальному условию: $(0) = 0$,

где $f(\xi) = \xi - e_n (1 - \xi).$ (13)

При учете зависимости (10) решение (12) принимает вид:

$$\frac{k t}{\mu (H_0 + H_k)} = \frac{1}{(1 - \mu)^2} \cdot f \left[\frac{k (1 - \mu)}{v - k (1 - \mu)} \right], \quad (14)$$

где v — скорость впитывания в момент времени t .

Решение (14) напишем для момента времени t_* :

$$\frac{k t_*}{\mu (H_0 + H_k)} = \frac{1}{(1 - \mu)^2} \cdot f \left[\frac{k (1 - \mu)}{v_* - k (1 - \mu)} \right]. \quad (15)$$

Разделив уравнение (I4) на уравнение (I5) и выполнив некоторые преобразования, получим параметрическое уравнение:

$$f\left(\frac{zj}{1-zj}\right) = q \cdot f\left(\frac{j}{1-j}\right), \quad (I6)$$

где

$$z = \frac{v_*}{v}, \quad q = \frac{t}{t_*} \quad \text{и} \quad j = \frac{(1-\mu)k}{v_*}. \quad (I7)$$

Как выше отмечено, в гидравлической теории влагопереноса влажность грунта в увлажненной зоне принимается равной пористости, поэтому слой воды H_0 , впитывающейся в грунты зоны аэрации за время опыта, увлажняет почву до глубины:

$$H_0 = \mu \cdot e_* \quad (I8)$$

С учетом этой зависимости из обозначения (I7) получим формулу (I) для определения коэффициента фильтрации. С учетом зависимостей (I) и (I8) из закона Дарси (I0), записанного для момента времени, получим формулу (3) для определения капиллярного вакуума, при этом:

$$\theta = \frac{1}{j} - 1 \quad (I9)$$

Для определения недостатка водонасыщения имеем формулу (I8). Формулу (2), по которой недостаток водонасыщения определяется через скорость впитывания, получим из уравнения (I5) с учетом зависимостей (I), (3) и (I8), при этом:

$$a = \frac{j^2}{(1-j) \cdot f\left(\frac{j}{1-j}\right)} \quad (20)$$

Корень j уравнения (I6) по известным параметрам z и q ($0 < z, q < 1$) находится по эталонным кривым, которые, как видно из рис. I, занимают небольшую область на плоскости над параболой. Выясним, что будет, если опытные точки окажутся вне области эталонных кривых. Параметрическое уравнение (I6) перепишем в виде:

$$q = \frac{f\left(\frac{zj}{1-zj}\right)}{f\left(\frac{j}{1-j}\right)}$$

В начале опыта расход фильтрации имеет сколь угодно большое значение, поэтому наименьшим значением корня параметрического уравнения (I6) является нуль. В ходе опыта расход фильтрации постепенно снижается и стремится к значению:

$$v_* = k \left(1 + \frac{\mu H_0}{H_0}\right),$$

поэтому наибольшим значением корня j параметрического уравнения (I6) является число

$$j_0 = \frac{H_0 - \mu \cdot H_0}{H_0 + \mu H_0} \quad (21)$$

Теперь выясним, при каких значениях параметров z и q уравнение (I6) имеет корни между нулем и j_0 :

$$\lim_{j \rightarrow j_0} q = \lim_{j \rightarrow j_0} \frac{f\left(\frac{zj}{1-zj}\right)}{f\left(\frac{j}{1-j}\right)} = \frac{f\left(\frac{zj_0}{1-zj_0}\right)}{f\left(\frac{j_0}{1-j_0}\right)} = z.$$

по правилу Лопиталя:

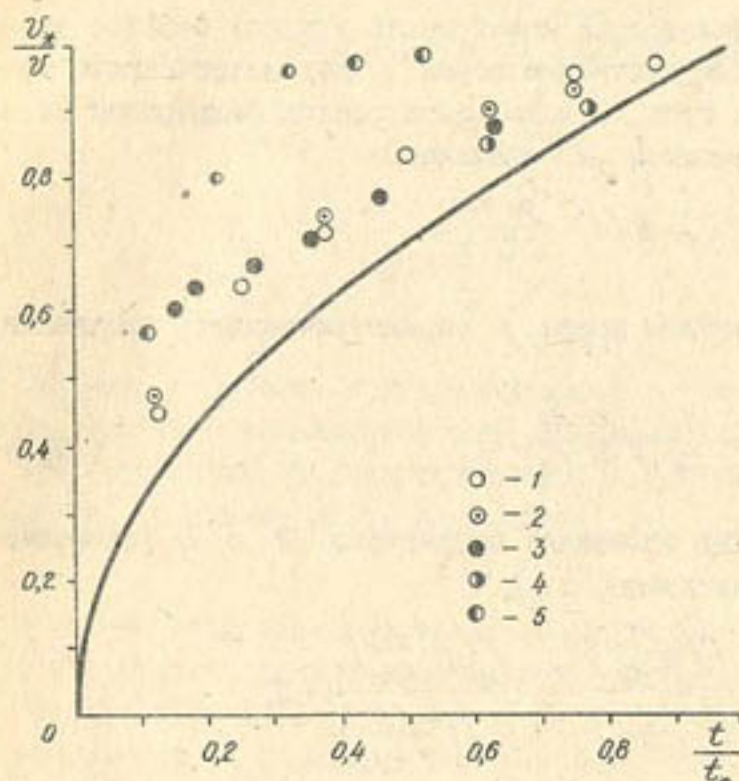
$$\lim_{j \rightarrow 0} q = \lim_{j \rightarrow 0} \frac{f'\left(\frac{zj}{1-zj}\right)}{f'\left(\frac{j}{1-j}\right)} = z^2 \lim_{j \rightarrow 0} \left(\frac{1-j}{1-zj}\right)^2 = z^2$$

Таким образом, уравнение (I6) имеет корни между нулем и j_0 в случае, когда параметры z и q удовлетворяют неравенству:

$$\sqrt{q} \leq z \leq z_0; \quad (22)$$

при $z = \sqrt{q}$ корень $j = 0$ и при $z = z_0$ корень $j = j_0$. Значит, эталонные кривые (рис. I) характеризуют всю область решения параметрического уравнения (I6) и область применимости предлагаемой методики (рис. 2); если опытные точки не попадают в область эталонных кривых, то параметрическое уравнение (I6) не имеет решения и предлагаемая методика не применима. Отметим, что коэффициент j должен получиться равным j_0 .

Практическое применение методики. Над поверхностью супеси почти мгновенно образовался слой воды глубиной 19 см. В этот же момент пускался в ход секундомер и измерялась скорость понижения горизонта воды [2]. Через 230 мин.

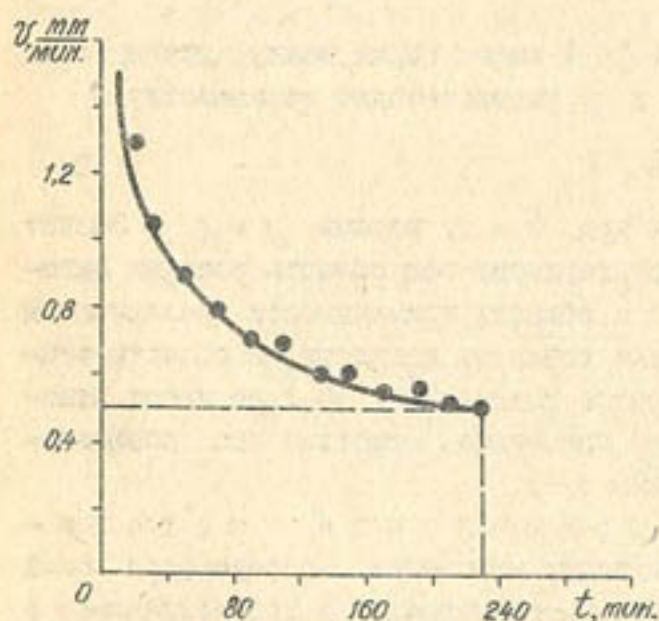


после начала фильтрации горизонт воды опустился до поверхности грунта. В этот момент глубина промачивания была равна 58 см. По полученным данным построен график скорости впитывания (рис. 3). Следует определить фильтрационные параметры супеси. При $t_* =$

Рис. 2.

Относительные скорости впитывания воды в почвогрунты:

1 - песок ($t_* = 40$ мин., $v_* = 3,6$ мм/мин.); 2 - чернозем ($t_* = 40$ мин., $v_* = 2,8$ мм/мин.); 3 - суглинок ($t_* = 110$ мин., $v_* = 1,5$ мм/мин.); 4 - глинистый песок ($t_* = 130$ мин., $v_* = 0,6$ мм/мин.); 5 - жирный суглинок ($t_* = 190$ мин., $v_* = 0,2$ мм/мин.); $H_0 = 250$ мм / 3 /



$= 230$ мин. $= 0,16$ сут скорость впитывания $v_* = 0,5$ мм/мин. $= 0,72$ м/сут. Вычислим параметры:

$$q = \frac{t}{t_*} =$$

$$= 0,2 \quad 0,4 \quad 0,6 \quad 0,8$$

$$z = \frac{v_*}{v} =$$

$$= 0,56 \quad 0,71 \quad 0,83 \quad 0,93$$

Рис. 3.

Скорость впитывания воды при экспресс-наливе

По эталонным кривым (рис. 1) находим $\beta = 0,42$. Из табл. 1 найдем $\alpha = 1,69$. Из табл. 2 найдем $\delta = 1,38$. Учитывая, что $C_* = 0,58$ м, по формуле (1) вычислим коэффициент фильтрации:

$$k = 0,42 \cdot \frac{0,72}{1 - \frac{0,19}{0,58}} = 0,5 \text{ м/сут.}$$

По формуле (2) вычислим недостаток водонасыщения:

$$\mu = 1,69 \cdot \frac{0,72 \cdot 0,16}{0,58} = 0,34 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

По формуле (3) вычислим капиллярный вакуум:

$$H_k = 1,38 \cdot 0,58 - 2,38 + 0,19 = 0,15 \text{ м.}$$

Таким образом, коэффициент фильтрации супеси равен 0,5 м/сут, недостаток водонасыщения $- 0,34 \text{ м}^3/\text{м}^3$ и капиллярный вакуум $- 0,15$ м.

Принятый А.В.Лебедевым [2] капиллярный вакуум, равный 60 см, в 4 раза больше действительного. На завышенность недостатка водонасыщения ($0,37 \text{ м}^3/\text{м}^3$) указал сам автор. Принятые А.В.Лебедевым завышенные капиллярный вакуум и недостаток водонасыщения привели автора к заниженному коэффициенту фильтрации (0,3 м/сут).

Отличия предлагаемой методики от существующих. Техника проведения опыта отличается от существующих методов тем, что в ходе экспресс-налива измеряется скорость впитывания. В существующих методах измеряется слой впитывания.

Обработка результатов опыта также отличается от существующих методов. По предлагаемой методике обрабатываются данные по скорости впитывания воды в почвогрунты зоны аэрации, а в существующих методах обрабатываются данные по слою впитывания [1].

Таким образом, предлагаемая методика как по технике проведения опыта, так и по способу обработки результатов отличается от существующих методов. Основной особенностью предлагаемой методики является наблюдение за скоростью снижения горизонта воды в учетном кольце и обработка данных по скорости впитывания, при этом эталонные кривые показывают область применимости предлагаемой методики, знание которой в некоторых случаях позволяет исключить из обработки некоторые данные, не попадающие в область эталонных кривых.

ЛИТЕРАТУРА

1. В е р и г и н Н.Н. Методика определения фильтрационных свойств горных пород. М., Госстройиздат, 1962.
2. Л е б е д е в А.В. К вопросу определения водопроницаемости неводоносных грунтов путем инфильтрации из скважин. - "Гидротехническое строительство", 1949, № 5.
3. П р о т о д љ а к о в М.М. Теория стока поверхностных вод. М.-Л., Главгидрострой, 1932.

УДК 626.212.001.24

Математик М.Ч.ГАРАГУЛОВ

НОМОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА
ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ИЗ КАНАЛОВ
ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ СВОБОДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Если в момент пуска воды в канал поверхность грунтовых вод находится на большой глубине и их капиллярная "кайма" не достигает дна канала, в начальный период фильтрация из канала будет происходить в относительно сухой грунт и фильтрационный поток из канала не будет связан с потоком грунтовых вод [1]. Вода из канала в этот период идет на смачивание грунта, причем движение происходит в основном в вертикальном направлении при некотором рассасывании ее в стороны (см. рисунок, а). Стадия не установившейся свободной фильтрации продолжается до тех пор, пока фронт продвигающейся вниз воды не достигнет капиллярной "каймы" бассейна грунтовых вод [1]. В гидравлической теории из закона инфильтрации Грина и Эмта [6]

$$\frac{k t}{\mu (h + \beta H_k)} = G \left(\frac{e}{h + \beta H_k} \right) \quad (1)$$

определяется длительность периода промачивания пород под каналом:

$$T = \frac{\mu}{k} (h + \beta H_k) \cdot G \left(\frac{H_0}{h + \beta H_k} \right), \quad (2)$$

где k - коэффициент фильтрации однородных грунтов зоны аэрации;
 μ - недостаток водонасыщения;

- H_k - высота капиллярного поднятия;
 e - глубина промачивания при вертикальной фильтрации, соответствующей моменту времени t , при постоянном напоре h ;
 h - глубина воды в канале;
 H_0 - глубина залегания уровня грунтовых вод под каналом;
 β - коэффициент, учитывающий степень влияния капиллярных сил на скорость впитывания ($\beta \approx 1$).

Если грунты зоны аэрации тяжелые ($k = 0,01$ м/сут), сухие ($\mu = 0,35$), грунтовые воды залегают на большой глубине ($H_0 = 60$ м) и действующий напор составляет небольшую величину ($h + \beta H_0 = 0,5$ м), то функция G может достигать значительных величин:

$$G(120) = 120 - e n(1 + 120) = 115,2,$$

а не установившаяся свободная фильтрация быть длительной:

$$T = 2016 \text{ сут} = 5,5 \text{ лет.}$$

Фильтрация из большинства кратковременно работающих малых каналов происходит в стадии не установившейся свободной фильтрации / 4 /.

При выводе зависимости (1) допускается постоянство поперечного сечения фильтрационного потока и скорость впитывания при вертикальной фильтрации определяется по Дарси:

$$v = k \left(1 + \frac{h + \beta H_k}{e} \right). \quad (3)$$

В различных точках смоченного периметра канала (см. рисунок, а) функция

$$v = v(h, t),$$

принимает различные значения, поэтому удельные потери воды на фильтрацию (на 1 м длины канала) определяются как интеграл:

$$Q(t) = \int_{(h)} v(h, t) dx. \quad (4)$$

Из-за сложности вывода формулы (4) прибегают к некоторым упрощениям. По гидромеханическому решению В.В.Ведерникова [3] скорость фильтрации на бесконечной глубине через бесконечное время равна коэффициенту фильтрации и ширина фильтрационного потока по глубине увеличивается до величины

$$b_\infty = B + A h, \quad (5)$$

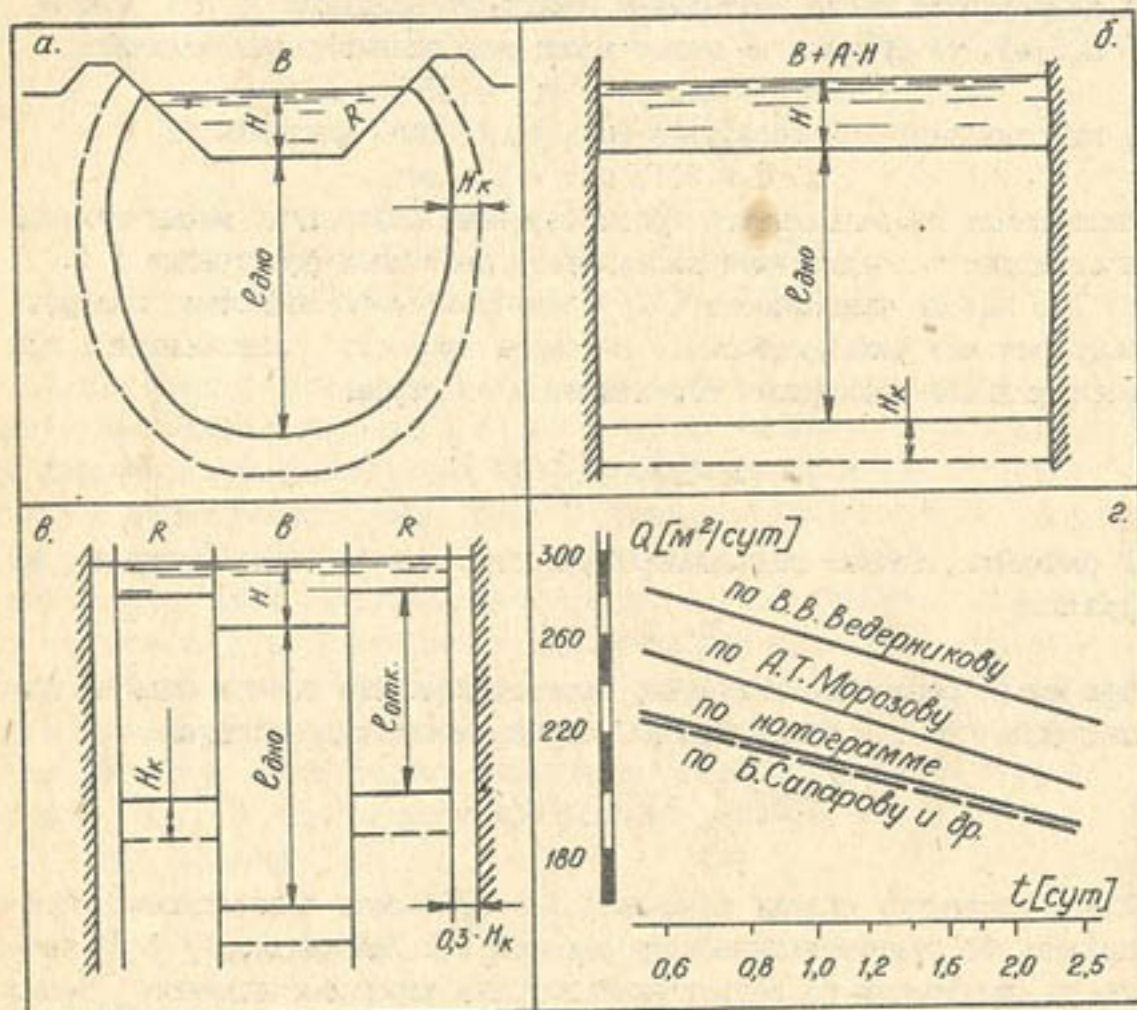
где B - ширина канала по урезу воды;
 $A = A(m, B/h)$ - функция B/h и m - коэффициент заложения

ния откосов. В работе [4] канал трапецидального поперечного сечения заменяется каналом прямоугольного поперечного сечения (см. рисунок, б) и допускается, что вертикальная фильтрация из второго канала

$$Q(t) = k \left(1 + \frac{H + \beta H_k}{e}\right) \cdot (B + AH) \quad (6)$$

равна фильтрации из первого. Действительно, по формуле (6) предел

$$\lim_{t \rightarrow \infty} Q(t) = k(B + AH)$$



Неустановившаяся

свободная фильтрация из канала:

- а - поперечный разрез фигуры промачивания; б, в -
схемы фильтрации для вывода формул (6), (14);
г - сравнительные кривые потерь $Q(t)$

равен гидромеханическому решению В.В. Ведерникова [3]. В практике неустановившаяся свободная фильтрация продолжается в течение конечного периода времени, поэтому проектировщиков больше интересует $Q(t)$ нежели предел $Q(\infty)$. Как видно из формулы (3), по смоченному периметру канала

$$k \left(1 + \frac{\beta H_k}{e}\right) \leq v \leq k \left(1 + \frac{H + \beta H_k}{e}\right), \quad (7)$$

поэтому

$$k \left(1 + \frac{\beta H_k}{e}\right) \chi < Q(t) < k \left(1 + \frac{H + \beta H_k}{e}\right) \chi,$$

где χ - смоченный периметр канала.

Из неравенства

$$\chi < B + AH$$

следует, что по формуле (6) получится сильно завышенные значения фильтрационных потерь из каналов. Авторы книги [2] с некоторыми допущениями интегрировали зависимость (4) и вывели громоздкую формулу, по которой вычисление $Q(t)$ без ЦМ практически невозможно, поскольку содержащиеся в ней параметры e_d и e_k нужно находить при заданном t из двух различных трансцендентных зависимостей методом подбора. Кроме того, по данной формуле величина $Q(t)$ может быть вычислена только с момента времени

$$T_0 = \frac{\mu}{k} \cdot \frac{\beta H_k}{\varepsilon^2} \cdot G\left(\frac{H}{\beta H_k}\right) \quad (\varepsilon \approx 1),$$

хотя может случиться так, что при $t < T_0$ фильтрационный поток сожмется с грунтовыми водами и закончится стадия неустановившейся свободной фильтрации.

Принимая во внимание некоторые допущения, выведем достаточно простую и в то же время вполне приемлемую для практических расчетов формулу определения фильтрационных потерь из каналов. Можно считать, что фильтрационные потери из каналов трапецидального поперечного сечения складываются из потерь через дно, откосы и капиллярную зону (см. рисунок, в), т.е.

$$Q = Q_{\text{дно}} + 2Q_{\text{отк}} + 2Q_{\text{кап}} \quad (8)$$

По дну канала

$$v = k \left(1 + \frac{H + \beta H_k}{e_{\text{дно}}} \right), \quad (9)$$

где $e_{\text{дно}}$ определяется из зависимости (1) при $h = H$, поэтому

$$Q_{\text{дно}} = k \beta \left(1 + \frac{H + \beta H_k}{e_{\text{дно}}} \right). \quad (10)$$

На откосах канала из выражения (7) можно принять

$$v = k \left(1 + \frac{0,5H + \beta H_k}{e_{\text{отк}}} \right), \quad (11)$$

где $e_{\text{отк}}$ определяется из зависимости (1) при $h = 0,5H$, поэтому

$$Q_{\text{отк}} = R \cdot k \cdot \left(1 + \frac{0,5H + \beta H_k}{e_{\text{отк}}} \right), \quad (12)$$

где $R = \sqrt{1 + m^2} \cdot H$ — ширина смоченного откоса канала.

Расход фильтрации через капиллярную зону определим по С.Ф.Аверьянову [1]:

$$Q_{\text{кан}} = 0,3k \cdot H_k. \quad (13)$$

Теперь выражение (8) примет вид:

$$Q(t) = k \cdot \beta \left(1 + \frac{H + \beta H_k}{e_{\text{дно}}} \right) + 2kR \left(1 + \frac{0,5H + \beta H_k}{e_{\text{отк}}} \right) + 0,6kH_k, \quad (14)$$

где при заданном t значение $e_{\text{дно}}$ определяется по зависимости:

$$\frac{kt}{\mu(H + \beta H_k)} = G\left(\frac{e_{\text{дно}}}{H + \beta H_k}\right). \quad (15)$$

$e_{\text{отк}}$ — по зависимости:

$$\frac{kt}{\mu(0,5H + \beta H_k)} = G\left(\frac{e_{\text{отк}}}{0,5H + \beta H_k}\right). \quad (16)$$

Для выполнения расчетов по формуле (14) сначала, принимая $\beta = 1$, из формулы (2) нужно определить продолжительность неустановившейся свободной фильтрации, а затем для каждого момента времени $0 < t < T$ по зависимостям (15) и (16) находить $e_{\text{дно}}$ и $e_{\text{отк}}$. Ввиду сложности вычисления $e_{\text{дно}}$ и $e_{\text{отк}}$ по трансцендентным зависимостям (15) и (16) нами составлена номограмма (см. приложение). Порядок вычисления $Q_{\text{дно}}$ и $Q_{\text{отк}}$ по номограмме одинаков, поэтому опишем его только для $Q_{\text{дно}}$:

1. На крайней левой вертикальной шкале зафиксировать точку, соответствующую числу

$$\frac{k}{\mu(H + H_k)}.$$

Если это число окажется больше десяти (аналогично время t), то сначала нужно удлинить крайнюю левую логарифмическую шкалу (аналогично шкалу t), а затем зафиксировать на ней число.

2. Задаваясь различными значениями для $t < T$ (величину T также можно определить по номограмме; для этого нужно вычислить па-

раметр $\varphi^{-1} = \frac{H + H_k}{H_0}$ и зафиксировать на второй шкале слева) на

третьей вертикальной шкале слева и соединяя полученные точки с ранее зафиксированной точкой на крайней левой вертикальной шкале, найдем на второй шкале слева значения φ^{-1} .

3. Фиксируя найденные значения φ^{-1} на третьей шкале справа, а затем соединяя полученные точки с точкой $k\beta$ на крайней правой шкале, получим на второй шкале справа значения $Q_{\text{дно}}$ во времени. Если число $k\beta$ окажется больше десяти, то оно уменьшается в удобное число раз (10, 100 и т.д.) и наносится на крайнюю справа шкалу, а в конце расчета величина $Q_{\text{дно}}$ увеличивается во столько же раз, во сколько было уменьшено значение $k\beta$.

По известному параметру φ^{-1} можно вычислить глубину промачивания e , скорость впитывания v и общий объем впитавшейся воды W . На одном участке Каракумского канала А.Т.Морозовым [5] прогнозирована функция $Q(t)$ графическим способом расчета. Этот же пример решен авторами книги [2] при следующих исходных данных: $H = 4$ м, $\beta = 30$ м, $m = 2$, $H_0 = 40$ м, $h_k = 0,6$ м, $\mu = 0,38$ и $k = 3,5$ м/сут. Решения этого примера по различным формулам приводятся на графике (см. рисунок, г).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод. — В сб.: Влияние оросительных систем на режим грунтовых вод. М., Изд. АН СССР, 1956, вып. I.
2. Бакашев Н.А., Новицкий В.А., Сапаров Б. Некоторые вопросы фильтрации и кольматации русла каналов. Ашхабад, "Илим", 1973.

рями воды на фильтрацию, достигающими 40 – 45 % общего водозабора, что связано с транспортированием воды по каналам, пролегающим в земляных руслах.

В нашей стране взят твердый курс на переход к совершенным конструкциям оросительных систем и улучшение их технического состояния. Так, за девятую пятилетку на государственных оросительных системах протяженность оросительной сети с твердым покрытием увеличилась с 27 до 54,9 тыс. км и ее доля достигла 13,3 % [4]. Аналогично этому в Туркменской ССР на начало 1979 г. имелось 1146 км каналов с облицованным руслом, или 13,6 раза больше, чем в 1965 г. Согласно имеющимся данным, удельный вес таких каналов в республике достигнет 60 %, что в 13 раз превысит уровень 1978 г. Остальная оросительная сеть будет представлена поливными лотками (30 %), трубопроводами (5 %) и земляными каналами (5 %).

Надежность и продолжительность работы этих сооружений во многом определяются качеством их строительства и грамотно организованной службой эксплуатации. Особенно это относится к каналам с облицованным руслом, что до определенной степени обусловлено непосредственным контактом противофильтрационных покрытий с земляным ложем. В данном случае различные дефекты строительства оросительной сети, выраженные в нарушении герметичности облицовок, не всегда могут быть выявлены путем визуального осмотра. Кроме того, создается возможность разрушения облицовочного материала под воздействием тех или иных групп сорных растений. В результате изъёнов, обусловленных указанными обстоятельствами, существенно укорачивается срок службы каналов, снижается их к.п.д., ухудшаются гидравлические характеристики движения водного потока, увеличиваются затраты на содержание оросительной сети, а нередко сводится на нет противофильтрационный эффект возведенных сооружений.

Улучшение качества строительства облицованных каналов существенно повышает их эксплуатационные показатели, однако, как свидетельствует практика, не гарантирует сохранность противофильтрационных покрытий от разрушений растительностью. В связи с этим изучение состояния каналов с облицованным руслом и разработка мероприятий по улучшению их технического состояния представляет задачу большой практической важности. С этой целью ТуркменНИИГиМом совместно с Туркменгипроводхозом в 1979 г. было проведено обследование технического состояния облицованной оросительной сети в зоне Каракумского канала. Изучению были подвергнуты Копетдагский магистральный распределитель (КМР) с асфальтобетонным покрытием (Ба-

харденский район Алшхабадской области) и облицованный железобетонными плитами межхозяйственный канал ВБ-8 (Векиль-Базарский район Марыйской области).

Копетдагский магистральный распределитель построен в 1968 – 1974 гг. по проекту института "Туркменгипроводхоз". Основные параметры канала: $m = 2$; $\delta = 2$; $h = 2,7$; $V = 1,8$ м/с; $Q = 18$ м³/с. Согласно проекту для защиты асфальтобетонной облицовки от разрушений растительностью (по рекомендациям ВНИИГиМа) ложе канала на всем его протяжении, исключая отдельные участки, обрабатывалось гербицидом ТХА натрия в дозе 200 кг/га. С целью изыскания более надежных стерилизаторов почвогрунтов к проводимым работам был привлечен ТуркменНИИГиМ, в результате чего некоторые участки канала были обработаны другими гербицидами. Исследования показали, что ТХА натрия не обеспечивает защиты противофильтрационного покрытия от разрушений растительностью. На всех обработанных им участках канала растительность вегетировала с той же плотностью стеблестоя, что и на необработанных. Из испытанных ТуркменНИИГиМом гербицидов наиболее эффективными оказались тордон-IOI (25 кг/га) и смесь диурона с симазинном или атразином (50 кг/га). Препарат тордон-IOI обеспечил 100-процентную гибель всех сорняков и полное подавление их отрастания в течение пяти лет после обработки, смесь указанных препаратов вызвала полное искоренение всех сорняков и полностью предотвратила их отрастание в последующие три года.

При обследовании КМР было изучено состояние участков, обработанных различными гербицидами, определены изменения, произошедшие с асфальтобетоном за истекший период, и установлены основные причины, отрицательно повлиявшие на эффективность этого противофильтрационного материала.

Обследование, произведенное на пикетах 30 – 38 распределителя, построенного в июне 1968 г. и обработанного ТХА натрия, показало, что по всему периметру КМР выше уреза воды наблюдается массовое отрастание растений верболожьей колючки при средней плотности стеблестоя 3,8 шт./м². Из других растений, пробивших облицовку, отмечены софора толстоплодная (0,2 шт./м²) и карелиния каспийская (0,15 шт./м²). Ниже уреза воды встречаются отдельные плотные скопления зарослей тростника высотой до 3 м с четко очерченной границей обитания. Такая особенность его распространения объясняется преимущественно вегетативным способом размножения, вследствие чего расселение на новых участках облицованного русла происходит мед-

ленно, но с большой плотностью стеблестоя (30 шт./м²). В среднем же на 1 м² покрытия обследованных пикетов канала вегетировало 2,7 растения тростника. В целом средняя плотность стеблестоя корневишных и корнеотпрысковых растений составляла 6,85 шт./м².

Визуальный осмотр поврежденных растениями участков канала выше уреза воды показал, что асфальтобетон благодаря пластичности довольно плотно облегал стебли растений. Это обстоятельство является положительным фактором, так как после химического уничтожения пробивших облицовку сорняков возможна самопроизвольная герметизация поврежденных участков без каких-либо дополнительных затрат на их восстановление.

Из всех видов сорных растений наиболее вредоносны вегетирующие в воде, так как, повреждая облицовку, именно они снижают к.п.д. каналов в результате потерь воды на фильтрацию. Такие растения, как верблюжья колючка, софора толстоплодная, карелиния каспийская и ряд других, представляют опасность для облицовок в основном в период строительства канала. Уничтожение их перед укладкой противофильтрационных покрытий позволит сохранить облицованное русло в хорошем техническом состоянии до ввода каналов в эксплуатацию. В последующем значение указанных растений как разрушителей облицовок сохраняется лишь для периодически действующих каналов и отсутствует на второй план для постоянно действующих. Причиной этого является их естественная гибель в условиях постоянного затопления водой. Однако, как показывает пример КМР, в активном сечении канала постепенно наблюдается смена вредоносных засорителей. Так, вместо верблюжьей колючки появляется тростник, легко взламывающий облицовку и резко отрицательно влияющий на работу канала. Следует отметить, что в период строительства КМР по всей его трассе не наблюдалось вегетации растений тростника и других гидрофитов. Обнаруженные заросли его образовались в результате укоренения отдельных семян в наносных отложениях канала. В последующем развивающаяся корневая система постепенно взламывала противофильтрационное покрытие.

По имеющимся данным, наряду с тростником серьезную опасность для облицовок каналов представляет такой корневишный сорняк, как рогоз.

В связи с тем, что размножение гидрофитов семенным путем крайне малопродуктивно (вследствие низкой всхожести семян и значительной их гибели), особо важное значение приобретает правильная эксплуатация каналов, обеспечивающая создание незаилающих скорос-

тей прохождения водного потока. При этом будет сведена к нулю возможность образования наносных отложений и, следовательно, будут устранены условия, способствующие появлению гидрофитов в каналах. Как отмечено при обследовании, в результате нарушения правил эксплуатации КМР на отдельных его участках толщина наносных отложений по дну канала достигала 60 – 70 см. Кроме того, по границе уреза воды почти на всем протяжении КМР наблюдалось отложение илстых наносов шириной 30 – 40 см и толщиной 5 – 7 см. На этом слое наилка были обнаружены массовые популяции таких однолетних растений, как куриное просо, ширица колосистая, ячмень заячий и др. Слабая корневая система этих сорняков не способна пробить облицовку каналов и поэтому сосредоточена в слое наилка, придавая ему связность и предохраняя от размыва водным потоком. Отрицательное значение их сводится к захламлению русла и повышению коэффициента шероховатости.

Как показали наблюдения, кроме отмеченных сорняков, в толще водного потока вегетирует довольно значительное количество водных растений. Степень покрытия ими водного зеркала в среднем составляет от 30 до 40 %. В основном это различные виды водорослей и рдестов, появлению которых способствует значительная освещенность воды. Указанная группа растений не способна повредить облицовку каналов, но весьма отрицательно влияет на санитарно-гигиеническое состояние воды вследствие постоянного отмирания и разложения некоторой части биомассы. При этом увеличиваются затраты растворенного в воде кислорода на окисление органических веществ и возникают различные неприятные привкусы и запахи [5]. О неблагоприятном состоянии газового режима можно судить как по характеру наносных отложений, представленных вязкими засасывающими грунтами с синеватым оттенком, свидетельствующим об активно протекающих анаэробных процессах разложения органики, так и по обильному газовыделению при пенитрации грунтов.

Водная растительность распределена на всем протяжении водного зеркала обследованного отрезка канала прерывистыми полосами по 100 – 150 м, между которыми расположены свободные от рдестов и водорослей участки длиной 100 – 120 м. Так же как и тростниковые заросли, рдесто-водорослевая биомасса оказывает весьма отрицательное влияние на пропускную способность канала, замедляя скорость течения воды и повышая коэффициент шероховатости русла. Вследствие этого фактический расход КМР составлял на момент наблюдения около 2 м³/с против 16 – 18 м³/с по проекту, а скорость течения –

соответственно 0,32 м/с вместо 2 м/с.

Эффективным способом борьбы с водными растениями и отчасти с тростником и другими гидрофитами является строгое соблюдение рекомендуемых правил эксплуатации КМР, предписывающих создание независимых скоростей водного потока в канале. Такой режим его работы позволит обеспечить неблагоприятные гидрологические условия для водных сорняков за счет увеличения мутности и динамичности водного потока, что губительно сказывается на их жизнедеятельности [2].

Обследование анализируемого участка канала подтвердило полную непригодность ТХА натрия как стерилизатора почвогрунтов. Необходимо применение более эффективных гербицидов для сохранения облицовки русла в хорошем рабочем состоянии (см. таблицу). К числу таких гербицидов, как показало дальнейшее обследование КМР на пикетах II8 - I33 и 273,6 - 276,6, вполне можно отнести тордон-IOI и смесь диурона с симазин. Указанные участки канала, обработанные этими препаратами в 1970 - 1971 гг., по истечении 8 - 10 лет, прошедших с момента обработки, продолжают оставаться относительно чистыми. Плотность стеблестоя верблицей колочки и других корнеотпрысковых сорняков по варианту применения препарата тордон-IOI (25 кг/га) составляет 0,03 - 0,048 шт./м², корневищных (тростник) - 0,01 - 0,02 шт./м²; по варианту симазин-диурон (50 кг/га) - соответственно 0,04 - 0,06 шт./м² и 0 - 0,01 шт./м² (см. таблицу). Степень покрытия водного зеркала водными растениями вследствие возросшей скорости потока (0,6 м/с) была значительно меньшей и составляла 5 - 7 %. Наблюдаемое зарастание русла корнеотпрысковыми растениями происходило преимущественно по верховой части откосов и объясняется проникновением корней сорняков, вегетирующих по соседству с бровкой канала, в защищенный облицовкой грунт. Обращает на себя внимание довольно высокая эффективность смесей производных мочевины с симм. триазидами, вполне сравнимая с результатами применения препарата тордон-IOI, выделенного ранее ТуркменНИИТимом (1975 г.) в число наиболее эффективных гербицидов. Объясняется это, по-видимому, значительно более слабым передвижением диурона и симм. триазинов по профилю почвы в сравнении с тордоном-IOI [3], что обусловило сохранение их значительных гербицидных концентраций в ограниченном слое почвогрунтов в течение длительного периода времени.

В целом же обследование показало, что асфальтобетон является прогрессивным противофильтрационным покрытием, хорошо копирующим

Результаты обследования оросительных каналов с облицованным руслом

Показатели	Копетдагский магистральный распределитель, по пикетам						Межхозяйственный канал ВБ-8 - не стерилизовался
	30 - 38	II8 - I33	273,6 - 276,6	ТХА натрия	тордон-IOI	симазин-диурон	
Период, прошедший с момента строительства, лет	II	IO	IO	9	8	I	
Толщина наносных отложений по дну канала, см	60 - 70	30 - 40	30 - 35	25 - 30	25 - 30	0	
Скорость течения, м/с	0,32	0,6	0,6	0,6	0,6	-	
Плотность стеблестоя, шт./м ² :							
корнеотпрысковых сорняков	4,15	0,03	0,04	0,048	0,06	0,04	
тростника	2,7	0,01	0	0,02	0,01	0,01	
Площадь покрытия облицовки дерниной корневищных сорняков в расчете на 1 м ² , м ²	0	0	0	0	0	0,01	
Площадь покрытия водного зеркала водорослями, рдестами, %	35	7	6	6	5	0	
Количество однолетних, вегетирующих выше уреза воды в слое наилка, шт./м ²	36	3	2	0	3	0	

вследствие своей пластичности малейшие изменения поверхности русла, связанные с его деформацией. Повреждения покрытия, вызванные растительностью выше уреза воды, "самозалечиваются", герметизируясь битумом, входящим в состав облицовочного материала. Существенным достоинством асфальтобетонного покрытия является и длительный срок его службы (до 20 лет). К недостаткам асфальтобетона следует отнести:

I. Постепенное уменьшение концентрации вяжущего вещества (битума) в верхних слоях облицовки, вследствие чего наблюдается частичная потеря связности частиц гравия между собой и их выщербление.

2. Сползание вышерасположенных участков облицовки на нижние под воздействием высоких летних температур^ж.

3. Относительно легкая повреждаемость облицовки корневищной и корнеотпрысковой растительностью.

Наблюдениями выявлена необходимость создания от бровки канала по всей ширине берма отрицательного уклона в $I - 2^{\circ}$ для оттока дождевых вод. Отсутствие такого уклона на КМР вызвало на отдельных участках размыв дождевыми водами грунтов, подстилающих облицовку канала. Глубина этих эрозийных язв была иногда настолько выраженной, что сопровождалась образованием в верхней части откоса трещин шириной 10 – 15 см и длиной до 2,0 м. В ряде же случаев эрозийный процесс развивался вглубь откосной линии и вызывал выраженные в различной степени овалыные проседания асфальтобетонной облицовки с разрывом сплошности покрытия.

Междоузельный канал ВБ-8 в отличие от КМР облицован железобетонными плитами с герметизацией стыков битумным материалом. Строительство его было начато в 1978 г. и к моменту обследования еще не завершилось. Наблюдения показали, что в стыках между плитами проявляется отрастание единичных растений вербковой колотки, карелии каспийской, тростника и прибрежники солончаковой. Средняя плотность стеблестоя корнеотпрысковых растений и тростника составляла 0,05 шт./м², площадь покрытия облицовки дерниной корневищных сорняков, в расчете на 1 м², была равной 0,01 м² (см. таблицу). Полученные данные свидетельствуют о необходимости стерилизации грунтов, подстилающих стыковые элементы облицовки, гербицидами. В ряде случаев установлено неудовлетворительное качество производства работ по укладке противофильтрационного покрытия: не соблюдено требуемое сопряжение между плитами, оставлены незамоноличенными отдельные стыки.

Таким образом, наиболее опасными для облицовок оросительных каналов являются корнеотпрысковые и особенно корневищные многолетники. Однолетние сорняки и водные растения не разрушают противо-

^ж Наблюдения, в частности, показали, что граница соприкосновения устойчивых (нижерасположенных) участков русла с неустойчивыми (вышерасположенными) проходит примерно по середине откосной линии и определяется уровнем воды в канале, снижающей температуру нагрева покрытия. В результате этого наплывшая часть облицовки нередко выступает над нижней на 10 – 20 см, толщина же покрытия в верхней части откоса составляет 2 – 4 см вместо 8 см по проекту.

фильтрационные покрытия, однако, вегетируя на наносных отложениях, захламляют русло, ухудшают санитарно-гигиеническое состояние воды и гидравлические показатели каналов.

Корнеотпрысковые многолетники способны повреждать облицовку каналов различных категорий по всему сечению преимущественно в строительный период. В эксплуатационный период такое воздействие сорняков проявляется лишь на каналах периодического действия. На постоянно действующих каналах сорняки, неспособные длительное время вегетировать под водой, разрушают облицовку преимущественно ниже уреза воды.

Корневищные сорняки (в основном тростник и рогоз) представляют опасность для облицовок каналов всех категорий как в строительный, так и в эксплуатационный периоды. Характерной их особенностью является преимущественное разрушение облицовок ниже уреза воды, что обуславливает относительно большее увеличение потерь воды на фильтрацию по сравнению с корнеотпрысковыми сорняками.

В целях сокращения деформативных и эрозийных проявлений, предотвращения разрушительного воздействия растительности на каналах с асфальтобетонным и железобетонным покрытием необходимо:

- создавать отрицательный уклон в $I - 2^{\circ}$ от бровки канала по всей ширине берма для оттока дождевых вод;
- разработать новые составы дешевых вяжущих материалов, которые придавали бы асфальтобетонным покрытиям соответствующую термостойкость и прочность при одновременном сохранении пластичных свойств;
- строго соблюдать рекомендуемую технологию строительства каналов с облицованным руслом;
- проводить химическую стерилизацию грунтов гербицидами перед укладкой противофильтрационных покрытий;
- обеспечить в эксплуатационный период создание незаключающих скоростей воды в облицованных каналах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарубаев Н.В. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Л., Стройиздат, 1976.
2. Коган Ш.И. Альгофлора озер СССР. - В кн.: Материалы по гидрохимии и гидробиологии водоемов СССР. Ашхабад, Туркменгосиздат, 1963.
3. Краткий справочник по ядохимикатам. М., "Колос", 1973.

4. Сыромятникова З.А. Развитие техники орошения земель и показатели планирования технико-экономического уровня оросительных систем. - В сб.: Развитие мелиорации и мелиоративной науки. М., ВНИИГиМ, 1976.

5. Топачевский И.Г. и др. Особенности гидрохимического и гидробиологического режима каналов и биологические помехи в них. - В кн.: Каналы СССР. Киев, "Наукова думка", 1968.

УДК 631.67:626.823.45:518.5

Инж.-гидротехник М.М.АНДРЕЕВА

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЗАИЛЕНИЯ ОТСТОЙНИКА И ЕЕ ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Метод расчета динамики мутности в отстойнике, разработанный А.Г.Хачатряном^{*}, неоднократно применялся в проектных разработках. Для оросительных систем бассейна р. Амударьи этот метод дает хорошее совпадение результатов расчета с данными натурных измерений. В то же время следует отметить, что он сложен в логическом отношении и весьма трудоемок для ручного счета. В целях широкого использования метода А.Г. Хачатряна на базе ЭВМ во ВНИИГиМе разработана математическая модель, позволяющая производить расчет динамики мутности потока по единообразной зависимости, которая может быть представлена в следующем виде:

$$f_u(x) = \frac{1}{H} \int_{W_{min}}^{W_{max}} \int_0^H j_u(x, z, w) dw dz, \quad (1)$$

где $f_u(x)$ - величина средней по глубине избыточной мутности в створе x ;

H - глубина потока;

j_u - величина относительной мутности потока.

После преобразований, соответствующих представлениям А.Г.Хачатряна о динамике мутности, уравнение (1) можно привести к виду:

^{*} А.Г.Хачатрян. Отстойники на оросительных системах. М., Сельхозгиз, 1957.

$$f_u(x) = \int_{W_{min}}^{W_{max}} j_u^w(0) \left(1 - \frac{Wx}{Hv}\right) \mathcal{H}\left[1 - \frac{Wx}{Hv}\right], \quad (2)$$

где $j_u^w(0)$ - величина относительной избыточной мутности для фиксированной гидравлической крупности W в створе $x = 0$;
 x - длина участка от начального створа;
 v - средняя скорость потока;

$\mathcal{H}\left[1 - \frac{Wx}{Hv}\right]$ - функция Гамильтона:

$$\mathcal{H}\left[1 - \frac{Wx}{Hv}\right] = \begin{cases} 0, & \text{при } 1 - \frac{Wx}{Hv} \leq 0 \\ 1, & \text{при } 1 - \frac{Wx}{Hv} > 0 \end{cases}$$

Для проверки зависимости (2) был разработан алгоритм и проведены численные расчеты на ЭВМ "Минск-32". Подготовительная работа включала в себя выбор формулы и шага интегрирования. Разработаны алгоритмы реализации интеграла по квадратурным формулам трапеций, Симпсона, Гаусса с разбивкой интервала $W_{max} - W_{min}$ на $N = 50, 100, 200, 400, 800, 1000$ точек. Достаточную точность (5-10 %) и минимальные затраты машинного времени дало интегрирование по формуле Симпсона с $N = 100$. Полученные результаты сравнивались с материалами, приведенными в указанной работе А.Г.Хачатряна, откуда брались и исходные данные для расчета (стр. 164 - 167).

Графическое сопоставление результатов расчета на ЭВМ по уравнению (2) и по методу А.Г.Хачатряна (рис. 1) свидетельствует об их хорошей сходимости. Это послужило поводом для

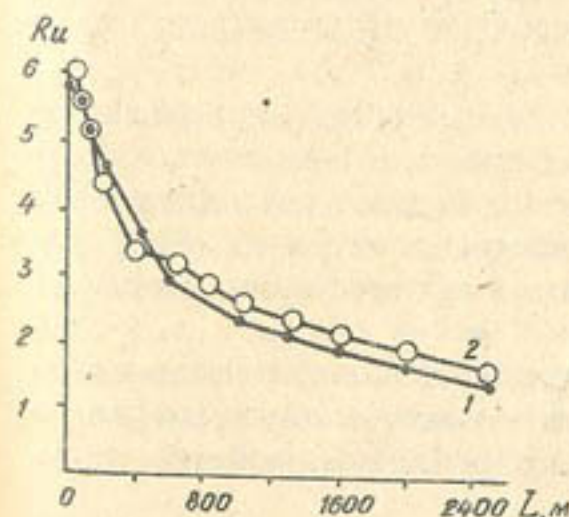


Рис. 1. Динамика избыточной мутности: 1 - расчет по методу А.Г.Хачатряна; 2 - математическая модель

разработки алгоритма более полной задачи о заилении отстойника при его работе в равномерном режиме. Алгоритмом предусматривается вычисление гидравлики потока в отстойнике, динамики полной мутности (рис. 2), расчет слоя отложения наносов по створам и определение объемной массы отложений на расчетных участках.

Многочисленные расчеты, проведенные по данным натуральных наблюдений, с хорошей точностью результатов позволили рекомендовать этот алгоритм для включения в Государственный фонд алгоритмов и программ.

Е.З.ГАК, Э.Е.РОХИНСОН,
канд. с.-х. наук О.НАЗАРМАМЕДОВ,
математик Х.АРАМЕДОВ

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОМЫВНЫХ ВОД ПРИ ИХ ПРОТОКЕ ЧЕРЕЗ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

Как показано в работах [1, 4], при протокe через магнитные аппараты^{*} природных вод, содержащих примеси в виде ионов, микро-частиц, растворенных газов и газов в пузырьках, ряд факторов обуславливает явление магнитогидродинамической активации (МГДА) водных сред, приводящее к возникновению в них необратимых физико-хи-

^{*} Магнитные аппараты представляют собой обычно гидродинамические проточные системы с переменным сечением, в объеме которых реализованы неоднородные постоянные или переменные магнитные поля.

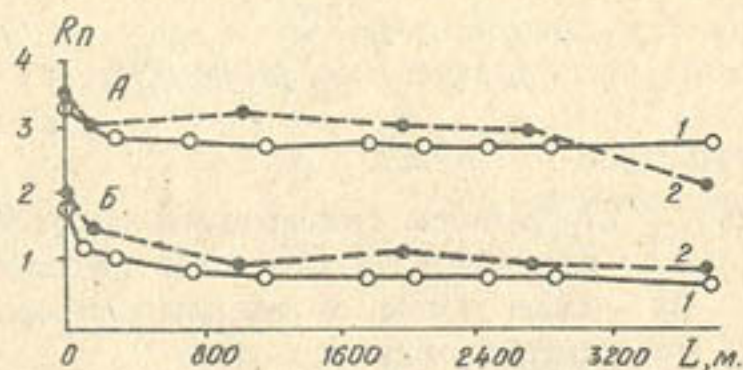


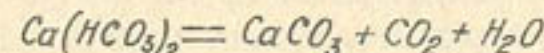
Рис. 2. Динамика
полной мутности в отстойнике:
А — $R_{пол} = 3,44 \text{ кг/м}^3$; Б — $R_{пол} =$
 $= 1,96 \text{ кг/м}^3$; 1 — расчетное зна-
чение; 2 — данные натурн

УДК 631.67:538.651

мических изменений. При этом происходит мелкомасштабная турбулизация потока, что приводит к интенсификации перехода молекулярно растворенного газа в свободную форму в виде пузырьков, их укрупнению и всплыванию в случае открытой поверхности жидкости [3].

С ростом минерализации природных вод за счет повышения электропроводности возрастают величины индуцированных в объеме жидкости магнитогидродинамических сил, что ведет к интенсификации эффектов турбулизации жидкости, ее деаэрации и коагуляции частиц [4].

В магнитных полях может происходить интенсивная эвакуация молекулярно растворенного газа в микропузырьки, в результате чего его концентрация в воде в момент прохождения через магнитный аппарат уменьшается. Изменение концентрации молекулярно растворенных в воде азота и кислорода существенно не влияет на химические свойства промывной воды, в то время как даже небольшое уменьшение содержания молекулярного CO_2 смещает реакцию уголекислотного равновесия в воде



вправо, причем особенно интенсивно при пересыщении воды по и MgCO_3 . Выпадение микрокристаллов CaCO_3 создает условия для осаждения на них кристаллов Na , CaSO_4 [7]. Особенно интенсивно данный процесс будет протекать в водах высокой минерализации.

Процесс адсорбции ионов из промывных вод на осаждающихся коагулирующих частицах уголекислого кальция и других частицах органической и неорганической природы фактически может обуславливать снижение эффективной минерализации воды, ее "опреснение" при неизменном количественном составе. Отметим, что природные воды содержат в 1 см³ до 10⁶ микрочастиц органической и неорганической природы, молекулярно растворенный газ и газовые пузырьки размером от 3 до 30 мк [6].

При протокe воды, содержащей различные примеси, через неоднородные магнитные поля в режиме гидродинамической кавитации меняются предкавитационные свойства ее за счет увеличения числа зародышей кавитации, интенсифицируются процессы дегазации, увеличивается концентрация таких заново возникающих соединений, как окислы азота, аминов, перекиси водорода, азотной и азотистой кислот, озона и т.д. Особенно сложные изменения могут происходить в воде, содержащей органические примеси, которые при кавитации будут распадаться и взаимодействовать с кислородом и другими соединениями.

Как отмечалось выше, МГДА приводит к уменьшению содержания в

промывных водах свободного газа в форме микропузырьков. Ранее было показано, что наличие в воде растворенных газов в виде микропузырьков и их выделение на стенках пор в процессе фильтрации приводит к затуханию фильтрационного потока [2]. Такой характер фильтрационного потока сохраняется для всех пористых систем при коэффициенте фильтрации $K = 10^{-4}$ м/с. С уменьшением содержания газа в промывной воде значительно увеличивается водопроницаемость системы. Это позволяет ожидать, что вода будет глубже проникать в толщу почв при повышенной растворимости солей.

Как известно, интенсивность процессов рассоления промываемых почв во многом определяется их фильтрационными свойствами. Улучшение водопроницаемости трудномелиорируемых почв обычно приводит к повышению эффективности выщелачивания солей из почвенной толщи. Вместе с тем уменьшение эффективного "солесодержания" и внесение в почву с промывной водой нерастворимой углекислой извести может дать дополнительный мелиоративный эффект для засоленных почв за счет интенсификации процессов ионного обмена. Развиваемые выше представления послужили основой для проведения опытов по апробации эффективности метода МГДА для интенсификации промывок засоленных почв*.

Промывная вода обрабатывалась в магнитном аппарате типа ПМУ Московского чугунолитейного завода им. Войкова с пятью магнитными секциями при напряженности магнитного поля в рабочем зазоре первой секции 1400 – 1600 Э, а в остальных секциях – 2200 – 2400 Э. Во время магнитной обработки скорость воды в различных сечениях аппарата изменялась от 0,1 до 0,7 м/с. В рабочем зазоре первой секции она составляла 0,3 м/с, в остальных секциях – 0,55 м/с.

При промывке пресной водой, прошедшей через магнитный аппарат, солеотдача повышалась примерно на 20 %. В среднем с глубины 0 – 1,2 м вымывалось около 210 т/га солей. В тех же условиях необработанной пресной водой удавалось вымыть только 168 т/га солей. При промывке минерализованной водой с концентрацией 3 – 4 г/л вы-

* Исследования проводились на Каракумской опытно-мелиоративной станции (Мургабский оазис). Почвы – хлоридно-сульфатного засоления. Степень засоления по горизонтам колебалась в пределах 1,3 – 2,9 %. Коэффициент фильтрации 0,1 м/сут. Промывка проводилась в 3 этапа промывной нормой 6 тыс. м³/га. Для полива использовалась пресная и минерализованная вода с минерализацией 3 – 4 г/л, которая получалась путем перемешивания коллекторной воды с пресной.

мывалось всего 130 т/га солей. После прохождения ее через магнитный аппарат количество вымытых солей увеличилось до 160 т/га, или более чем на 20 %, т.е. удалось вымыть примерно столько же солей, сколько и пресной водой без магнитной обработки. Динамика выноса солей по разным элементам неодинакова. Наибольший вынос хлор-иона (69 %) достигался при промывке минерализованной водой, прошедшей через магнитное поле. По отношению к остальным ионам наибольший эффект достигался при использовании пресной воды (минерализация 0,4 – 0,5 г/л), обработанной в магнитном поле. При промывке минерализованной водой (3 – 4 г/л), прошедшей через магнитный аппарат, катионы выносились лучше, чем при промывке пресной необработанной водой.

Таким образом, МГДА, повышая солеотдачу почв, обуславливает возможность эффективного использования минерализованных вод при промывках.

Подобные результаты были получены в Таджикской ССР при проведении полевого опыта в условиях Голодной степи [1], где промывались почвы хлоридно-сульфатного типа засоления*. В опыте использовался электромагнитный аппарат производительностью 2000 м³/ч. Максимальная напряженность постоянного магнитного поля в центре зазора 2000 Э, градиент магнитного поля $10^3 - 10^4$ Э/см. Ток питания 40 А, мощность 5 кВт.

Суммарный вынос солей из почвы при промывках водой, прошедшей через магнитный аппарат, в 1,5 – 2 раза выше по сравнению с контрольными промывками водой, необработанной в магнитном поле. Полученные в этом опыте результаты хорошо коррелируют с развиваемыми теоретическими представлениями. После прохождения воды через магнитный аппарат наблюдалось уменьшение содержания в ней свободного CO_2 до 10 % по сравнению с контролем.

Существенную роль, по-видимому, играет и осаждение нерастворенного $CaCO_3$ в почвах, что обуславливает дополнительный вынос обменных катионов и анионов. Так, экспериментальные данные свидетельствуют об интенсивном выносе не только катионов, но и анионов Cl , SO_4 , а также ионов Mg .

На основе высказанных выше представлений можно предположить, что применение МГДА особенно целесообразно при промывке засолен-

* Коэффициент фильтрации 0,01 – 0,1 м/сут. Промывка проводилась водой из скважин вертикального дренажа с минерализацией 1,6 г/л, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатной по ионному составу.

ных почв коллекторно-дренажными водами, обычно малоэффективными в этом отношении, с относительно высокой минерализацией гидрокарбонатного состава и повышенным газосодержанием. Повышенное содержание газов в составе этих вод в свободной и молекулярно растворенной форме значительно ухудшает фильтрационные свойства мелиорируемых почв, а высокая минерализация препятствует ионному обмену. Использование магнитных аппаратов позволяет снижать газосодержание промывных вод, переводить значительную часть растворимых солей в нерастворимую форму, выпадающую в осадок, и тем самым интенсифицировать процессы ионного обмена.

Предлагаемый метод может дать по сравнению с известными способами интенсификации промывок большой экономический эффект при уменьшении расхода пресных вод на промывку. Так, например, применение магнитного аппарата производительностью 2000 м³/ч для обработки воды при промывках дает экономию в размере 7,2 тыс. руб. в год [5]. В целом по нашей стране, где рассолению подлежат более 10 млн. га земель, экономический эффект может быть очень значительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко Н.Ф., Рохинсон Э.Е., Гак Е.З., Богословский Б.В. Опыт применения магнитных полей при рассолении земель промывкой. - "Вестник с.-х. науки", 1976, № 12.
2. Бондаренко Н.Ф. Физические основы мелиорации почв. Л., "Колос", 1975.
3. Гаврилов Л.Р. Содержание свободного газа в жидкостях и методы его измерения. - В сб.: Физические основы ультразвуковой технологии, М., "Наука", 1970.
4. Гак Е.З., Рохинсон Э.Е., Бондаренко Н.Ф. О роли гидратных слоев в механизме действия магнитных полей на растворы и дисперсные системы. - В сб.: Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем, Новочеркасск, 1975.
5. Иванова В.И. Экономическая эффективность внедрения аппарата для магнитной обработки поливных вод. - Научно-технический бюллетень по агрономической физике, 1977, № 29.
6. Орго В.М. Гидротурбины. Л., ЛГУ, 1973.
7. Слесаренко В.Н. Современные методы опреснения морских и соленых вод. М., "Энергия", 1973.

УДК 631.67:538.4

Математик Х. АРАМЕДОВ

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ПРОМЫВКЕ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Основной проблемой орошаемого земледелия в условиях аридной зоны является борьба с засолением орошаемых земель, наиболее трудоемкая на почвах тяжелого механического состава, где грунты имеют низкий коэффициент фильтрации.

Главный объект развития орошаемого земледелия в Туркменской ССР - зона Каракумского канала им. В.И. Ленина, где из 1,8 млн. га земель, намеченных для освоения в ближайшие 30 - 40 лет, только 16 % практически не засолены. В зоне Каракумского канала одним из основных районов орошения являются Мургабский и Тедженский оазисы. Здесь площадь потенциально плодородных земель составляет более 1 млн. га [3]. При умелом применении комплексных мероприятий на этих землях можно получать высокие урожаи возделываемых сельскохозяйственных культур.

Освоение засоленных, тяжелых по механическому составу почв существующими в практическом отношении методами требует продолжительной промывки и большого объема воды. Поэтому выбор ускоренного метода рассоления при освоении таких почв весьма важен и актуален. Среди известных методов рассоления почвогрунтов особый практический интерес представляет применение магнитных полей для обработки промывных вод [1, 2, 4].

С целью установления эффекта этого метода выполнены делянчатые опыты в условиях Тедженского оазиса. Для обработки воды использовалось устройство УМО-1000-7,5. Технические характеристики этого устройства таковы: экстремальные значения составляющей индукции, перпендикулярной направлению движения воды, $\pm 60 - 120$ мТ; протяженность магнитного поля 7,5 см; расход воды 100 - 720 м³/ч.

Промывка на опытном участке производилась нормой 10 тыс. м³/га в августе - ноябре 1979 г. по двум вариантам в трехкратной повторности. Площадь каждой делянки 0,12 га. По первому варианту почвы промывались необработанной водой (контроль). По второму варианту вода пропусклась через магнитное устройство. Минерали-

зация промывной воды составляла 1,17 г/л^ж.

Сравнение результатов промывки (см. таблицу) показывает, что обработанная вода выносит больше солей по сравнению с контролем. Если на контрольных делянках количество солей после промывки уменьшилось в 2,64 раза, то на делянках, промытых обработанной водой, — в 6,74 раза. При этом содержание хлор-иона соответственно снизилось примерно в 4 раза и в 18 раз.

Результаты промывки
метрового слоя почвы нормой 10 тыс. м³/га

Варианты опыта	Содержание солей, %						
	сумма солей	анионы			катионы		
		HCO ₃	ce	SO ₄	Ca	Mg	Na+K
Первый	1,758	0,016	0,470	0,620	0,099	0,061	0,377
	0,664	0,016	0,120	0,291	0,043	0,026	0,125
Второй	1,706	0,012	0,451	0,602	0,086	0,060	0,373
	0,253	0,022	0,025	0,106	0,016	0,008	0,041

Примечание. В числителе — исходное содержание, в знаменателе — конечное.

Для оценки эффективности промывок водой, обработанной магнитным полем, произведен расчет по формуле В.Р.Волобуева, определяющей промывную норму:

$$N = h \cdot \alpha \cdot \lg \frac{S_n}{S_k},$$

где N — промывная норма слоя воды, м;

h — глубина промываемого слоя почвы, м;

S_n и S_k — начальное и конечное содержание солей в почве, %;

α — показатель солеудержания почвогрунтов, зависящий от ме-

* Почвы опытного участка по механическому составу тяжелосуглинистые и глинистые. Отличаются чрезвычайно высоким содержанием физической глины (до 66 %), характерным для тапировидных почв. Средняя объемная масса почвы верхнего метрового слоя составляет 1,60 г/см³ при удельной массе 2,65 г/см³. Коэффициент фильтрации в среднем 0,01 м/сут.

ханического состава почвы и типа засоления. При промывках в контроле показатель солеудержания α был равен 2,4 (это соответствовало ранее определенным значениям), при использовании воды, обработанной магнитным полем, этот показатель равнялся 1,2. Следовательно, солеотдача почвы увеличилась в 2 раза.

Полученные результаты показывают, что применение магнитных устройств для обработки промывной воды повышает эффективность промывки. При этом солеотдача почвогрунтов возрастает в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко Н.Ф., Гак Е.З., Рахинсон Э.Е., Остапенко Н.С. Применение электромагнитных полей для повышения эффективности рассоления земель. — Тезисы докладов У делегатского съезда Всесоюзного общества почвоведов. Минск, 1977.

2. Бондаренко Н.Ф., Рахинсон Э.Е., Гак Е.З., Богословский Б.В. Применение магнитных полей при рассолении земель промывкой. — "Вестник с.-х. науки", 1976, № 12.

3. Лавров А.П., Ларин Е.В., Орловский Н.С., Санин С.А. Почвенно-климатическое районирование зоны Каракумского канала. Ашхабад, "Ылым", 1974.

4. Назарамедов О., Арамедов Х., Бондаренко Н.Ф., Гак Е.З. Применение магнитных полей для повышения эффективности промывок засоленных почв Мургабского оазиса. — Научно-технический бюллетень по агрономической физике. Л., 1978, № 35.

УДК 631.6:626.87

Канд. с.-х. наук О.Н. НАЗАРАМЕДОВ,
инж.-гидротехник А.Ф. ИЗИНГЕР

ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ МУРГАБСКОГО ОАЗИСА

Каракумский канал им. В.И. Ленина дал возможность осваивать бо-
льшие земельные массивы в Мургабском оазисе. Значительная часть
ныне орошаемых и особенно намеченных к орошению земель склонна к
засолению. Засоление почвогрунтов отрицательно влияет на уро-

жайность сельскохозяйственных культур. Борьба с засолением почв приобретает для Мургабского оазиса, где производится наиболее ценный тонковолокнистый хлопок-сырец, важное народно-хозяйственное значение.

Учитывая актуальность разработки мероприятий по рассолению земель. Каракумская опытно-мелиоративная станция ТуркменНИИГиМа в период 1975 - 1978 гг. провела исследования по промывке засоленных почв.² В результате выполненных экспериментов по промывке почвогрунтов, характерных для большинства типов, распространенных в Мургабском оазисе, установлены показатели солеудержания и промывные нормы (см. таблицу). В зависимости от типа засоления суглинисто-глинистых почв величины коэффициента солеудержания составляют 1,22, 1,58 и 1,70, а промывные нормы для средnezасоленных почв с содержанием солей 0,5 % равны соответственно 8540, 8216 и 3570 м³/га.

Промывка засоленных земель является эффективным мероприятием по удалению из почвы избытка солей, вредных для роста и развития сельскохозяйственных культур. Лучшим сроком для промывок является конец осени (октябрь - ноябрь) - до наступления сильных и устойчивых морозов. В этот период уровень грунтовых вод залегает на максимальной глубине, испарение с поверхности почвы минимальное, а зимние осадки и конденсация водяных паров в верхних горизонтах почвы оказывают существенное влияние на увеличение вымыва солей. Более позднее проведение промывок задерживает и ухудшает сельскохозяйственную обработку почвы и посев. Более ранние промывки малоэффективны из-за больших потерь на испарение, что в свою очередь благоприятствует реставрации засоления.

Промывку на фоне глубокого дренажа рекомендуется проводить при залегании грунтовых вод на глубине, превышающей два метра от поверхности земли. При меньшей глубине залегания грунтовых вод промывка осуществляется на фоне мелкого (глубиной 0,8 м) временного дренажа или на фоне мелкого временного дренажа в сочетании с глубокими дренажами.

На землях, предназначенных для промывки, проводят вспашку на

² Разработать технологию промывок тяжелых слабопроницаемых засоленных земель и солонцов с использованием комплексных химмелиорантов, электромелиорации и других мелиоративных приемов, составить инструкции по технологии промывок. - Научно-технический отчет ТуркменНИИГиМа, Ашхабад, 1978.

Величины коэффициента солеудержания и промывных норм для метрового слоя почвы, м³/га

П о ч в ы	Содержание солей, % от массы почвы	Тип засоления почв, C_e в % сухого остатка		
		хлоридный, 40 - 60 %	сульфатно-хлоридный, 25 - 35 %	хлоридно-сульфатный, 10 - 20 %
Легкого механического состава	0,20	1860	864	-
	0,30	2976	2160	-
	0,40	3720	3024	984
	0,50	4340	3744	1722
	1,00	6200	5904	4264
	2,00	8060	8064	6724
	3,00	9176	9360	8200
Суглинисто-глинистые	4,00	9920	10115	9184
	0,20	3660	1896	-
	0,30	5856	4740	-
	0,40	7320	6636	2040
	0,50	8540	8216	3570
	1,00	12200	13000	8840
	2,00	15860	17696	13940
Тяжело-суглинистые и глинистые	3,00	18056	20540	17000
	4,00	19520	22278	19040
	0,20	5400	2280	-
	0,30	8640	5700	-
	0,40	10800	7980	2520
	0,50	12600	9880	4410
	1,00	18000	15580	10920
Глинистые с особо низкой солеотдачей	2,00	23400	21280	17220
	3,00	26640	24700	21000
	4,00	28800	26790	23520
	0,20	8100	3360	-
	0,30	12960	8400	-
	0,40	16200	11760	4092
	0,50	19000	14560	7161
	1,00	27000	23000	17732
	2,00	35100	31360	27962
	3,00	39960	36400	34100
	4,00	43200	39480	38192

глубину 35 - 40 см двухъярусным плугом и тщательную планировку. Для обеспечения высокой эффективности промывного полива на промываемом участке устраивают чеки площадью 0,10 - 0,50 га: больших размеров - на участках с тяжелыми по механическому составу почвами, небольших размеров - на легких почвах. Валики, ограничивающие чеки, нарезают специальными валикоделателями. Высота валика принимается 30 - 50 см, ширина его в основании 60 - 80 см.

Временные дрены нарезаются канавокопателью КМ-1400, агрегатируемым с двумя тракторами С-100. На основе полевых исследований

установлено, что оптимальные расстояния между временными дренами для почвенно-мелиоративных условий Мургабского оазиса составляют 50 – 100 м, соответствуя удельной протяженности 100 – 200 м/га. Между временными дренами нарезаются временные оросители, из которых вода поступает непосредственно в чеки. Не следует допускать подачу воды из чека в чек, т.е. цепочкой, так как при этом значительно увеличиваются размеры промывной нормы. Для быстрого заполнения чека водой размер поливной струи должен быть 25 – 50 л/с. При этом меньшие расходы применяют на тяжелых почвах, большие – на более легких почвах. Величина поливной нормы промывного полива равна соответственно 1000 – 1500 м³/га и 2000 – 3000 м³/га.

Промывку производят отдельными тактами. Интервал между двумя разовыми поливами составляет 2 – 5 суток в зависимости от времени впитывания ранее поданной воды. Критерием проведения очередного такта промывки служит глубина залегания грунтовых вод: для легких и супесчаных почв – 1,0 – 1,5 м, для тяжелых – 0,5 – 1,0 м.

После окончания промывок временные оросители и дренаи засыпаются, а валики разравниваются. Затем, после подсыхания почвы, на промытых полях проводят чизелевание или боронование, чтобы сократить испарение и сохранить влагу.

Сильнозасоленные земли после промывок в первый год освоения следует занять солеустойчивыми кормовыми культурами. И только по мере рассоления почвы (со второго или третьего года) – хлопчатником.

На слабозасоленных землях, по данным многолетних опытов и производственной практики, посев хлопчатника экономически эффективен с первого же года освоения. На недостаточно промытых от солей землях в первый год освоения целесообразно высевать сорго (суданового гибрида), а со второго года – хлопчатник, который по стоимости урожая за два года давал самый наилучший показатель.

Липерну как культуру-освоитель рекомендуется высевать осенью под покровом озимых или же во второй половине февраля и первой декаде марта. Посев липерны на засоленных землях имеет мелиоративное значение. При этом поверхность почвы под покровом липерны затеняется и не так сильно нагревается. Температура почвы по сравнению с открытым полем оказывается пониженной. Вследствие этого испарение влаги из почвы, а вместе с ней и вынос солей из нижних в верхние слои почвы полностью прекращаются.

УДК 686.81/.84

Кандидаты с.-х. наук Г.И. РАБОЧЕВ,
М.ОРАЗГЬЛДЫЕВ, Д.ШЕРИПОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР НА ПЕСЧАНО-ПУСТЫННЫХ ПОЧВАХ

Развитие орошаемого земледелия связано с повышением урожайности сельскохозяйственных культур и освоением новых целинных массивов. Туркменская ССР располагает огромными земельными ресурсами, пригодными к орошению. Однако для их освоения необходима пресная вода, недостаток которой ощущается уже теперь. В связи с этим требуется изыскать дополнительные источники орошения. К ним следует прежде всего отнести значительные запасы минерализованных подземных и дренажных вод.

Общее количество дренажных вод, которые сбрасываются ежегодно в Сарыкамышское озеро, Амударью и пески Каракум, в современных условиях составляет около 5,0 млрд. м³ в год, в том числе по Ташаузскому оазису – 1,8 млрд. м³, Чарджоускому – 2,1, Мургабскому – 0,7 и Тедженскому – 0,3 млрд. м³. Среднегодовая минерализация сбрасываемых вод различна и составляет по оазисам соответственно 3,2 г/л, 2,9, 10,6 и 29,0 г/л.

Объем дренажно-сбросных вод в Туркменской ССР еще более возрастает в перспективе и в ближайшие годы достигнет 7 – 8 млрд. м³ в год. Такое обилие дренажно-сбросных вод, значительная часть которых слабо минерализована, делает проблему их использования особенно актуальной, тем более что находятся они в районах, испытывающих острый недостаток в воде. Использование этих вод может осуществляться в основном в виде орошения, промывки засоленных земель и обводнения пустынных пастбищных территорий с целью увеличения сельскохозяйственной продукции, кормовой емкости пастбищ и создания страховых запасов кормов.

В последние годы большие исследования, связанные с использованием минерализованных вод в народном хозяйстве, проведены в Узбекистане и Туркменистане [2, 3, 5]. Исследования показали, что применение слабоминерализованных вод на орошение кормовых культур дает вполне удовлетворительные результаты.

Прежде чем применять минерализованную воду, необходимо произвести качественную оценку ее. Для этого можно использовать эмпирические формулы Израэльсона, Стеблера, Антипова-Каратаева и Кадера, Буданова, Рождественского и т.д. Вывести общую формулу для всех случаев ирригационной оценки воды при огромном количестве факторов, влияющих на процессы, происходящие в почве под воздействием на нее поливов, по-видимому, невозможно. Но возможен расчет предельно допустимой минерализации оросительных вод для различных природных и ирригационно-хозяйственных условий [1, 4].

На различные сельскохозяйственные культуры дренажные воды воздействуют неодинаково. В связи с этим установление для них пределов использования минерализованных вод различной концентрации представляет важную практическую задачу. С этой целью проведены опыты по изучению влияния дренажных вод на ряд кормовых культур для уточнения режима их орошения минерализованными водами и на водно-солевой режим почвогрунтов.

На опытном участке* высевались сорго, кукуруза, суданская трава, подсолнечник, просо. Поливной режим для сорго устанавливался из расчета получения одного урожая зеленой массы при молочно-восковой спелости зерна с оросительной нормой 9,5 тыс. м³/га, суданской травы — из расчета получения двух укосов на зеленую массу с оросительной нормой 9,5 тыс. м³/га, для кукурузы — из расчета получения одного урожая на силос, подсолнечника — из расчета получения одного урожая зеленой массы, проса — из расчета получения одного урожая на зерно с оросительной нормой по 7,9 тыс. м³/га.

Биометрические измерения на возделываемых культурах проводились в фазе молочно-восковой и полной спелости зерна. Оптимальная густота стояния растений на опытном участке составила: для сорго — 80 тыс., кукурузы — 70 тыс., суданской травы — 270 тыс., подсолнечника — 70 тыс., проса — 350 тыс. на гектар. Состояние кормовых культур по фенофазам было хорошее, средняя высота главного стебля у сорго 180 см, кукурузы — 190 см, суданской травы — 200 см, подсолнечника — 220 см и проса — 100 см. Данные по урожаю кормовых культур приведены в таблице.

* Опытный участок расположен на мелкобугристых песках на территории колхоза им. В.И. Ленина Ильяинского района Ташаузской области вблизи Ильяинского обводнительного канала. Пески слабозасоленные, малоплодородные. Грунтовые воды залегают на глубине 4 — 5 м, минерализация их — 8 — 10 г/л.

Урожай кормовых культур,
орошаемых дренажной водой
с минерализацией 5 — 7 г/л

Культура	Густота стояния растений, тыс. шт./га	Масса, ц/га	
		зеленая	сухая
Сорго	80	300	100
Кукуруза	70	300	100
Суданская трава	270	350	117
Подсолнечник	70	400	—
Просо	350	350	150

В пересчете на кормовые единицы урожай зеленой массы сорго, выращенный при поливах дренажной водой, составил 7200 кг, сухой массы — 3700 кг, у суданской травы — соответственно 5950 кг и 3734 кг, кукурузы — 6000 кг и 4800 кг, урожай подсолнечника составил 4800 кг.

На 100 кг кормовых единиц зеленой массы суданской травы расходовалось минерализованной воды 160,0 м³, у сорго и кукурузы — 132 м³, су-

данской травы — 160 м³, подсолнечника — 165 м³, проса — 133 м³.

Результаты опыта орошения кормовых культур минерализованной водой на песчаном участке показывают, что к исходу второго года в полутораметровой толще наблюдается увеличение содержания солей $NaCl$, Na_2SO_4 , $CaSO_4$ и $MgSO_4$. По мере роста величины водоподдачи на орошение содержание плотного остатка по горизонту 0 — 25 см увеличивается в 1,6 раза, по горизонту 0 — 50 см — в 1,3 раза, 0 — 100 см — в 1,9 раза, 0 — 150 см — в 3,4 раза. За рассматриваемый период содержание SO_4 в полутораметровой толще возросло в 18,4 раза, Na — в 9,6 раза, Mg — в 4,4 раза, Cl — в 3,0 раза.

Отношение $Cl : SO_4$ при исходном значении 1 : 1,5 в конце первого года экспериментов было 1 : 0,56, в конце второго года — 1 : 0,24, а отношение $Na : Cl$ — соответственно 1 : 0,9, 1 : 2,5 и 1 : 3,6. Высокое отношение $Na : Ca$ свидетельствует о возможности поглощения натрия коллоидами почвы. При отношении катионов $Na : Ca$, равном 4 : 1, устанавливается такое адсорбционное равновесие, которое может создавать потенциальное солонцовое состояние почв. При высокой концентрации солей в растворе натрий обладает наименьшей гидратной оболочкой и легко поглощается почвенными коллоидами, вытесняя из поглощенного состояния катионы кальция и магния.

Увеличение поглощенного натрия отрицательно сказывается на физико-химических свойствах песков. Хороший эффект по нейтрализации натрия поливной воды при минерализации 6,0 — 7,0 г/л получен от внесения гипса из расчета 4 т/га.

По результатам опыта установлено, что степень и характер засоления песков в значительной мере определяются качественной характеристикой дренажных вод, а также степенью дренированности территории.

Таким образом, возможность выращивания кормовых культур (сорго, суданская трава, кукуруза, просо, подсолнечник) на песчано-пустынных почвах при орошении среднеминерализованными водами в условиях Тапаузского оазиса не вызывает сомнения. Орошение дренажными водами требует создания условий для свободного гравитационного тока воды в нижележащие слои грунтов. Оно целесообразно на фоне хорошо действующего искусственного дренажа и совершенно недопустимо в бездренажных условиях, поскольку во всей полутораметровой толще происходит увеличение содержания солей. Поливные и оросительные нормы при использовании дренажных вод должны быть на 20 - 30 % выше общепринятых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов - Каратаев И.Н., Кадер Г.М. К методике мелиоративной оценки оросительной воды. - "Почвоведение", 1959, № 2.
2. Кап Д.М. Использование грунтовых вод на орошение в Бухарском оазисе. - "Хлопководство", 1958, № 8.
3. Рабочев И.С. Влияние минерализованных вод на солевой режим почв и урожай сельскохозяйственных культур. Ашхабад, "Ылым", 1973.
4. Рабочев И.С. и др. Рассоление почв и орошение сельскохозяйственных культур минерализованными водами. Ашхабад, "Ылым", 1973.
5. Рахимбаев Ф.М., Ибрагимов Г.А. Использование дренажных и грунтовых вод для орошения. М., "Колос", 1979.

УДК 631.453

Инж.-гидромелиоратор К.САПАРОВ

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА НА УРОЖАЙ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ

При поливе сельскохозяйственных культур минерализованной водой на развитии растений сказывается многогранное влияние различных

факторов. Изучение факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, представляет большой интерес, в том числе и при программировании урожая.

В период вегетации сельскохозяйственных растений влажность почвы поддерживается не ниже 70 % полевой влагоемкости. При такой влажности обеспечивается растворение находящихся в корнеобитаемом слое почвы питательных элементов и солей. В работах [1, 2] высказано предположение, что со снижением влажности почвы концентрация почвенного раствора вокруг корневых волосков возрастает по сравнению с почвенной средой в целом. Известно, что соли создают высокий осмотический потенциал в почве, который растения вынуждены преодолевать при поглощении влаги и питательных элементов. В связи с этим интенсивность транспирации, роста и развития растений резко снижается до полного использования доступной влаги из почвы. Эти явления могут возникать и при поливе минерализованной водой.

Исследования по выявлению влияния концентрации солей в почвенном растворе на урожайность суданской травы и засоление почв, на которых она выращивалась, проводились в 1976 - 1977 гг. на присаженных песках в Ашхабадском районе Туркменской ССР. Для полива в мелкоделяночном опыте (площадь делянок, изолированных друг от друга до глубины 120 см полиэтиленовой пленкой, 4,5 м²) использовалась минерализованная вода с заданной концентрацией солей: 3,0, 6,0, 10,0 и 15,0 г/л. Изменение концентрации солей достигалось разбавлением пресной водой с концентрацией 0,6 - 0,7 г/л. Состав и концентрация солей в поливной воде после разбавления приведены в табл. I.

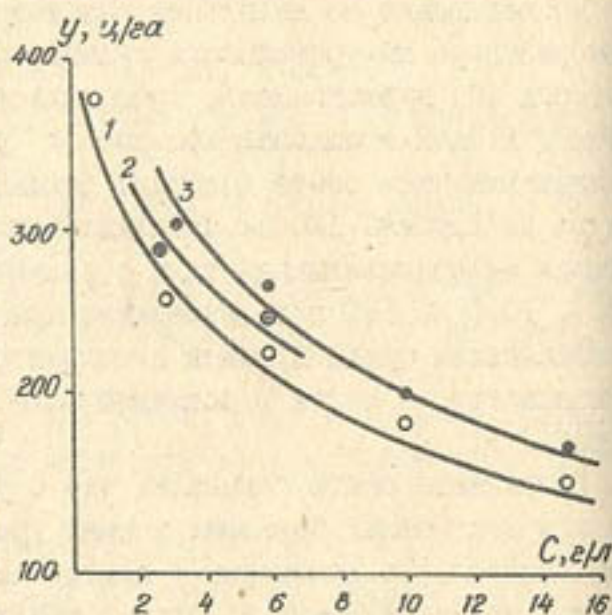
Результаты опыта показали, что с увеличением минерализации воды при неизменных поливных нормах урожайность суданской травы уменьшается. По сравнению с контролем урожайность ее по вариантам полива минерализованной водой с различными поливными нормами снижается. С увеличением поливных норм при неизменных концентрациях

* На опытном участке до глубины 260 см залегает почти однородная песчаная толща. Нижние горизонты представлены супесчаными и легкосуглинистыми грунтами. Объемная масса почвы в двухметровом слое изменяется в пределах от 1,46 до 1,50 г/см³, полевая влагоемкость - от 7,46 до 7,64 % массы почвы. В метровом слое в начале вегетации содержание солей по плотному остатку колеблется от 0,0612 до 0,0950 %, а хлор-иона - от 0,0036 до 0,0072 %.

солей в воде урожайность суданской травы повышается (см. рисунок). Возможно, в данном случае происходит фильтрационный отток и вынос некоторого количества солей из корнеобитаемого слоя, где какой-то период времени сохраняется сравнительно высокая влажность. Все это в совокупности создает благоприятные условия.

При поливе минерализованной водой с концентрацией солей до 6,0 – 6,5 г/л первый укос произведен 10 июня, при повышении минерализации поливной воды до 15,5 г/л – на 12 дней позже. За вегетационный период при концентрации солей в поливной воде 0,6, 3,46 и 6,46 г/л произведено четыре укоса, а при концентрациях 10,5 и 15,5 г/л – всего три укоса.

По всем вариантам опыта все агротехнические мероприятия проводились одинаково. Основным фактором, влияющим на урожайность растений, является водно-солевой режим почвы. В связи с этим перед каждым укосом суданской травы отбирались образцы почвы для определения содержания солей в метровом слое. Для представления о качественном составе солей результаты анализов водной вытяжки пересчитывались на соли. Этот пересчет основан на связывании катионов с анионами в зависимости от повы-



Зависимость урожайности от минерализации воды при различных поливных нормах, м³/га:

I – I3700; 2 – I7250;
3 – I8900

Т а б л и ц а I

Состав
и концентрация солей, г/л,
в поливной воде

С о л и	Плотный остаток, г/л	
	3,460	6,460
$Ca(HCO_3)_2$	0,1677	0,2284
$CaSO_4$	0,2400	0,2842
$MgSO_4$	0,9626	2,0193
Na_2SO_4	0,3770	0,2244
$NaCl$	0,5937	0,1259
Na_2CO_3	0,0212	0,0662

шения растворимости образующихся солей. Полученные данные показывают (табл. 2), что содержание наиболее токсичных солей, таких как $MgSO_4$, Na_2SO_4 и $NaCl$, уменьшается при увеличении поливной

Т а б л и ц а 2

Состав солей в метровом слое почвы в период
вегетации суданской травы, % к массе сухой почвы

Оро- сите- льная норма м ³ /га	Дата взятия образ- цов	С о л и					Плотный остаток, % к сухой массе почвы
		Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaCl	
Минерализация поливной воды:							
0,6 – 0,7 г/л							
I3700	9/УІ	0,0454	–	0,0072	0,0121	0,0136	0,1034
	21/УІ	0,0202	–	0,0018	0,0227	0,0093	0,0717
	12/ІХ	0,0356	0,0034	0,0179	–	0,0146	0,0827
3,0 – 3,5 г/л							
I3700	21/УІІ	0,0292	0,0020	0,0162	0,0334	0,0233	0,1307
	12/ІХ	0,0235	–	0,0096	0,0327	0,0246	0,1194
I7250	9/УІ	0,0437	0,0095	0,0204	–	0,0170	0,1130
	21/УІ	0,0219	–	0,0096	0,0360	0,0253	0,1267
	12/ІХ	0,0340	0,0048	0,0306	0,0170	0,0146	0,1347
I8900	21/УІІ	0,0259	0,0007	0,0102	0,0298	0,0223	0,1179
	12/ІХ	0,0356	0,0102	0,0174	0,0405	0,0281	0,1377
6,0 – 6,5 г/л							
I3700	21/УІІ	0,0267	–	0,0138	0,0383	0,0240	0,1077
	12/ІХ	0,0348	–	0,0594	0,0241	0,0321	0,1747
I7250	12/ІХ	0,0356	0,0061	0,0295	0,0270	0,0263	0,1545
I8900	9/УІ	0,0373	–	0,0114	0,0142	0,0223	0,1200
	21/УІ	0,0202	–	0,0078	0,0291	0,0194	0,1052
	12/ІХ	0,0364	0,0014	0,0408	0,0227	0,0315	0,1630
10,0 – 10,5 г/л							
I3700	9/УІ	0,0454	0,0082	0,0288	0,0575	0,0333	0,2223
	22/УІ	0,0292	0,0218	0,0141	0,0763	0,0433	0,2247
	21/УІІ	0,0364	0,0218	0,0288	0,0404	0,0433	0,2107
I8900	9/УІ	0,0357	–	0,0156	0,0270	0,0234	0,1532
	22/УІ	0,0316	–	0,0294	0,0469	0,0333	0,1951
	21/УІІ	0,0445	0,0020	0,0488	0,0731	0,0386	0,2298
15,0 – 15,5 г/л							
I3700	9/УІ	0,0445	–	0,0288	0,0376	0,0345	0,1992
	22/УІ	0,0381	0,0204	0,0234	0,0667	0,0386	0,2449
	8/УІІІ	0,0381	0,0673	0,0288	0,0390	0,0526	0,2637
I8900	9/УІ	0,0421	–	0,0210	0,0625	0,0321	0,1758
	22/УІ	0,0364	0,0218	0,0114	0,0755	0,0333	0,2384
	8/УІІІ	0,0350	0,0300	0,0408	0,0753	0,0526	0,2900

нормы и в зависимости от концентрации солей в поливной воде.

Содержание солей $MgSO_4$, Na_2SO_4 и $NaCl$ в метровом слое при поливе пресной водой не превышает соответственно следующих значений: 0,0179, 0,0227 и 0,0146 % к массе сухой почвы. При поливе минерализованной водой оно повысилось в несколько раз. Высокое содержание токсичных солей и низкая полевая влагоемкость песчаных почв в межполивной период при поливе пресной водой обуславливают концентрацию почвенного раствора в пределах 12 – 14 г/л. При поливе минерализованной водой с концентрацией солей 3,46 г/л в метровом слое накапливается, в зависимости от поливной нормы, соответственно $MgSO_4$, Na_2SO_4 и $NaCl$ в пределах 2,9 – 5,1 г/л, 2,83 – 5,00 и 2,43 – 4,40 г/л, а при минерализации поливной воды 6,46 г/л содержание этих солей несколько повышается, варьируя соответственно в пределах 4,92 – 9,9 г/л, 3,78 – 6,38 и 3,3 – 5,35 г/л. При минерализации поливной воды 10,5 г/л концентрация $MgSO_4$, Na_2SO_4 и $NaCl$ соответственно изменяется в пределах 4,8 – 8,1 г/л, 6,73 – 12,2 и 6,43 – 7,21 г/л. При увеличении ее до 15,5 г/л концентрация $MgSO_4$ достигает 4,6 – 6,8 г/л, Na_2SO_4 – 6,5 – 12,6 г/л и $NaCl$ – 5,6 – 8,8 г/л. Концентрация почвенного раствора по плотному остатку возрастает до 40 г/л.

Результаты, полученные в полевых условиях, свидетельствуют о тесной взаимосвязи и сопряженности урожайности с концентрацией почвенного раствора, а последнего – с поливной нормой. С повышением концентрации солей в почвенном растворе возрастает потенциал за счет химического потенциала, с повышением которого уменьшается доступность почвенной влаги для растений. При этом возможны такие периоды, когда влажность почвы близка к полевой влагоемкости. Полученные данные позволяют перейти к следующему этапу исследований по измерению химического потенциала минерализованных вод с различной концентрацией солей и изучению их влияния на транспирацию растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нерпин С.В., Саноян М.Г., Аракелян А.А. О способах учета поглощения влаги корнями растений при моделировании влагообмена на сельскохозяйственном поле. – "Доклады ВАСХ-НИЛ", 1976, № 9.

2. Саткшф Дж. Ф. Поглощение минеральных солей растениями (перевод с англ. яз.). М., "Мир", 1964.

УДК 631.432.26

Д-р техн. наук С.В.НЕРПИН,
инж.-гидромелиоратор К.САПАРОВ,
канд. техн. наук Е.Д.ХЛОПОТЕНКОВ

ЗАВИСИМОСТЬ КАПИЛЛЯРНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА

Как известно, энергетическое состояние почвенной влаги удобно выразить через значение ее потенциала [2, 3], поскольку он является основой для оценки степени ее доступности для растений. В связи с этим в последние годы стали использовать такой комплексный показатель, как основная гидрофизическая характеристика почвы. Основной гидрофизической характеристикой почвы является зависимость между потенциалом влажности (матричный потенциал), мерой которого служит модуль отрицательного эквивалентного давления, и влагосодержанием почвы: $P = f(W)$. Величина P , кроме отмеченного назначения, наряду с физиологической и метеорологической информацией может служить критерием для формирования команд на полив в условиях орошаемого земледелия и при расчетах поливных норм.

Для определения зависимости $P = f(W)$ в лабораторных условиях наибольшее развитие получили методы пластинчатого ($P = 0 - 1,5$ атм) и мембранного ($P = 1 - 15$ атм) прессы и гигроскопический метод (3 – 2300 атм), на наш взгляд, – наиболее точный и перспективный. Заслуживает внимания и идея использования осмотического метода, разработанного в нашей стране А.М.Глобусом [3].

К настоящему времени достигнуты определенные успехи в разработке как экспериментальных [2, 3, 9], так и расчетных [2, 6, 9, 10] методов определения указанной выше зависимости. Однако большинство из них не нашли достаточно широкого применения в исследовательской практике и при массовых анализах водно-физических характеристик почвогрунтов.

На основе анализа современных методов определения указанных характеристик почв в работе [9] совершенно обоснованно, на наш взгляд, предложено классифицировать их по трем основным группам,

применительно к решению тех классов задач, которые обеспечивают практическое их использование для трех временных уровней принятых решений [5]. Такая классификация обусловлена тем, что характер задач, детальность описания состояния сельскохозяйственного поля и протекающих в нем процессов существенно различаются в зависимости от тех целей, для которых они будут использованы, т.е. в зависимости от "временных" уровней управления. Они различаются интервалом времени между принятием решения и его последствиями.

Первый уровень — принятие проектных решений. Например, о масштабах и видах мелиорации. Их последствия могут проявляться через 10 — 15 лет и более.

Второй уровень — планирование мероприятий, обеспечивающих программирование урожая на предстоящий вегетационный период. Применительно к данному этапу исследования зависимость $P = f(W)$ можно определять на основе таких аппроксимационных зависимостей, которые, с одной стороны, учитывали бы возможные изменения почвенно-гидрологических констант поля под влиянием различного рода агрономелиоративных мероприятий, с другой — были бы относительно просты в расчетах.

Третий уровень — управление процессом формирования урожая непосредственно в период роста и развития растений. Если для целей проектирования и программирования урожая необходимы данные о характеристике поля, о его медленно меняющихся агрофизических параметрах, то для целей оперативного управления последствиями правильных или ошибочных решений (на основе исходной информации) могут проявиться уже через несколько суток и даже через несколько часов.

В связи с этим для определения зависимости $P = f(W)$ на данном этапе исследования необходимо использовать экспериментальные методы определения, основанные на использовании новейшего оборудования и современных методик эксперимента [2, 3, 9]. Поскольку вопрос о влиянии степени минерализации поливной воды на водно-солевой режим корнеобитаемого слоя почвы относится в большей степени к третьему и частично ко второму уровню, при определении зависимости $P = f(W)$ нами были выбраны соответствующие методы исследования. В экспериментах исследовалась почва опытного участка ТуркменНИИГиМа*

* В почве преобладают песчаные фракции — 80 — 96 %, фракций пыли содержится 1,0 — 4,0 %, глинистых фракций — 5 — 7 %. Объемная масса почвы 1,46 — 1,48 г/см³, плотность 2,69 г/см³.

Начальная концентрация почвенного раствора составляла 0,8, 3,0 и 6,0 г/л. Тип засоления воды, использовавшейся в экспериментах, по анионному составу — хлоридно-сульфатный, по катионному — магниевый-натриевый.

Для определения зависимости $P = f(W)$ в пределах давления от 0 до 15 атм использовались два прибора — пластинчатый пресс и пленочный мембранный пресс*. Давление газа в камере пресса, взятое с обратным знаком, служило мерой капиллярного потенциала. Определение по каждому значению давления проводилось в трехкратной повторности.

Результаты экспериментальных исследований по определению зависимости $P = f(W)$ при различных значениях начальной концентрации почвенного раствора показали (табл. I), что с повышением концентрации почвенного раствора возрастает влагоемкость исследуемой почвы, причем в большей степени при высокой влажности в диапазоне давления от 0 до 0,33 атм. По мере уменьшения влажности почвы при давлении от 1 атм и выше это влияние проявляется менее заметно. Аналогичные закономерности были получены и другими исследователями [10].

Т а б л и ц а I
Объемная влажность
песчаной почвы, % к объему ее,
при различном капиллярном
давлении почвенной влаги

Дав- ление, атм	Концентрация почвенного раствора, г/л		
	0,8	3,0	6,0
Плотность почвы 1,50 г/см ³			
0	0,4200	0,4200	0,4200
0,10	0,2055	0,2079	0,2141
0,20	0,1584	0,1620	0,1647
0,33	0,0846	0,0872	0,0893
0,50	0,0456	0,0482	0,0504
1,00	0,0350	—	0,0362
2,00	0,0302	—	0,0330
3,30	0,0264	—	0,0273
5,00	0,0233	—	0,0239
10,00	0,0192	—	0,0206
15,00	0,0168	—	0,0180

Очевидно, данный эффект можно объяснить двумя факторами: увеличением поверхностного натяжения по мере растворения неорганических солей и изменением геометрии порового пространства за счет того, что соли уменьшают давление набухания глинистых частиц, находящихся в почве [7, 8].

В работе [10] было показано, что зависимость $P = f(W)$ для тяжелых почв

* Принцип работы пластинчатого и мембранного прессов ранее [2], поэтому в данной статье не рассматривается.

лучше аппроксимировать на основе функции:

$$P = P_{нач} e^{A(W_{нас} - W)} \quad (1)$$

а грунты и песчаные почвы — на основе функции:

$$P = P_{нач} \left(\frac{W_{нас}}{W} \right)^n \quad (2)$$

где $P_{нач}$ — капиллярное давление, соответствующее высоте капиллярного подъема влаги в данной почве;

A и n — численные коэффициенты, характерные для данной почвы;

$W_{нас}$ — влажность полного насыщения почвы, % к объему.

Методика использования аппроксимационных функций (1) и (2) заключается в следующем. Если известны две точки кривой, построенной по зависимости $P = f(W)$, то из соотношений

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{A(W_2 - W_1)} \quad \text{и} \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^n \quad (3)$$

определяются коэффициенты A и n , затем на основе функций (1) и (2) находятся $P_{нач}$ и $P_{нач}'$ при условии, что известна величина $W_{нас}$.

Используя результаты определения $P = f(W)$, приведенные в табл. 1, в зависимостях (2) и (3), нами определены величины $P_{нач}$ и n при заданных исходных значениях начальной концентрации почвенного раствора $C_{нач}$ (табл. 2).

При этом в качестве W_1 и W_2 соответственно принимались их значения, соответствующие $P = 0,33$ атм и $P = 15$ атм.

Если принять в первом приближении, что зависимости $n = f(C)$ и $P_{нач} = f(C)$ для данного интервала значений $C_{нач} = 0,8 - 6,0$ г/л имеют вид прямых линий (рис. 1 и 2), то в этом случае можно записать:

$$n = 0,0044 C_{нач} + 2,3575 \quad (4)$$

$$P_{нач} = 10^{-3}(0,2 \cdot C_{нач} + 7,22) \quad (5)$$

С учетом выражений (4) и (5) на основе зависимости (2)

для $P = f(W, C)$ можно записать:

$$P_{нач}(C_{нач}) = 10^{-3}(0,2 \cdot C_{нач} + 7,22) \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{W_{нас}}{W} \right)^{0,0044 C_{нач} + 2,3575} \quad (6)$$

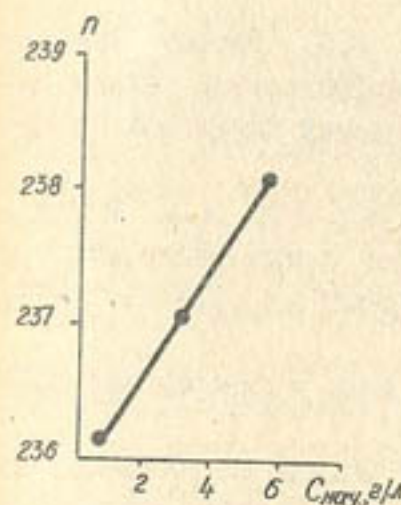


Рис. 1.
Зависимость n от
концентрации солей

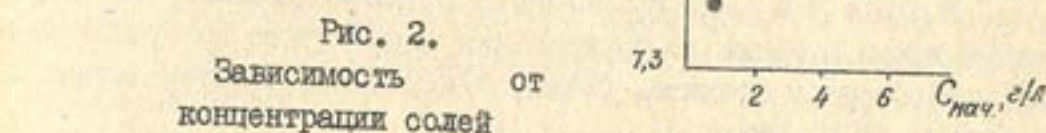


Рис. 2.
Зависимость $P_{нач}$ от
концентрации солей

Таким образом, полученная зависимость (6) является обобщенной для семейства кривых $P = f(W, C)$, показанных на рис. 1 и 2, в диапазоне изменения начальной концентрации почвенного раствора от 0,8 до 6,0 г/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беккиев К.Б. Влияние плотности на водоудерживающую способность почв Прикопетдагской зоны. — В сб.: Вопросы водного хозяйства в Туркменистане. Ашхабад, "Ылым", 1973.
2. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л., Гидрометеиздат, 1969.
3. Глобус А.М. Неизотермический внутрипочвенный влаго-

Таблица 2
Параметры
аппроксимальной функции
(2) при разных значениях
начальной концентрации
почвенного раствора

$C_{нач}$	n	$P_{нач}, \text{атм}$
0,8	2,3613	$7,39 \cdot 10^{-3}$
3,0	2,3680	$7,90 \cdot 10^{-3}$
6,0	2,3833	$8,28 \cdot 10^{-3}$

обмен. — Автореферат докторской диссертации. Л., 1977.

4. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе растение — воздух — почва. Л., Гидрометеоиздат, 1975.

5. Нерпин С.В., Жуковский Е.Е. О классификации уровней принятия решений в растениеводстве и земледелии. — "Доклады ВАСХНИЛ", 1975, № 2.

6. Онищенко В.Г., Мичурин Б.Н. Расчет зависимости капиллярно-сорбционного давления и коэффициентов влагопроводности от влажности почв. — "Научно-технический бюллетень по агрономической физике", 1975, № 23.

7. Серебровская М.В., Усъяров О.Г., Муллер В.М. Внутрикристаллическое набухание монтмориллонита в водных растворах электролитов. — "Колл. журнал", т. XXXIV, 1972, № 5.

8. Фегелер П. Режим катионов и воды в минеральных почвах. М., ОГИЗ, Сельхозиздат, 1938.

9. Хлопотников Е.Д. Краевые задачи влагообмена на мелиорируемой территории и методы определения водно-физических свойств почвогрунтов. — Автореферат кандидатской диссертации, Л., АФН, 1975.

10. Хлопотников Е.Д., Белкова В., Шопски Н., Донева Б. Возможности за использование на някои апроксимационни функции за определение параметрите на уравненията на влагообмена в почвата. София, "Гидрология и метеорология", 1979, година XXIII, книги 4.

УДК 624.152.612.2

Канд. техн. наук В.В. ПОПЛАВСКИЙ

РЕЗУЛЬТАТЫ СОПОСТАВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ С ДАННЫМИ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОПониЖЕНИЯ

Для оценки степени точности существующих [2] и предлагаемых нами [3, 4] зависимостей, выведенных для неограниченной области фильтрации в однородных грунтах и рекомендуемых для расчета водопонижения линейными и контурными установками, были выполнены со-

ответствующие расчеты по фильтрационным формулам для двухрядной, кольцевой и однорядной установок. Результаты расчета сопоставлялись с данными, полученными при проведении экспериментальных исследований строительного водопонижения на опытной установке / 5 /.

В ходе расчета по этим формулам определялись понижение уровня грунтовой воды в центре двухрядной и кольцевой установок, а также на расстоянии 850 см от однорядной и расход одного иглофильтра за 3 — 6 суток непрерывной откачки при следующих значениях основных гидрогеологических параметров: $\alpha = 5,26 \text{ см}^2/\text{с}$, $k = 0,000149 \text{ см/с}$. Остальные исходные для расчета данные были приняты по результатам экспериментальных исследований.

Сопоставление значений пьезометрических уровней H , вычисленных по формулам и полученных экспериментально, показывает их довольно близкое совпадение (см. таблицу). Расхождения расчетных значений по сравнению с экспериментальными составляют 0,6 — 16 %, что вполне приемлемо для практических расчетов водопонижения иглофильтровыми установками вакуумного типа.

В отношении расходов (см. таблицу) использование зависимости в случае однорядной линейной установки дает заниженные значения на 31 — 54 %, в случае двухрядной и кольцевой установок — завышенные значения на 11 — 71 %. В соответствии с данными [1] полученные расхождения находятся в пределах точности определения глубины залегания водоупора, коэффициентов водоотдачи и пьезопроводности пласта, а также осредненного коэффициента фильтрации в слабопроницаемых грунтах.

Имевшие место расхождения понижений и расходов, по нашему мнению, были вызваны:

- неоднородностью водоносной толщи в области влияния опытной водопонижительной установки (неоднородность в плане и разрезе);
- неполным соответствием действительных гидрогеологических условий схематизированным гидрогеологическим условиям, положенным в основу вывода расчетных формул;
- выполнением расчетов, относящихся к одиночному, ограниченной длины линейному ряду иглофильтров, по формулам, выведенным для ряда бесконечной длины;
- приближенностью введенных в расчет численных значений коэффициентов уровнепроводности и фильтрации, а также уровней воды.

Несмотря на сказанное, имеется возможность рекомендовать существующие зависимости В.М. Григорьева [2] для двухрядных установок, а также уточненные и полученные нами зависимости соответ-

венно для кольцевых [4] и однорядных [3] линейных установок. Эти зависимости позволяют с достаточной для практических расчетов точностью определять сниженную глубину залегания грунтовых вод в наиболее важных с производственной точки зрения пунктах области фильтрации и значения расходов воды, притекающих к одному иглофильтру, для широкого применения в практике фильтрационных расчетов строительного водопонижения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев Л.Н., Гаврилко В.М., Дობачев П.В. Шестаков В.М. Водопонижение в гидротехническом строительстве. М., Госстройиздат, 1960.
2. Григорьев В.М. Вакуумное водопонижение. М., Стройиздат, 1973.
3. Григорьев В.М., Поплавский В.В. Расчет фильтрации в неограниченном пласте к одиночным рядам несовершенных скважин при постоянных в них понижениях. - В сб.: Повышение эффективности гидромелиоративных систем. Ашхабад, "Илим", 1977.
4. Поплавский В.В. Расчет неустановившейся фильтрации к кольцевым рядам иглофильтров. - В сб.: Мелио-

Сводка о сопоставлении данных расчета водопонижения с результатами экспериментов

Продолжительность откачки, сут	Пьезометрический уровень, м/см		Расход иглофильтра, Q см ³ /с	
	по расчету	в натуре	по расчету	в натуре
Иглофильтровые установки:				
однорядная				
0	961	961	7,94	14,30
1	930	872	6,05	8,72
2	899	859	5,22	8,72
3	864	857	4,88	9,80
4	845	850	4,55	9,80
5	825	848	4,38	7,29
6	810	844	4,60	6,85
двухрядная				
0	902	902	8,60	10,00
1	895	895	9,82	11,40
	845	725	6,30	3,68
2	867	794	7,62	5,25
	765	696	5,42	4,98
3	822	769	7,25	5,00
	698	680	4,67	4,98
4	782	768	6,69	5,00
	-	-	-	-
4	747	768	6,14	4,62
кольцевая				
0	927	927	8,30	7,27
	901	901	8,93	6,94
1	837	756	5,83	3,90
	844	811	7,38	6,67
2	782	748	5,18	3,61
	812	810	6,92	4,72
3	739	748	4,56	3,34
	785	809	6,54	4,45

4	716	745	4,44	3,23
	766	802	6,28	4,40

Примечание. В числителе приведены данные при шаге иглофильтров $b = 150$ см, в знаменателе - при $b = 300$ см.

исследования в Туркменистане. Ашхабад, "Илим", 1977.

рация орошаемых земель в Туркменистане. Ашхабад, "Илим", 1978.

5. Поплавский В.В. Исследование насосных агрегатов и всасывающих систем легких иглофильтровых установок. - В сб.: Водохозяйственные исследования в Туркменистане. Ашхабад, "Илим", 1977.

УДК 626.862.4

Инженеры-гидротехники
Д. КАГРАМАНОВ, К. БАБАЕВ

ГЛУБОКИЕ САМОИЗЛИВАЮЩИЕСЯ СКВАЖИНЫ-УСИЛИТЕЛИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ХАУЗХАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Регулирование свободного стока Каракумского канала в Тедженском оазисе осуществляется Хаузханским водохранилищем, которое размещено в естественном плоскодоном понижении между 456 и 476 км Каракумского канала. Это водохранилище емкостью 875 млн. м³ имеет годовое изменение уровня между отметками 206,00 и 212,40 м. Опорожнение водохранилища до отметки 206,0 м происходит в течение трех месяцев, начиная с июня, после чего оно наполняется с сентября по ноябрь до полного объема.

Развитие фильтрационной депрессии из водохранилища существенно повлияло на режим грунтовых вод прилегающих к нему территорий, чему значительно способствовало интенсивное их орошение. Это вызвало подъем уровня грунтовых вод с глубины 10 - 15 м до 1 - 3 м от поверхности земли.

В северной и северо-западной части водохранилища в прилегающей к нему полосе шириной 500 - 800 м грунтовые воды залегают на глубине до 30 - 50 см. Здесь почти повсеместно отмечается выклинивание фильтрационных вод. Общая ширина зоны влияния водохранилища составляет 10 - 15 км.

На территории зоны влияния Хаузханского водохранилища грунтовый поток представляет собой единый водоносный горизонт со свободной поверхностью, залегающий в четвертичных отложениях. Мощность

его колеблется от 50 до 150 м. Покровные отложения мощностью от 3 до 15 м представлены переслаивающимися песчаными и глинистыми разностями с коэффициентом фильтрации 0,3 – 0,6 м. Основными водосодержащими породами являются пески с прослоями суглинков, глин, которые занимают весь остальной разрез до водоупора. Коэффициент фильтрации основной толщи колеблется от 1,0 до 2,5 м/сут.*

Ослабление влияния фильтрации из Хаузаханского водохранилища – актуальная задача. Защитный дренаж, который мог бы перехватывать часть потока, фильтрующегося из водохранилища, отсутствует. Имеющийся в теле плотины трубчатый дренаж перехватывает просачивающийся через него фильтрационный поток и сбрасывает воду в водосбросной открытый коллектор небольшой глубины (1,5 – 2,0 м), который практически бессточен и функции дренажа не выполняет.

Проведенные в 1979 г. натурные наблюдения по пьезометрическому створу к водохранилищу показали, что около 80 % грунтового потока приходится на разгрузку в зоне влияния водохранилища, причем линии тока имеют крутовосходящий характер. При этом имеющиеся слои глин создают условия затрудненного перетока, в связи с чем здесь целесообразна разгрузка грунтового потока путем строительства глубоких самоизливающихся скважин-усилителей.

С целью определения эффективности работы глубоких скважин-усилителей в зоне влияния Хаузаханского водохранилища в апреле 1980 г. в районе пос. Хаузахан были пробурены и оборудованы две самоизливающиеся скважины: первая – на откосе открытого коллектора МУР-КС-2, на расстоянии 509 м от уреза водохранилища, вторая – на откосе водосбросного коллектора, на расстоянии 304 м от уреза водохранилища. Типовые литологические разрезы*, в которых находятся обе скважины-усилителя, показаны на рис. 1.

Скважины-усилители представляют собой металлическую трубу диа-

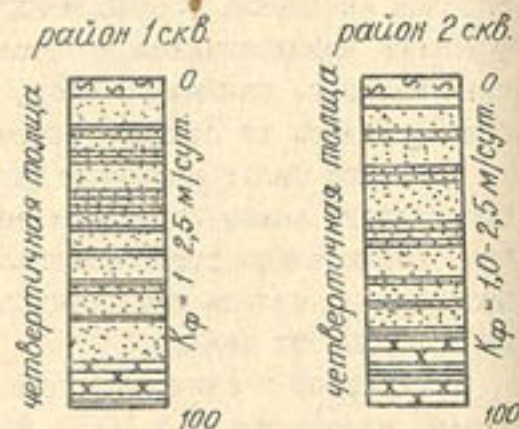


Рис. 1. Типовые литологические разрезы

* Изучение влияния Хаузаханского водохранилища на подтопление прилегающих территорий и разработка рекомендаций по их защите. – Научно-технический отчет ТуркменНИИГиМа, Ашхабад, 1978.

метром 89 мм, длиной 30 м. Верхняя часть трубы в интервале от 0 до 12 м – глухая, в интервале 12 – 27 м – фильтр и 27 – 30 м – отстойник. Фильтр устроен в виде дырчатой перфорации трубы. Диаметр отверстий 16 мм, скважность около 12 %. Поверх отверстий обмотана в один слой сетка гладкого (галунного) плетения № 10/70 (ВТУЭИ45-41).

Скважины бурились на расстоянии 2 м от бровки коллектора буровым станком УРБ-ЗАМ. Диаметр бурения составлял 300 мм. Затрубное пространство скважин обсыпалось на всю глубину забоя Белахской смесью с большой примесью мелких частиц. После окончания бурения проводилась кратковременная разглинизация стенок скважин и эрлифтная откачка в течение 1,5 – 2 часов. Установленные скважины-усилители были окопаны и соединены траншеей с дном коллектора для стока изливающейся из них воды. Скважины сверху до 4 м были снабжены патрубками для слива воды с интервалами через 1 м, диаметром 30 мм.

Глубина коллектора МУР-КС-2 до воды 1,7 м. Центр патрубка самоизлива находится от поверхности земли на глубине 1,39 м. Уровень самоизлива на 0,28 м выше уровня воды в коллекторе. Напор, под которым происходит самоизлив, равен 0,69 м (от патрубка самоизлива при его закрытии). Расход первой скважины-усилителя в первый день составил 0,41 л/с, на четвертый – 0,55 л/с. Горизонт воды в водохранилище имел отметку 211,78, т.е. был выше уровня самоизлива на 10,14 м. При изменениях уровня самоизлива были получены следующие расходы: $\Delta h = 0,69$ м, $Q = 0,55$ л/с; $\Delta h = 0,59$ м, $Q = 0,39$ л/с; $\Delta h = 0,49$ м, $Q = 0,32$ л/с; $\Delta h = 0,25$ м, $Q = 0,15$ л/с.

График зависимости расхода скважины-усилителя от напора приводится на рис. 2.

Глубина водосбросного коллектора до воды 1,4 м. Центр патрубка самоизлива находится от поверхности земли на глубине 0,98 м. Уровень самоизлива на 0,35 м выше горизонта воды в коллекторе. Уровень воды в водохранилище был выше уровня самоизлива на 7,75 м. Первоначально расход второй скважины-усилителя составил 0,1 л/с, а затем 0,13 л/с.

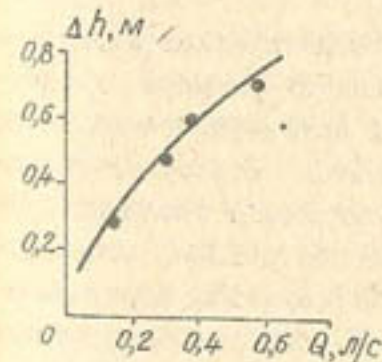


Рис. 2. График зависимости $Q = f(\Delta h)$

Скважины-усилители в течение наблюдаемого периода работают при стабильном расходе. При этом уровень воды в водохранилище существенно не изменился.

В данном случае неглубокие коллекторы не позволяют увеличить действующий напор и тем самым повысить расходы. Однако полученные опытные данные свидетельствуют о высоких расходах скважин-усилителей даже при имеющихся напорах.

Условия работы скважин-усилителей показывают, что при увеличении действующего напора (рис. 2) в пределах возможной строительной глубины коллекторов или закрытого дренажа (3 - 4 м) расход одной скважины-усилителя может возрасти до 1 - 2 и более литров в секунду.

Применение скважин-усилителей в зоне, прилегающей к Хаузханскому массиву, позволит значительно ослабить влияние водохранилища за счет перехвата фильтрационного потока, что существенно снизит нагрузку на дренаж и даст возможность увеличить междренные расстояния на орошаемых землях в этой зоне.

УДК 551.3(575.4)

Инж.-гидротехник С. ИСМАТОВ

ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ МУРГАБСКОГО ОАЗИСА

С окончанием строительства первой очереди Каракумского канала от р. Амударьи до р. Мургаб в декабре 1958 г. начались преобразования природных условий Мургабского оазиса.

С целью изучения основных типов физико-геологических и инженерно-геологических явлений и процессов, оценки их размера и выяснения необходимости постановки стационарных инженерно-геологических наблюдений на территории Мургабского оазиса Восточная геолого-геофизическая экспедиция по поручению Управления геологии Туркменской ССР проводила гидрогеологические исследования. Они проводились по маршрутам, прокладываемым вдоль р. Мургаб, ирригационных и дренажных каналов и реже через массивы сельскохозяйственных полей и песчаные пространства, окружающие оазис. Эти исследования показали, что Мургабский оазис характеризуется разнообразием инженерно-геологических процессов и физико-геологических явлений.

Все это связано преимущественно с деятельностью ветра, текущих поверхностных и грунтовых вод. До пуска воды по Каракумскому каналу здесь преобладали процессы, связанные с деятельностью ветра. Деятельность текущих поверхностных вод была не столь значительна, поскольку постоянно испытывался водный голод и вода распределялась очень скудно.

После ввода Каракумского канала в эксплуатацию проблема водного голода в Мургабском оазисе была решена: в целом подача воды увеличилась в 2 - 2,5 раза. Значительно возросла площадь орошаемых земель. Массивы мелкобугристых песков, прилегающие к орошаемым землям, стали распаиваться и орошаться, а иногда и просто заливались излишками поливных вод. В связи с этим ветровая эрозия прекратилась, появились несуществовавшие ранее выпасы для скота. Благодаря развитию орошаемого земледелия площадь песчаных земель, охваченных эоловыми процессами, сужается. Только в крайней северной части Каракумского района, где грунтовые воды залегают на глубине 20 - 25 м, еще сохранились крупные барханы незакрепленных бугристых песков.

В противоположность эоловой деятельности деятельность текущих вод стала приобретать доминирующее влияние в оазисе. Стремление как можно больше использовать незасоленных, естественно дренируемых земель привело к тому, что орошаемые сельскохозяйственные поля стали приближаться к руслу р. Мургаб, Джарскому сбросу, Каракумскому каналу, коллекторам и дренам. Наличие здесь многочисленных нор землероев и корневых ходов, неоднородность литологического строения, различные микропонижения, в которых скапливались сбрасываемые поливные воды, а также экстенсивное, граничащее с бесхозяйственностью, использование поливных вод явились причиной образования вдоль русла р. Мургаб суффозионных нор, воронок и промоин на значительной площади. Раньше эти явления были довольно редкими. При обследовании они обнаружены на территории Мургабского района ниже Каушутбентского гидротехнического сооружения, вдоль Джарского сброса, на территории колхоза "Ленинград" Каракумского района и во многих других местах.

В результате пропуска паводковых, излишковых, коллекторно-дренажных вод русло Джарского сброса переуглубилось на всей его длине, особенно в верховьях.

Часто встречается подмыв берегов в мостовых переходах и акведуках через коллекторы, резко активизировавшийся при сбросе паводковых вод в 1972 и 1975 гг. Русло Джарского сброса в районе же-

железнодорожного и автогужевого мостов не было подготовлено к пропуску больших расходов воды: большая часть его по ширине густо заросла камышом. Паводковые воды, встретив камышовую преграду, стали интенсивно подмывать правый берег. Наряду с этим на переуглубленном и расширенном участке русла сразу же за автогужевым мостом началась донная эрозия. На узком участке у правого берега была размыта каменистая наброска под автогужевым мостом, отсыпка и отмостка у его правой береговой опоры. Русло стало углубляться вверх по течению в сторону железнодорожного моста. Попытка отвести поток на середину русла успеха не имела. Он продолжал идти узкой полосой, прижимаясь к правому берегу и размывая его. На несколько дней прекратилось движение автотранспортных средств через мост.

Впоследствии ниже аварийного участка сооружена плотина, которая поднимает уровень воды в Джарском сбросе и уменьшает скорость течения. В результате этого угроза размыва мостовых переходов была устранена.

Не менее опасно зарастание коллекторных систем водной и влаголюбивой растительностью, которая настолько плотно перекрывает поток, что уровень воды в коллекторах и уровень грунтовых вод повышается. Тем самым снижается эффективность дренажа.

С приходом воды по Каракумскому каналу в Мургабском оазисе начали прогрессировать заболачивание и вторичное засоление почвогрунтов, проявляясь не только в пониженных частях межканальных депрессий, но и в нижних, а местами и средних частях ирригационных склонов. Эти явления обусловлены подачей огромных количеств ирригационных вод и расширением площади орошаемых земель. Все это, включая и бесхозяйственное, хищническое использование водных и земельных ресурсов, привело к ухудшению мелиоративного состояния земель, подтоплению территории городов и населенных пунктов.

За 1959 – 1962 гг. резко снизилась урожайность хлопчатника – с 15,5 до 12,5 ц/га. В связи с этим в 1963 г. в Мургабском оазисе интенсивно началось строительство коллекторно-дренажной сети, удельная протяженность которой в 1978 г. составила около 25 пог. м/га. Количество дренажных вод, отведенных за пределы оазиса, составляет около 600 млн. м³ в год, или 16 % общей водоподачи.

Отводимые дренажные воды по старым руслам рек и каналов сбрасываются в большом количестве в пески, где образовались огромные озера, заросшие влаголюбивой растительностью. При этом изменяются гидрогеологические условия и ландшафт в целом.

Во многих колодцах, расположенных вдоль коллектора, минерализация воды настолько повысилась, что сделала ее непригодной для использования. Существенно изменились растительность, рельеф и почвы на прилегающей к этим сбросам территории.

Таким образом, положительное решение проблемы борьбы с засолением в культурной зоне создает другую проблему – проблему сохранения ландшафта песчаной пустыни Каракумы.

Проведенные исследования показали, что Каракумский канал значительно изменил в целом природу Мургабского оазиса и песчаной пустыни, куда сбрасываются дренажные воды и где происходят различные благоприятные и неблагоприятные процессы.

УДК 631.6:551.491.7(575.4)

Инж.-гидрогеолог Б.М.ДЖОРАФВ

ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ БАСЕЙНА р. АМУДАРЬИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СКВАЖИНАМ-УСИЛИТЕЛЯМ (в пределах Туркменской ССР)

Гидрогеологические условия орошаемых земель во многом определяют принципиальную схему освоения и методы мелиорации осваиваемой территории.

Нами рассматриваются гидрогеологические условия орошаемых земель дельты и долины Амударьи с точки зрения применимости скважин-усилителей к горизонтальным дренам в зависимости от литологического состава и величины водопроницаемости по физико-географическим районам.

Земли современного и перспективного орошения на территории Ташаузской области распространены в зоне низких отметок Туранской низменности и занимают часть Присарыкамшской аллювиально-дельтовой равнины с плоским, слегка волнистым рельефом и общим уклоном на запад-северо-запад. Среднее значение уклона поверхности составляет 0,0002.

Грунтовые воды здесь приурочены к неоген-четвертичным отложениям при сплошном распространении. Региональным водоупором для них являются глины палеогена, повсеместно распространенные и выдержанные по мощности. Отложения неогена широко развиты и пред-

тавлены морскими N_1^2 , N_1^3 , континентальными N_1^3 , N_2^2 и озерными N_2^3 осадками.

Антропогенная система представлена в основном отложениями староречий и дельт Амударьи — Шахмуратской, Декчинской, Приаральской.

Шахмуратская дельта ($dt Q_{II}$) распространена в восточной части Ташаузского оазиса, в контуре современного орошаемого массива и представлена преимущественно тонко- мелкозернистыми песками с прослоями суглинков, супесей и глин общей мощностью 50 м [2].

Декчинская дельта (Q_{III-IV}) залегает на слабо размытой поверхности Шахмуратской дельты западнее линии Куня-Ургенч — Ленинск. Она представлена тонкозернистыми песками, ритмично переслаиваемыми супесями, суглинками и глинами. Суммарная мощность до 45 м.

Приаральская дельта (Q_{IV}) распространена к северу от Куня-Ургенча. В литологическом отношении она почти одинакова с отложениями Декчинской дельты. По водовмещаемости осадочные породы здесь, как и по другим дельтам, неоднородны ни в горизонтальном, ни в вертикальном направлении. Водопроницаемость пород уменьшается от замка дельты к ее периферии в пределах от 9 до 3 м/сут [2]. В разрезе резкое уменьшение фильтрационных свойств пород наблюдается в подошве четвертичных отложений.

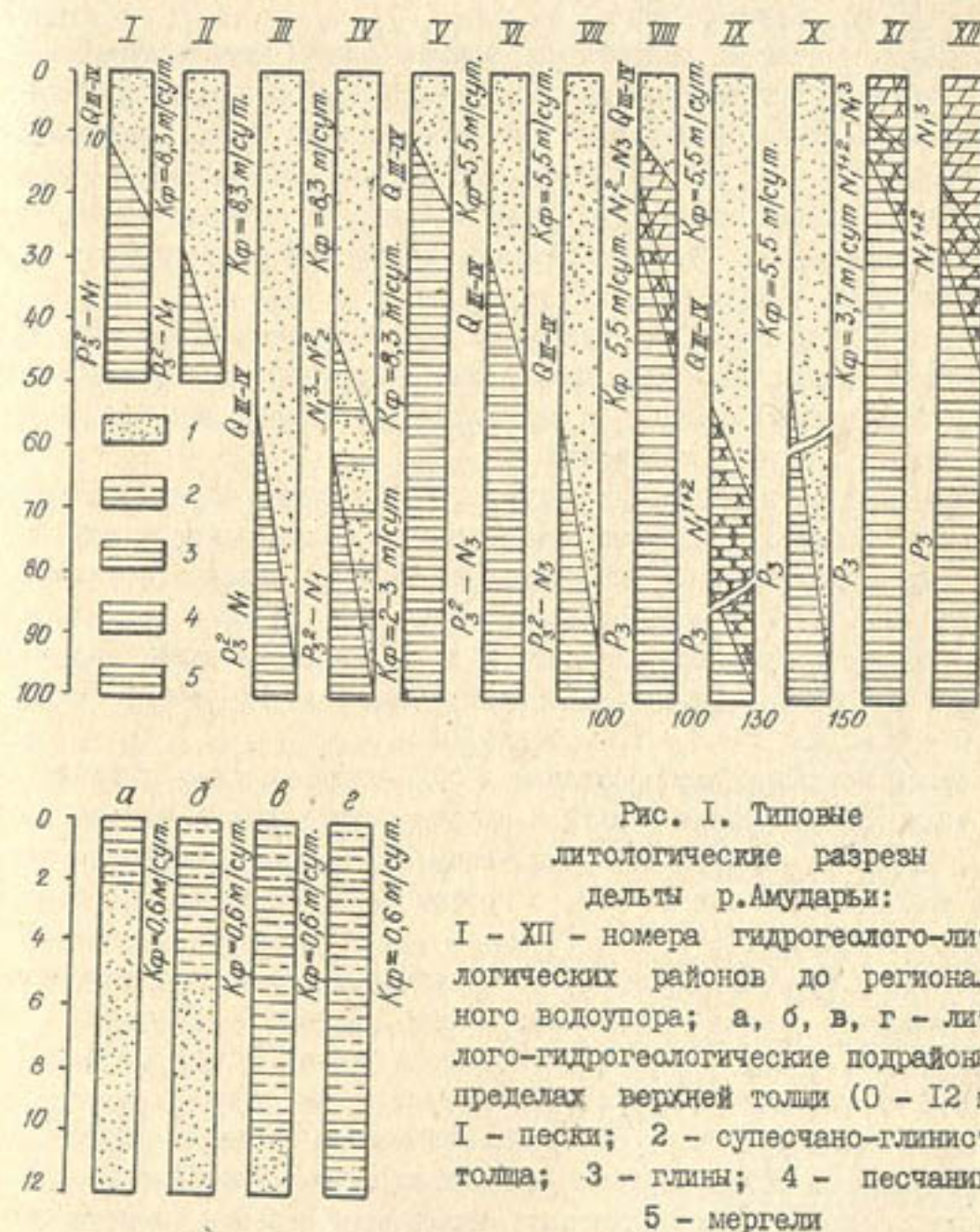
Для всех рассматриваемых дельт характерно, что грунтовый неоген-четвертичный водоносный горизонт, получающий питание от р. Амударьи и за счет инфильтрации оросительных вод, проходя по обширной дельтовой равнине, расходуется на испарение и выклинивается частично в Сарыкамышскую котловину. Естественный уклон поверхности грунтовых вод изменяется от 0,0002 до 0,0004. Подземный отток составляет 0,1 — 1,5 мм/сут, что характеризует дельту как бессточную область. Несмотря на такие литологические невыдержанности осадков в пространстве, сохраняется главная закономерность — дифференциация отложений по крупности от замка дельты к ее периферии. Этим определяется уменьшение водопроницаемости в западном направлении и состав осадков.

С учетом мощности, геологического, морфологического и литологического строения водоносного горизонта в пределах Ташаузского оазиса нами выделяются двенадцать гидрогеологических районов (рис. 1).

Первый, второй и третий гидрогеологические районы распространены в северо-восточной части Ташаузской области, сложены отложениями Шахмуратской дельты, представленными с поверхности песками. В литологическом отношении водосодержащая толща состоит из супе-

сей, суглинков и глин с коэффициентом фильтрации 8,3 м/сут. Мощность четвертичных отложений до регионального водоупора в первом районе не более 25 м, во втором составляет 25 — 50 м, третьем — более 50 м.

Четвертый гидрогеологический район распространен в юго-восточной части рассматриваемой территории, где Шахмуратская дельта мощностью 40 — 60 м подстилается отложениями заунгузской свиты неогена. Мощность водовмещающих толщ варьирует от 60 до 190 м. В литологическом отношении верхняя часть (40 — 60 м) представлена пе-



сками, супесями и суглинками с коэффициентом фильтрации 8,3 м/сут, а нижняя часть (40 – 190 м) – мелкозернистыми песками и прослоями глин с коэффициентом фильтрации 2 – 3 м/сут.

Пятый, шестой и седьмой гидрогеологические районы распространены севернее возвышенности Мангыр и представлены отложениями Декчинской дельты. В литологическом отношении водовмещающая толща представлена тонкозернистыми песками, переслаивающимися супесями, суглинками и глинами. Коэффициент фильтрации 5,5 м/сут. Мощность водосодержащей толщи в пятом районе в пределах до 25 м, в шестом – 25 – 50 м, седьмом – 50 – 150 м.

Восьмой и девятый гидрогеологические районы распространены южнее возвышенности Мангыр, где водоносный комплекс представлен отложениями Декчинской дельты и неогена. Верхняя часть водовмещающей толщи (10 – 20 и 50 – 70 м) сложена песками, супесями и суглинками с коэффициентом фильтрации 5,5 м/сут, нижняя – известняками и песчаниками. Мощность водовмещающей толщи составляет соответственно 25 – 50 и 50 – 150 м.

Десятый гидрогеологический район распространен в пределах Приаральской дельты. Водовмещающая толща представлена песками, супесями, суглинками и глинами с коэффициентом фильтрации 3,7 м/сут. Мощность водоносного горизонта 50 – 150 м.

Одиннадцатый и двенадцатый гидрогеологические районы распространены в пределах возвышенностей и плато. С поверхности представлены мергелями неогена. Водовмещающая толща сложена отложениями неогена (N_1^1 , N_1^2) мощностью соответственно до 25 и 25 – 50 м.

По мощности супесчано-глинистой толщи амударьинские дельтовые равнины в пределах Ташаузской области делятся на четыре подрайона: 0 – 2 м, 2 – 5, 5 – 10 и более 10 м.

Первый подрайон распространен в большинстве своем в центральной части Шахмуратской дельты и в зоне староречий Амударьи, Даудана, Дерялыка и Лоудана. Представлен в основном супесчано-глинистой толщей мощностью до 2 м, с коэффициентом фильтрации, составляющим 0,6 м/сут.

Второй и третий подрайоны имеют незначительное распространение и встречаются в зоне староречий. В литологическом отношении они представлены супесчано-глинистой толщей с коэффициентом фильтрации 0,6 м/сут. Ниже залегают пески с прослоями глин.

Четвертый подрайон широко распространен в пределах Декчинской и Приаральской дельт, а также в дочетвертичных возвышенностях и останках. Коэффициент фильтрации пород зоны аэрации и водоносной

толщи изменяется в широких пределах. Средневзвешенный коэффициент верхней 50-метровой толщи Шахмуратской дельты изменяется от 3,5 до 7,7 м/сут, Декчинской – от 2 до 3,1 м/сут [2]. По верхней слабопроницаемой супесчано-глинистой толще Шахмуратской дельты он составляет 0,6 м/сут, по нижней более водопроницаемой толще – 8,3 м/сут [3].

Учитывая методику и характер определения величины средневзвешенного коэффициента, в целях выполнения расчета усилителей горизонтального дренажа предлагаем принимать ее для верхней покровной толщи аллювиально-дельтовых отложений – 0,6 м/сут, для подстилающих песков Шахмуратской дельты – 8,3 м/сут, Декчинской – 5,5 и Приаральской дельты – 3,7 м/сут.

Чарджоуская область, расположенная в восточной части Туркменской ССР, занимает территорию, протянувшуюся широкой полосой по обеим сторонам вдоль р. Амударьи от ст. Калиф – на юге до Туямуна – на севере. Поверхность долины сложена верхнечетвертичными и современными аллювиальными отложениями. Более древние отложения (P , K), вскрытые глубокими скважинами, выходят на поверхность в пределах останцевых поднятий. Мощность четвертичных отложений достигает 50 – 60 м. Они представлены песками, супесями, суглинками и глинами. Грунтовые воды приурочены к неоген-четвертичным отложениям. Региональным водоупором являются глины эоцена, за исключением участка Керки – Бассага, где за водоупор приняты глины меловые. Мощность водоносного горизонта на правобережье колеблется от 7 до 49, а на левобережье – от 20 до 540 м. Грунтовый поток тесно связан с р. Амударьей и потоком, развитым в коренных бортах правобережья. Общее направление потока согласуется с направлением реки и общим уклоном поверхности земли, величина которого 0,0003 – 0,0004. На основе анализа природных условий рассматриваемой территории нами выделены шесть типов гидрогеологических условий орошаемых земель (рис. 2).

Первый район распространен в пределах Дарганатинского оазиса, сложен аллювиальными песками с прослоями супесей и суглинков. Мощность водоносного горизонта колеблется от 0 до 20 м с коэффициентом фильтрации 15 м/сут. Ниже залегает мощная толща глин палеогена, которая служит региональным водоупором.

Второй район распространен на участке Керки – Бассага. Водоносный горизонт представлен четвертичными и меловыми отложениями, сложенными песками, супесями, глинами и известняками мощностью до 170 м, с коэффициентом фильтрации 20 – 25 м/сут. Ниже залегают

отложения мела, представленные мощными толщами глин, которые служат региональным водоупором.

Третий район распространен в пределах Фарабского и частично Чарджоуского районов. Мощность водоносного горизонта колеблется от 20 до 30 м. В литологическом отношении водовмещающая толща представлена песками с прослоями суглинков и глин, слабоцементированными песчаниками с коэффициентом фильтрации 14 м/сут. Четвертый гидрогеологический район представлен неоген-четвертичными отложениями мощностью более 50 м, распространен в пределах левого и правого берега долины Амударьи от Дейнау до Керки. Мощность водоносного горизонта достигает 540 м. Коэффициент фильтрации водов-

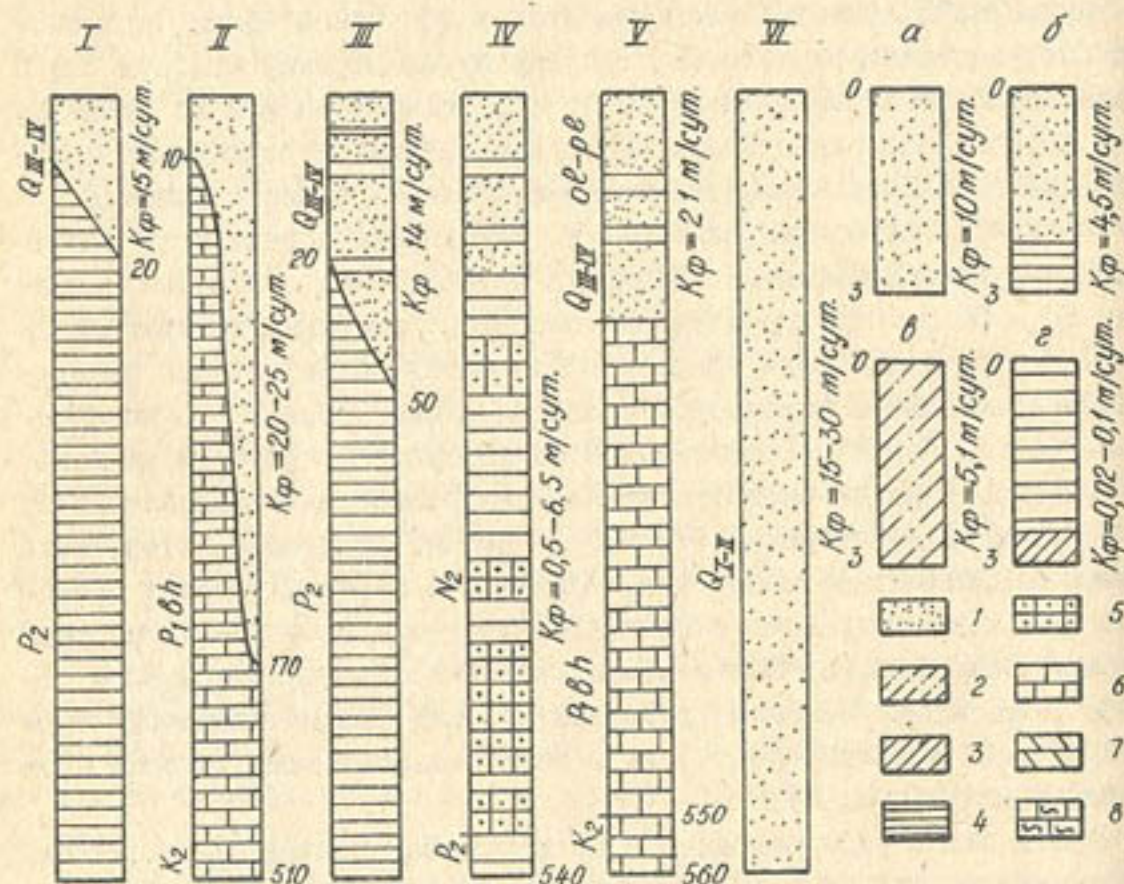


Рис. 2. Типовые литологические разрезы долины среднего течения р. Амударьи:

I - VI - номера гидрогеолого-литологических районов до регионального водоупора; а, б, в, г - литолого-гидрогеологические подрайоны в пределах верхней (0-3 м) покровной толщи; 1 - пески; 2 - супеси; 3 - суглинки; 4 - глины; 5 - песчаники; 7 - доломиты; 8 - алевролиты

мещающих толщ 0,5 - 8,5 м/сут.

Пятый район расположен в пределах Мукры - Келифского и Пулизиндан - Самсоновского плато на территории аллювиально-пролювиальных предгорий Гиссара. Это - земли перспективного орошения. В литологическом отношении водовмещающая толща представлена песками, известняками с коэффициентом фильтрации 21 м/сут.

Шестой район охватывает Приамударьинскую барханную полосу, прилегающую к левобережью долины Амударьи. Водоносный горизонт выражен неоген-четвертичными отложениями, представленными очень тонкозернистыми песками с коэффициентом фильтрации 15 - 30 м/сут.

В зависимости от литологического строения верхней трехметровой толщи в пределах первого - четвертого гидрогеологических районов долины Амударьи нами выделяются 4 подрайона.

Первый подрайон представлен преимущественно песками с коэффициентом фильтрации 10 м/сут. Распространен в пределах пойменной террасы.

Второй подрайон представлен песками, подстилаемыми суглинками, тяжелыми и глинами с коэффициентом фильтрации 4,5 м/сут. Распространен на участке Дейнау - Чарджоу.

Третий подрайон представлен супесями с коэффициентом фильтрации 5 м/сут. Развита на первой надпойменной террасе.

Четвертый подрайон представлен глинами и суглинками с коэффициентом фильтрации от 0,02 до 0,1 м/сут. Распространен на участках Келиф - Чаршанга, Чарджоу - Гуйнук.

Таким образом, анализ гидрогеолого-мелиоративных условий орошаемых земель показал, что скважины-усилители могут найти широкое применение как в Ташаузском, так и Чарджоуском оазисах для повышения мелиоративной эффективности горизонтального дренажа и снижения его стоимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кап Д.М. Методическое руководство для мелиоративной службы в орошаемых районах. - Научно-технический отчет ВНИИГиМа, М., 1974.
2. Батовский Г.П. Отчет об инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях, произведенных в 1960-1964 гг. в Ташаузском оазисе и прилегающей зоне нового сельскохозяйственного освоения для целей гидромелиоративного районирования. Фонды УГ СМ СССР, Алхабат, 1967.

3. С е д о в В.С. Исследовать и разработать методы повышения эффективности работы дренажа. - Научно-технический отчет ТуркменНИИГиМа за 1966 - 1969 гг. Ашхабад, 1970.

УДК 631.62:626.862.1

Канд. техн. наук В.А.КАЛАНТАЕВ

НОВЫЕ ПРИЕМЫ ДРЕНИРОВАНИЯ И РАССОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Основой в системе мелиоративных мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель издавна являются промывные поливы с комплексом агротехнических приемов. Однако еще в глубокой древности земледельцы заметили, что не всегда и не везде промывные поливы дают желаемые результаты. В условиях отсутствия подземного оттока они временно рассолят пахотный горизонт почвы, но затем, вследствие подъема уровня грунтовых вод, происходит быстрая реставрация засоления, полученные всходы растений гибнут, затраты на работы по мелиорации земель становятся бросовыми.

Практика и теоретические работы последних десятилетий показали, что в целях эффективной борьбы с засолением почв путем промывных поливов необходимо создать условия для оттока солей за пределы дренируемого участка. Решить эту задачу в условиях отсутствия подземного оттока можно только с помощью искусственного дренажа.

Орошаемые массивы аридной зоны отличаются друг от друга механическим составом почвогрунтов, мощностью покровных мелкоземов, гидрогеологическими условиями. При решении вопроса о выборе дренажа следует учитывать разнообразие природной обстановки. Необходимо каждому конкретному массиву дать такой тип дренажных систем, который наиболее полно отвечал бы природным условиям, был экономически выгоден, отводил при оптимальном объеме воды максимальный объем солей и способствовал скорейшему рассолению почвогрунтов и грунтовых вод.

В свете этих требований в ТуркменНИИГиМе разработан ряд новых конструкций дренажа, которые дополняют и совершенствуют существующие. К ним относятся вакуумный дренаж, дренажная система "большой колодец", вертикальная дрена с сифонными усилителями, мобильный дренаж.

Конструкция вакуумной дренажной системы с изменяющимися расстояниями между вертикальными дренами признана изобретением. На нее получено авторское свидетельство. Она состоит из собирателя, впадающего в водоприемник. В устье собирателя смонтирована задвижка. К собирателю подключены вертикальные дрена, часть из них оборудована клапанами, которые установлены в верхней части вертикальных дрена и упираются в болт, что исключает падение их вниз. В верхнем конце дрена установлено клапанное седло.

В мелиоративный период или в период проведения промывных поливов засоленных земель задвижка на устье собирателя закрывается и в работу включается насос, создающий и поддерживающий вакуум в собирателе и дренах, что способствует значительному возрастанию дебита системы.

В эксплуатационный период, после рассоления почвогрунтов и грунтовых вод, насос отключается и система работает самотеком при открытой задвижке, отводя небольшие объемы грунтовой воды и обеспечивая солевую "вентиляцию" почвогрунтов.

При самотечном способе отвода воды работают все вертикальные дрена, расстояния между которыми одинаковы по всей длине собирателя. При работе насоса влияние вакуума больше около устья и меньше в начале собирателя. Следовательно, в целях равномерности орошения по длине собирателя расстояния между дренами должны быть большими около устья и меньшими в начале системы. Достигается такое положение при помощи шаровых клапанов. При включении насоса в системе создается вакуум, под действием которого клапаны прижимаются к седлу и отключают расчетные вертикальные дрена. После прекращения работы насоса вакуум в собирателе исчезает, клапаны падают вниз и открывают путь воде. Система начинает работать самотеком.

Конструкция дренажной системы "большой колодец" создана на базе вакуумной системы вертикальных дрена, от которой отличается тем, что собиратель ее имеет форму окружности и закольцован. Закольцованный собиратель соединен с горизонтальным трубопроводом, устье которого впадает в водоприемник. К собирателю подключены вертикальные дрена*.

* Собиратель, горизонтальный трубопровод и вертикальные дрена выполняются из полиэтиленовых труб. Диаметр круга собирателя, количество и длина вертикальных дрена, длина фильтра рассчитываются в зависимости от гидрогеологических условий дренируемого массива.

Конструкция "большого колодца" позволяет ему работать и самотеком, и с принудительной откачкой. Согласно этому условию глубина заложения горизонтального отводящего трубопровода не должна быть больше уровня воды в водоприемнике. При работе насоса вокруг вертикальных дрен образуется пониженный уровень грунтовых вод, поверхность которых приобретает форму воронки. В связи с тем, что вертикальные дренажи расположены близко друг от друга, воронки сливаются в одну большую и система по принципу работы становится идентичной скважине с диаметром, равным диаметру закольцованного собирателя.

Проведенные исследования показали, что дебит системы при работе с принудительной откачкой составляет 45 – 50 л/с, а в самотечном режиме – до 5 л/с. В целях стабильной работы системы в установившемся режиме верхняя часть фильтровых вертикальных дрен должна быть опущена ниже кольцевого собирателя не менее чем на 5,0 м (на величину максимального вакуума). Это подтверждается работой дренажной системы "большой колодец", внедренной в производство в 1977 г. в колхозе им. Ленина Чарджоуского района.

Основные преимущества дренажных систем "большой колодец" состоят в следующем:

1. Их можно построить целиком из полимерных труб малого диаметра.
2. Насосное оборудование располагается на поверхности земли, что делает удобным его ремонт и профилактику.
3. Способность работать и самотеком, и с принудительной откачкой.
4. Затраты на дренажирование 1 га составляют 200 руб.

Модель вертикальной дрены с сифонными усилителями, прошедшая испытание в лотке физического моделирования, показала свою работоспособность. Дебит ее был в 2 – 2,5 раза больше по сравнению со скважинами вертикального дренажа обычной конструкции при прочих равных условиях.

Вертикальная дрена с сифонными усилителями состоит из центральной скважины, вертикальных усилителей, которые при помощи сифонных линий соединяются с центральной скважиной. Все сифонные линии вертикальных дрен (усилителей) объединены одним сливным концом, находящимся в центральной скважине. Конструктивно он представляет собой затрубное пространство между стренором и трубой меньшего диаметра, опущенной в центральную скважину. Водоприемной поверхностью комплексной дренажной системы служат фильтры центра-

льной скважины и вертикальных дрен. Диаметр дополнительной трубы должен быть таким, чтобы обеспечить расчетный зазор между трубами и размещение погружного насоса заданной мощности.

Вертикальная дрена с сифонными усилителями работает следующим образом. При включении насоса уровень воды в центральной скважине опускается до определенного положения. Грунтовая вода через фильтры вертикальных усилителей по сифонным линиям поступает в центральную скважину, значительно увеличивая ее дебит. В грунте вокруг центральной скважины и вертикальных усилителей создается понижение уровня грунтовых вод.

В настоящее время составлены проекты и ведется подготовка к строительству вертикальных дрен с сифонными усилителями в Чарджоуском и Мургабском оазисах, а также на Хаузаханском массиве.

В аридной зоне сложилась такая практика мелиорации орошаемых земель, когда поверхностные соли, находящиеся в почвогрунтах, вымываются промывными поливами на большую глубину, а затем постепенно отводятся дренажными системами различного типа за пределы культурного оазиса. Этим самым мы как бы сами себе создаем дополнительную работу.

Такой метод значительно удлиняет мелиоративный период и способствует обогащению грунтовых вод солями, что в дальнейшем сказывается на плодородии освоенных земель. В целях устранения постоянной опасности возникновения вторичного засоления капитальные промывки вновь осваиваемых земель должны проводиться более эффективно. Для этого необходим такой дренаж, который мог бы перехватывать солевой поток сверху во время промывок и сразу же отводить его за пределы культурного оазиса.

Такую задачу мелиорации земель можно решить при помощи систем мобильного дренажа, который монтируется на поверхности какого-либо участка только на период проведения капитальных промывок и демонтируется после рассоления 1,5 – 2-метровой толщи почвогрунтов.

Система мобильного дренажа состоит из собирателя, вертикальных дрен и самовсасывающего насоса. Собиратель может быть линейным (несколько последовательно соединенных труб) или объемным (одна короткая труба большого диаметра). Все соединения делаются быстроразъемными и не содержат болтов, поскольку при работе с водой болтовые соединения неэффективны. Коррозия делает их трудноразъемными, что не приемлемо для систем мобильного дренажа, работа которого связана с многократной сборкой и разборкой основных узлов.

Система мобильного дренажа монтируется на спланированном и

подготовленном к промывке участке сильнозасоленных почв. После заполнения чехов промываемого участка водой через специальный клапан заполняется и внутренняя полость собирателя. При включении насоса в работу в полости трубопроводов создается вакуум и начинается отвод минерализованных вод с промываемого участка. После завершения промывных поливов система мобильного дренажа демонтируется и перевозится на новый участок, подлежащий рассолению. В 1977 - 1979 гг. система мобильного дренажа испытывалась на опытно-производственных участках. Испытания показали, что дебит находился в пределах 20 - 25 л/с.

Модуль дренажного стока мобильной системы находится в прямой зависимости от степени засоления почв. В целях перехвата и форсированного отвода солей за пределы промываемого участка модуль стока должен быть достаточно большим - от 2,0 до 5,0 л/с/га.

Рассмотренные дренажные системы обладают повышенной мелиоративной эффективностью, небольшой удельной стоимостью и успешно могут применяться в целях рассоления орошаемых земель в аридной зоне. Однако классические методы мелиорации орошаемых земель не совсем отвечают требованиям и техническим возможностям сегодняшнего дня.

В гумидной зоне в процессе вековой практики традиционно сложился определенный способ мелиорации земель, который предусматривает расположение дренажных систем на всей площади равномерно. Составными элементами таких систем являются головные водоприемники, сеть для транспортировки и сброса дренажных вод и дренаж различного типа. Этот способ мелиорации затем был механически перенесен в аридную зону в целях улучшения качественного состава орошаемых земель.

Разбросанность множества дрен различного типа на орошаемых массивах обусловила трудную работу эксплуатационного штата, низкую эффективность механизмов, большие затраты средств на эксплуатацию.

В целях повышения надежности мелиоративных мероприятий, упрощения эксплуатационных служб и сокращения затрат на капитальное строительство и эксплуатацию предлагается сконструировать соответствующие дренажные системы и заглубить их. Это даст возможность подвесить к ним большую площадь.

Основной частью такой мелиоративной системы может служить сооружение, способное понижать уровень грунтовых вод на 10 - 15 м от дневной поверхности. Таким сооружением может быть или закрытый сверхглубокий коллектор с одной насосной станцией в устье, или

линейный ряд высокодебитных скважин вертикального дренажа, объединенных одним водоотводящим трубопроводом. На определенной стадии работы такого сооружения сформируется мощный поток грунтовых вод с направлением движения к созданному понижению.

Зона влияния мелиоративного сооружения, как и любого дренажа, будет зависеть от механического состава почвогрунтов, модуля дренажного стока, коэффициента фильтрации водовмещающей толщи, гидрогеологических факторов. Определяться - путем расчета.

Как показали расчеты, при глубине залегания водоупора 100 м, коэффициенте фильтрации водоносного слоя 1,0 м/сут и действующем напоре 10,0 м составляет 1350 м. Это означает, что удельная протяженность дренажа будет равна 7,4 м/га. При обычном способе дренажирования на таких тяжелых почвах необходимо иметь до 5 м/га водоотводящей и до 100 м/га дренажной сети.

В таком крупном орошаемом районе, как долина среднего течения р.Амударьи, зона действия "сверхглубокого" сооружения при том же напоре распространяется, как показали моделирование и расчеты, на 5,0 км. Это обусловлено большим (до 25 м/сут) коэффициентом фильтрации водовмещающей толщи. При этом удельная протяженность дренажа будет составлять всего 2 м/га, что в 15 раз меньше по сравнению с обычным способом дренажирования.

В целях более эффективного воздействия на рассоление грунтовых вод и почвогрунтов в сложных условиях "сверхглубокие" мелиоративные сооружения должны дополняться разреженной дренажной сетью с обычной глубиной заложения со слепыми устьями. Устья закрытых дрен впадают в поглощающие колоды, которые устанавливаются в местах явно выраженного понижения уровня грунтовых вод от воздействия "сверхглубоких" дренажных сооружений.

В период проведения промывных поливов или эксплуатации орошаемых земель в результате влияния комплекса различных отрицательных факторов на отдельных участках могут проявиться себя недопустимый подъем уровня грунтовых вод, вспышка вторичного засоления и другие явления, ведущие к ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель. В этих случаях может возникнуть необходимость в локальном дренаже. Функция локального дренажа может быть выполнена мобильными дренажными системами.

В заключении следует отметить, что предлагаемые мероприятия не только экономически целесообразны, но и в значительной степени упростят эксплуатацию инженерных сооружений и орошаемых земель, дадут возможность перейти к полной автоматизации в управлении ме-

диоративными процессами в орошаемом земледелии. Этот фактор имеет определяющее значение при переходе к методу программирования урожаев сельскохозяйственных культур, к чему мы должны постоянно стремиться и к чему подойдем в недалеком будущем.

УДК 631.626.2

Инженеры-гидротехники
Л.В.МАМЕДОВА, Т.А.БАУСОВА

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТЫХ ВСТАВОК В ДРЕНАЖЕ

Закрытый горизонтальный дренаж в условиях Туркменской ССР строится на основе применения гончарно-раструбных труб с использованием песчано-гравийных обсыпок и привозных волокнистых защитно-фильтровых материалов. Строительство такого дренажа сопровождается большими дополнительными затратами на железнодорожные и автотранспортные перевозки. Технологическая операция по стыковке дренажных труб и устройству фильтровой зоны значительно снижает производительность труда и не гарантирует высококачественной укладки дренажа. Вместе с тем в мировой практике строительства горизонтального закрытого дренажа в последнее десятилетие происходит интенсивная замена рассыпных фильтровых материалов пористыми трубофильтрами. Этот процесс был вызван стремлением уменьшить потребный объем фильтровых обсыпок и механизацией труда при укладке дренажа. Принципиальное отличие пористого трубофильтра от сыпучих обсыпок заключается в его жесткости, возможности изготовления в заводских условиях любой удобной формы и укладке с помощью механизмов на месте строительства.

Пористые трубофильтры, применяемые в дренажном строительстве, работают в условиях влияния нарушенной структуры обратной засыпки, приводящей к колыматации фильтрового материала, агрессивной среды фильтруемых дренажных вод и климатического воздействия. Эти факторы обуславливают необходимость проведения лабораторных исследований по подбору производственных составов заполнителей и связующего.

Туркменская ССР располагает уникальной базой получения легкого заполнителя на основе вспученного аргеллита — керамзита. Выпускаемая продукция местных керамзитовых заводов рассчитана на выпуск

Т а б л и ц а I
Гранулометрические
составы заполнителей пористого
бетона и керамзитовых смесей,
% по массе

Размеры фракций, мм	Рекомендуемые ВТР-С-12-78	
	мелкопори- стый бетон	крупнопори- стый бетон
10,00 - 5,00	5 - 10	20 - 30
5,00 - 2,50	20 - 30	40 - 60
2,50 - 1,25	30 - 40	10 - 20
1,25 - 0,63	10 - 20	5 - 10
0,63 - 0,30	5 - 10	0 - 10
0,30 - 0,14	0 - 7	0 - 7

	Состав смеси		Состав смесей БКС ^{мк}	
	ГКС ^{мк}	М-400	М-600	
40,00 - 20,00	8,9	15		
20,00 - 10,00	41,8	41		
10,00 - 5,00	35,9	38	1,2 - 3	
5,00 - 2,50	10,1		20,0 - 40	
2,50 - 1,25	3,3		25,0 - 39	
1,25 - 0,63			18,0 - 40	
0,63 - 0,30			12,0 - 15	
0,30 - 0,14			8,0 - 17	

	Экспериментальные составы из продукции БКС ^{мк} , мм		
	0 - 10	0 - 7	0 - 5
10,00 - 5,00	21,31	14,05	0,25
5,00 - 2,50	44,85	26,99	21,20
2,50 - 1,25	15,23	32,45	41,92
1,25 - 0,63	12,29	17,55	20,42
0,63 - 0,30	6,31	8,96	16,20

* ГКС и ^{мк} БКС — Гяурский и Безмеинский керамзитовые заводы.

заполнителей под легкий бетон для строительных конструкций.

Сравнительный анализ гранулометрических составов, рекомендуемых ВТР-С-12-78 [1], и керамзитовых смесей Гяурского и Безмеинского заводов показал (табл. I), что использование продукции Гяурского завода затруднительно из-за преобладания крупных гранул, в то время как безмеинский керамзитовый песок М-600 вполне соответствует рекомендуемым к применению составам.

Для проведения лабораторных исследований были искусственно подобраны фракционные составы 0 - 10, 0 - 7 и 0 - 5 мм с учетом того, что выбор оптимального исходного гранулометрического состава оказывает влияние на экономические показатели дренажа. В качестве связующего применялся сульфатостойкий портландцемент Безмеинского цементного завода (ГОСТ 22266-78) в количестве 200 - 250 кг/м³ при водоцементном отношении 0,5 - 0,55. Определение водоприемной способности и прочностных характеристик пористого бетона производилось на стандартных образцах 10 x 10 x 10 см. Анализ полу-

ченных данных (табл. 2) показал, что наиболее приемлемое количество цемента — 250 кг/м³, при этом кубиковая прочность достигает 40 — 65 кг/см², т.е. величины, рекомендуемой практикой мирового строительства. На основе полученных результатов приходим к выводу, что в случае использования пористых трубофильтров для дренирования мелкозернистых и пылеватых песков с учетом требований ВТР-С-12-78 и ТУ 33-5-75 возможно применение керамзитового песка М-600, при этом коэффициент фильтрации будет в пределах 130 — 140 м/сут.

Конструкция трубофильтра в основном зависит от условий его применения. Поскольку в Туркменской ССР действуют два завода по изготовлению гончарно-раструбных дренажных труб, применение пористого бетона целесообразнее в виде фильтрующих пористых вставок.

Из технологических соображений пористые вставки необходимо изготавливать длиной 0,3 — 0,6 м и с фальцевыми формами концов для большего удобства стыковки с гончарно-раструбной трубой. Внутренний диаметр вставки берется в зависимости от диаметра используемых дренажных труб. При диаметре труб 150 мм диаметр вставки — 150 мм, толщина стенок — 50 мм. Для повышения надежности стыкования фильтрующих пористых вставок следует в зоне стыка устанавливать объемный жгут. При использовании пористых вставок в дренажном строительстве необходимо, во избежание колюматационных процессов из-за неуплотненного пересушенного грунта обратной засыпки, производить дополнительно круговую обсыпку местным барханным песком слоем 15 — 20 см.

По предварительно проведенным расчетам ожидаемый экономический эффект от применения фильтрующих пористых вставок только за счет

Т а б л и ц а 2
Зависимость

фильтрационно-деформативных свойств пористого бетона в зависимости от фракционного состава заполнителя и количества связующего

Показатели	Фракции, мм		
	0 — 10	0 — 7	0 — 5
Количество цемента, кг/м ³	200	200	200
	250	250	250
Объемная масса, кг/см ³	0,780	0,798	0,990
	0,895	0,897	1,103
Коэффициент фильтрации, м/сут	780	420	130
	858	480	140
Величина кубиковой прочности, кг/см ²	39,62	37,70	38,15
	65,01	41,50	64,40

разности от стоимостей материалов составит 270 тыс. руб. на каждые 100 км построенных дрен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по технологии приготовления трубофильтров и их применению для дренажа орошаемых земель. ВТР-С-12-78. М., 1979.
2. Трубы дренажные из крупнопористого фильтрационного бетона на пористых заполнителях. ТУ 33-5-75. М., 1976.

УДК 631.42:542.63

Физик М.Я. САВЕЛЬЕВА

ДИФфуЗИЯ ХЛОР-ИОНА В ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ ТУРКМЕНСКОЙ ССР

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к изучению физики процесса солепередвижений в пористых средах и почвогрунтах. Одним из основных механизмов, определяющих общую солевую динамику в этих средах, является молекулярная диффузия.

Нами проведены исследования диффузий хлор-иона в песчаных грунтах, типичных для Туркменской ССР: использовались барханный, серый (репетекский) и кварцевый пески, механический состав которых приведен в табл. I.

Т а б л и ц а I
Механический состав грунтов

Фракции, мм	Песок		
	барханный	серый	кварцевый
1,0 — 0,25	3,12	28,97	0,44
0,25 — 0,10	66,23	43,87	42,62
0,10 — 0,05	24,00	21,27	37,73
0,05 — 0,01	1,40	1,83	9,77
0,01 — 0,005	0,17	0,22	1,68
0,005 — 0,001	0,22	0,59	1,28
0,001	4,86	3,25	6,48
0,01	5,25	4,06	9,44

Исследования проводились с целью определения коэффициента диффузий хлор-иона в песчаных грунтах и факторов, существенно влияющих на его численное значение. В данном случае был применен метод снятия слоев с применением радиоактивной метки. При этом на край грунтовой колонки тонким слоем наносился разбавленный раствор хлористого на-

трия, меченного изотопом ^{36}Cl . После окончания опыта определялось распределение активного хлора по длине грунтовой колонки.

Практически во всех случаях распределение меченного хлора было пропорционально квадрату расстояния от места внесения метки, что дало основание определять коэффициент диффузии D по решению уравнения второго закона Фика при диффузии из бесконечно тонкого слоя в полубесконечное пространство [2]:

$$D = \frac{0,1085}{t \cdot \lg \alpha}, \quad (1)$$

где t — продолжительность процесса диффузии, с;

φ — угол наклона прямой в координатах логарифма активности метки и квадрата расстояния от места ее первоначального положения.

Рассматривая опубликованные результаты исследований по диффузии анионов в почвах, можно отметить следующие общие положения: скорость диффузии аниона зависит от влажности почвы, геометрии почвенной влаги и степени взаимодействия аниона с твердой фазой почвы. Применительно к хлор-иону последнее положение не существенно. Влияние геометрии почвенной влаги на скорость диффузии тесно связано с величиной объемной влажности. Поэтому первые два положения можно учитывать совместно, давая характеристику скорости диффузии аниона от объемной влажности почвы.

Результаты проведенных экспериментальных определений коэффициента диффузии хлор-иона D_{ce} в песчаных грунтах в сопоставлении с их объемной влажностью приведены на рисунке. Полученные данные отражают общепризнанное представление о том, что коэффициент диффузии хлор-иона возрастает с повышением влажности почвы, но характер этой зависимости более полно совпадает с мнением К.Бекиева [1], указывая на существование двух ветвей зависимости $D_{\text{ce}} = f(\theta)$.

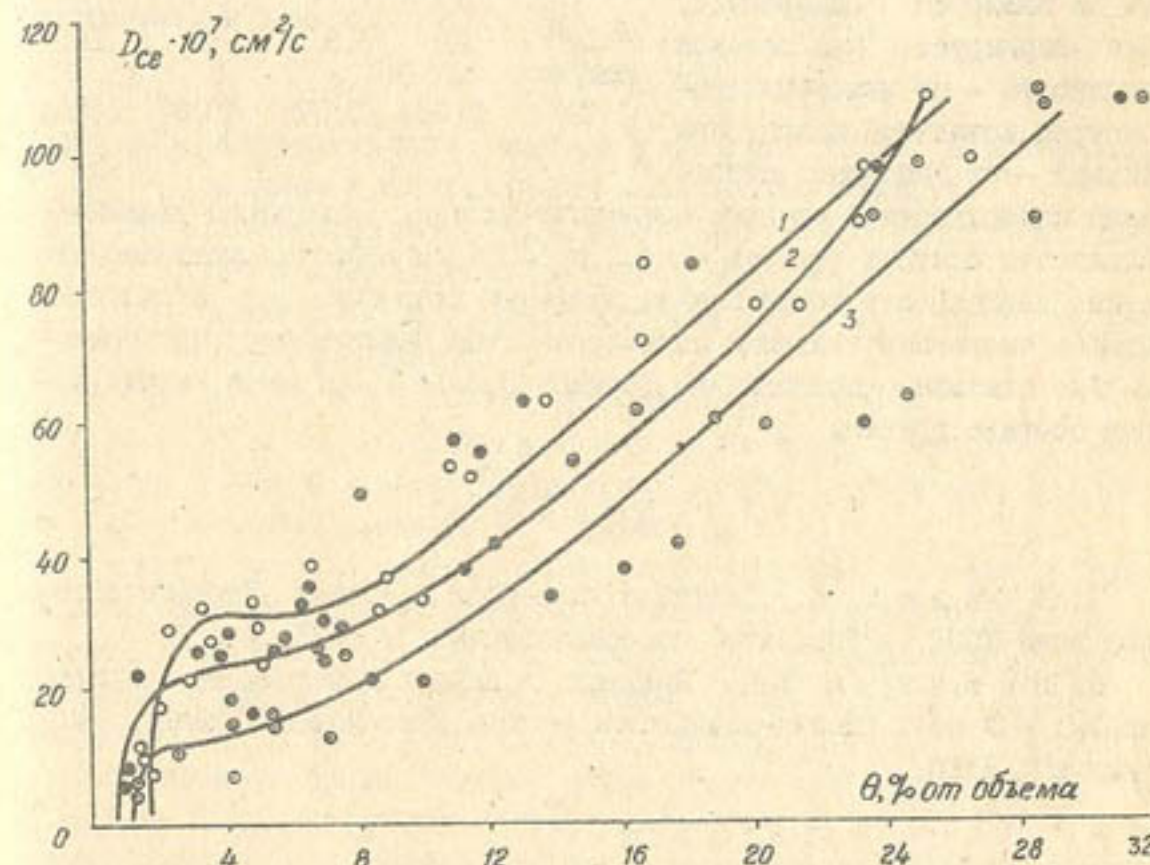
Объяснения К.Бекиева к такой зависимости коэффициента диффузии хлор-иона от влажности не противоречат общим представлениям, подчеркивая, что характер верхней ветви $D_{\text{ce}} = f(\theta)$, т.е. в области высокой влажности грунта, в основном связан с изменением водного сечения и пути диффузии при изменении влажности грунта, а в области низкой влажности грунта (нижняя ветвь) — с действием двойного электростатического поля или поверхностной энергии частиц грунта.

Для верхней ветви К.Бекиевым дано аналитическое выражение за-

висимости $D_{\text{ce}} = f(\theta)$, которая имеет экспоненциальный вид, а именно:

$$D_{\text{ce}} = A e^{k\theta}. \quad (2)$$

Справедливость зависимости (2) подтверждается и нашими результатами.



Зависимость коэффициента диффузии хлор-иона D_{ce} от объемной влажности грунтов θ :
1 — песок барханный; 2 — песок серый (репетекский);
3 — песок кварцевый

В табл. 2 приведены численные значения параметров A и K , полученные экспериментально. Сравнение параметров A и K с механическим составом опытных грунтов показывает, что численное значение параметра A обратно пропорционально содержанию в грунте фракций 0,005 — 0,001 мм, а параметра K — прямо пропорционально содержанию фракций 0,05 — 0,01 мм.

Таким образом, комплексным фактором, влияющим на диффузию хлор-иона в песчаных грунтах, следует считать объемное содержание влаги. Зависимость коэффициента диффузии хлор-иона от влажности не является однородной. Она варьирует: при высокой влажности — от изменения геометрии почвенной влаги, при низких — от действия свободной поверхностной энергии почвенных частиц. В широком диапазоне влажности опытных грунтов — от 2 до 30 % наблюдается экспоненциальная зависимость коэффициента диффузии хлор-иона от влажности, причем численные значения параметров этой зависимости пропорционально связаны с содержанием фракций 0,05 — 0,001 мм в механическом составе грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б е к и е в К. Диффузия хлор-иона в почвах Прикопетдагской зоны ТССР. — "Проблемы освоения пустынь", 1971, № 6.
2. П о л я к о в Ю.А. Диффузия в почвах и методы ее определения. — В сб.: Физико-химические методы исследования почв. М., "Наука", 1968.

УДК 631.6:626.87

Инж.-гидромелиоратор К. БЕКИЕВ

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОМЫВНОЙ НОРМЫ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВОГРУНТОВ

Развитие методов определения промывной нормы в нашей стране продолжается более полвека. Первая попытка охарактеризовать промывную норму осуществлена в 1921 г. А.Н.Костяковым [6]. Им была предложена формула, где промывная норма складывается из объема воды, потребного на насыщение промываемого слоя до предельной полевой

Т а б л и ц а 2

Экспериментальные
значения параметров и

Пара- метры	Грунт — песок			
	барх- анный	серый	квар- цевый	карак- умский
$A \cdot 10^7$ $\text{см}^2/\text{с}$	22	16	8	15
K	0,063	0,078	0,097	0,054

влагоемкости (пассивная часть), и объема, идущего на вытеснение солевого раствора (активная часть). Такое представление послужило основой последующих характеристик промывной нормы.

К середине 50-х годов трудами Л.П.Розова [18], А.П.Малянова [8], И.Ф.Музычука [12], В.М.Степа [20], В.Р.Волобуева [5], А.Е.Нерозина [13], И.С.Рабочева [17], В.М.Легостаева [7] и др. в общем случае промывная норма представлялась суммой четырех слагаемых, а именно:

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + m_4, \quad (1)$$

где m_1 — количество воды, насыщающее почву сверх естественной влажности до предельной полевой влагоемкости;

m_2 — количество воды, насыщающее почву сверх предельной полевой влагоемкости до полной влагоемкости;

m_3 — количество воды, фильтрующееся через почву после ее полного насыщения;

m_4 — количество воды непроизводительных потерь.

Величины m_1 и m_4 обуславливают пассивную часть промывной нормы. Активную же часть в плохо дренируемых условиях составляет величина m_2 , в хорошо дренируемых — сумма m_2 и m_3 .

Активная часть промывной нормы непосредственно связана с промывным эффектом. Опыт его изучения дал отрицательный результат в плохо дренируемых условиях, что предопределило нормативные рекомендации осуществлять промывные поливы только в хорошо дренируемых условиях. С этого момента сформулировалось четкое понятие промывной нормы нетто, которая равна объему воды, участвующей в удалении солей за пределы рассматриваемого слоя почвы. При дополнении потерями с промываемого поля и донасыщением от промываемого поля исходной влажности до полевой влагоемкости норма нетто получает наименование брутто. Наиболее четко эти понятия отражены в формуле В.Р.Волобуева [4], предложенной в 1959 г. на основании обобщенных результатов по солеотдаче верхнего метрового слоя почвы при глубоком залегании уровня грунтовых вод. Эта формула имеет следующий вид:

$$M_{\text{бр}} = W + E + L \cdot e_g \frac{S_{\text{ср}}}{S_k}, \quad (2)$$

где W — количество воды, затрачиваемое на насыщение почвы до предельной полевой влагоемкости;

E — количество воды, теряющееся на испарение во время про-

мывки;

α — коэффициент солеотдачи;
 $S_{\text{ист}}$ и δ_k — содержание солей в почве соответственно перед и после промывки.

Таким составом норма брутто представляется и в настоящее время. За прошедший период рассмотрению подвергалась лишь норма нетто. Так, В.А.Ковда [10] промывную норму нетто предложил определять по следующему выражению:

$$M_{\text{нет}} = n_1 n_2 n_3 n_4 X \cdot 400 \pm 100, \quad (3)$$

где n_1, n_2, n_3, n_4 — коэффициенты, учитывающие соответственно механический состав почвы, глубину залегания уровня грунтовых вод, их минерализацию и напорность;

X — исходное содержание солей в двухметровом слое почвы.

Н.Г.Минашина [11], П.С.Панин [14], Д.Пападопулос [15] уточняли аналитическую структуру коэффициента солеотдачи, а С.Ф.Аверьянов [1], И.П.Айдаров [2] — влияние величины слоя почвы на промывной эффект нормы нетто. Эти уточнения производились уже на основе модельных представлений солеотдачи почв. Так, по Н.Г.Минашиной и П.С.Панину, движение промывной воды осуществляется только по крупным порам. При этом происходит выравнивание солевой концентрации между гидравлически проточными и застойными зонами, которое осуществляется мгновенно. По С.Ф.Аверьянову, И.П.Айдарову, Д.Пападопулосу, поровое пространство считается полностью гидравлически активной. Здесь движение солей происходит по законам конвективной диффузии.

Следует отметить, что доказательства правомерности сделанных этими авторами допущений отсутствуют, но они существенно упрощают аналитические выражения и конечные результаты.

Если поровое пространство почвы представить состоящей из гидравлически проточных и застойных зон, где солевая миграция на фоне ионнообменных процессов происходит по законам конвективной диффузии, то общую солевую динамику можно описать следующей физико-математической моделью:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial C_1}{\partial t} &= D^* \frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2} - V \frac{\partial C_1}{\partial x} + \frac{\beta}{m_a} [\alpha C_2 - C_1] \\ \frac{\partial C_2}{\partial t} &= D_0 \frac{\partial^2 C_2}{\partial x^2} - \frac{\beta}{m_b} [\alpha C_2 - C_1] \\ C &= \alpha C_1 + [1 - \alpha] C_2 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где C_1, C_2 и C_3 — минерализация почвенного раствора соответственно проточной и застойной зон и водной вытяжки;

D^* — коэффициент конвективной или фильтрационной диффузии, состоящий из суммы коэффициентов молекулярной диффузии и гидродисперсии;

V — скорость течения порового раствора;

β — коэффициент солевого обмена между проточными и застойными зонами;

α — параметр ионнообменных процессов;

m_a, m_b — объем пор в почве соответственно гидравлически проточных и застойных;

α — доля гидравлически проточных пор в солеактивном поровом пространстве почвы.

Решения модели (4), даже при машинном счете, весьма сложны. С целью принятия обоснованных упрощений необходимы четкие количественные представления и сравнительные показатели по механизмам солевой динамики.

Согласно решению уравнения второго закона гидродиффузии Фика дальность диффузионного проникновения вещества прямо пропорциональна продолжительности процесса t и величине коэффициента молекулярной диффузии D_0 и имеет следующее аналитическое выражение [19]:

$$\delta = 2 \sqrt{n D_0 t} \quad (5)$$

Для оценки величины D используются результаты работ М.К.Мельниковой, Х.Заманмурада [9], К.Бекиева [3], М.Н.Першиной, Н.В.Выковой [16], касающихся диффузии хлористого натрия в водонасыщенных почвах соответственно Тедженского оазиса и Прикопетдагской зоны Туркменской ССР и Голодной степи Узбекской ССР. По М.К.Мельниковой и Х.Заманмураду, $D_0 = 0,97 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ при плотности почвы $\rho = 1,50 \text{ г/см}^3$. В диапазоне плотности $\rho = 1,40 - 1,65 \text{ г/см}^3$, по данным К.Бекиева, имеет место $D_0 = 1,17 - 0,79 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, а по М.Н.Першиной и Н.В.Выковой, $D_0 = 1,67 - 1,09 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$. Полученные значения D_0 тесно сходятся. Для практических расчетов можно использовать величину $D_0 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$. Тогда расчеты по выражению (5) дают следующее:

t , сут	10	20	30	60	90	180	360
δ , см	11	16	20	28	34	49	69

Влияние фильтрационной диффузии в процессе промывки проявляется через ширину зоны размытия в гидравлически проточных порах при вытеснении поверхностными водами минерализованного почвенного раствора. Согласно решению уравнения конвективной диффузии при равномерном исходном засолении почвы величина зоны размытия описывается следующим выражением [19]:

$$\lambda = 4\varphi / 2C_{min} / \sqrt{D^*t}, \quad (6)$$

где φ — аргумент интеграла Гаусса;

C_{min} — минимальная концентрация, фиксируемая методом анализа. Подставляя в выражение (6) соотношения:

$$D^* = 0,1 \nu, \quad \nu t = e, \quad C_{min} = 0,05,$$

получим:

$$\lambda = 1,44 \sqrt{e} \quad (7)$$

где e — глубина проникновения поверхностных вод, см.

Определения по равенству (7) дают следующее:

e , см	50	100	200	400	1000
λ , см	10	14	20	29	45

Полученные результаты указывают на слабую роль продольной молекулярной и фильтрационной диффузии в общей солевой динамике. Следовательно, при численной характеристике промывки засоленных почвогрунтов этими механизмами можно пренебречь. Учитывая это, физико-математическую модель (4) можно представить в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial C_1}{\partial t} &= -\nu \frac{\partial C_1}{\partial x} + \frac{\beta}{m_a} |\alpha C_2 - C_1| \\ \frac{\partial C_2}{\partial t} &= -\frac{\beta}{m_b} |\alpha C_2 - C_1| \\ C &= \alpha C_1 + (1-\alpha) C_2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Система (8) для условия равномерного исходного засоления аналитически решается не сложно. И для случая $\alpha = 1$, когда рассматривается хлор-ион и плотный остаток, имеет следующий результат:

$$C = C_{ucx} \left\{ 1 - e^{-\frac{\beta x}{m_a \nu}} \cdot e^{-\frac{\beta t^*}{m}} \left[1 - (1-\alpha) e^{-\frac{\beta t^*}{m}} \right] \right\} \quad (9)$$

$$\text{где } t^* = t \frac{x}{\nu}$$

Уравнение (9) характеризует эпюру распределения компонента по промываемому слою почвы. Для определения в нем суммарного количества рассматриваемого компонента S следует эпюру проинтегрировать в пределах от нуля до величины промываемого слоя почвы. Это интегрирование дает следующее:

$$S_K = S_{ucx} \left[1 + \frac{m_a \nu}{\beta H} e^{\frac{\beta t^*}{m_b} - A} |e^{-1} - (1-\alpha) \frac{m_a \nu}{\beta H} | e^{-A-1} \right], \quad (10)$$

$$\text{где } A = \frac{\beta H}{m_a \nu} e^{-\frac{\beta t^*}{m_b}}.$$

Без существенной погрешности можно принять $e^{-A} = 1 - A$, тогда уравнение (10) упрощается, принимая следующий вид:

$$S_K = S_{ucx} |1-\alpha| e^{-\frac{\beta t^*}{m_b}}. \quad (11)$$

Последнее равенство дает возможность получить выражение промывной нормы нетто. С учетом $M_H = m_a \nu t$, а также $t^* = t - \frac{H}{\nu}$ из уравнения (11) получается:

$$M_{нет} = \alpha \ell_g \left| \frac{S_{ucx}}{S_K} \right| + m_a H, \quad (12)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{2,3 K m_b}{\beta} \quad \beta = 1-\alpha, \quad K = \nu m_a.$$

В равенстве (12) промывная норма нетто представляется суммой двух частей, а именно: объемом замещения исходного почвенного раствора проточной зоной поверхностной водой (поршневое вытеснение) и объемом, способствующим рассолению застойной зоны, что увязывается с современными модельными представлениями процесса промывки засоленных почвогрунтов. Из равенства (12) следует:

$$\ell_g \frac{S_{ucx}}{S_K} = \frac{m_a}{\alpha} H + B, \quad (13)$$

$$\text{где } B = \frac{M_{нет}}{\alpha} - \ell_g B.$$

Представляя наиболее полные литературные данные опытно-производственных промывок Ф.Ф. Трапезникова [21] в системе координат $Eg(S_{вх}/S_k) - H$, иллюстрация которых приведен на рисунке, наблюдаем линейную зависимость $Eg(S_{вх}/S_k) = (H)$ и параллельное смещение прямой при увеличении промывной нормы, что соответствует выражению (13).

Из равенства (12) следует, что общее солеудаление из почвы прямо пропорционально величине промывной нормы нетто, а эффективность солеотдачи почв повышается с увеличением растворимости рассматриваемого компонента, уменьшением застойной зоны и гидравлической проводимости почвы.

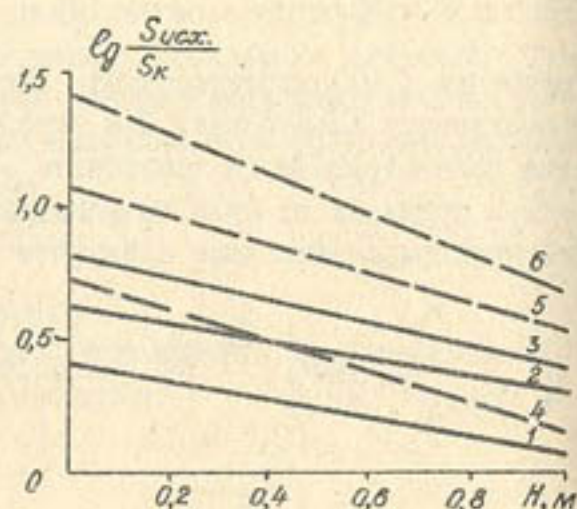
В итоге следует отметить, что при промывках засоленных почв механизмы продольной молекулярной и фильтрационной диффузии можно не учитывать, поскольку основными являются транспортирование солей движущейся почвенной влагой и солевой обмен между проточными и застойными зонами.

Для определения промывной нормы нетто рекомендуется использовать равенство (12), полученное из физико-математических представлений процесса солеотдачи почв, учитывающее гидравлическую проводимость и геометрию порового пространства почвы, реологию почвенного раствора и величину промываемого слоя почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.Ф. Некоторые вопросы предупреждения

* В колхозе "Октябрь" Марийского района Марийской области.



Результаты
опытно-производственных
промывок засоленных супесчано-
суглинистых почв* принятой нормой
соответственно по плотному
остатку и хлор-иону:
1 и 4 - 6500 м³/га; 2 и 5 -
9000 м³/га; 3 и 6 - 13000 м³/га

засоления орошаемых земель и меры борьбы с ним в Европейской части СССР. - В сб.: Орошаемое земледелие в Европейской части СССР. М., "Колос", 1965.

2. Айдаров И.П. Вопросы обоснования мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель. - В сб.: Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель. М., "Колос", 1971.

3. Бекриев К. Диффузия хлор-иона в почвах Прикопетдагской зоны ТССР. - "Проблемы освоения пустынь", 1971, № 6.

4. Волобуев В.Р. Расчет промывки засоленных почв. М., "Колос", 1975.

5. Волобуев В.Р. Промывка засоленных почв. Баку, Азгреншир, 1948.

6. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М., Сельхозгиз, 1938.

7. Легостаев В.М. Мелиорация засоленных земель. Ташкент, Госиздат АН УзССР, 1959.

8. Малинов А.П. К методике расчета промывных норм. - Ученые записки Саратовского университета. Геология и почвоведение, 1948, т. XV, вып. 2.

9. Мельникова М.К., Заманмурад Х. Влияние физико-химических условий на диффузию хлористого натрия в почвах Тедженского сазиса. - Известия АН ТССР, серия биологических наук, 1966, № 2.

10. Мелиорация засоленных и солонцовых почв. М., "Наука", 1967.

11. Минашина Н.Г. Физико-химическая модель расчета нормы воды для промывки засоленных почв. - "Почвоведение", 1972, № 5.

12. Музычук И.Ф. Зимние промывки засоленных почв. Тезисы докладов на совещании при Почвенном институте им. В.В. Докучаева, 1939.

13. Нерозин А.Е. Повышение эффективности, расчет норм и дифференциация промывок засоленных орошаемых земель. - В сб.: Вопросы мелиорации Голодной степи. Ташкент, 1957.

14. Панин П.С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв. Новосибирск, "Наука", 1968.

15. Пападопулос Д. К вопросу определения промывных норм. - "Гидротехника и мелиорация", 1973, № 7.

16. Першина М.Н. О диффузионном передвижении солей в лугово-сероземной почве Голодной степи. - Научные доклады высшей школы, биологические науки, 1971, № 1.

17. Рабочев И.С. Промывка засоленных почв. - В сб.: Результаты изучения мелиорации засоленных почв в Туркменистане. Ашхабад, изд. АН ТССР, 1953.

18. Розов Л.П. Мелиоративное почвоведение. М., Сельхозгиз, 1936.

19. Смирнов С.И. Происхождение соленности подземных вод седиментационных бассейнов. М., "Недра", 1971.

20. Степ В.М. Мелиоративные мероприятия в Голодной степи. Ташкент, изд. АН УзССР, 1946.

21. Трапезников Ф.Ф. Почвенно-мелиоративные условия Мургабского и Тедженского оазисов. Ашхабад, "Ылым", 1972.

УДК 624.131

Инж.-механик Р.А. ГРИГОРЬЯНЦ,
инж.-гидротехник И.Н. ЛУКУТИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ ГЯУРСКОЙ ДОЛИНЫ ПРИ СВОБОДНОМ ЗАМАЧИВАНИИ

Гяурская долина расположена в восточной части пролювиально-эоловой верхнечетвертично-современной предгорной равнины Копетдага. Равнина полого наклонена к северу и образована слиянием многочисленных конусов выноса временных водотоков, стекающих с Копетдага. Западная граница Гяурской долины находится в 30 км к востоку от г. Ашхабада, а восточная - в створе села Баба-Дурмаз. Значительная площадь долины покрыта лессовыми породами, мощность которых колеблется от 2 - 5 м у северной границы долины до 40 - 45 м в ее срединной части. Глубина залегания грунтовых вод от 48 до 72 м. По сейсмичности территория Гяурской долины относится к 9-балльной зоне.

Объектом пристального внимания Гяурская долина стала сравнительно недавно, 10 - 15 лет назад, когда с приходом воды по пионерному руслу третьей очереди Каракумского канала им. В.И. Ленина началось освоение 130 тыс. га целинных земель. Причем из-за недоучета строительных свойств лессовых грунтов и слабой их изученности многие построенные здесь инженерные сооружения получили значительные деформации в результате увлажнения грунтов. Это приводило

к нарушению нормальной эксплуатации сооружений или полному их разрушению. В результате просадки лессовых грунтов многие сооружения на Каракумском канале (акведуки, мосты, докеры и др.) в зоне Гяурской долины просели на 0,28 - 0,78 м. Массовый характер просадок лессовых грунтов отмечен на территории плодосовхоза № 1, где по этой причине полностью вышли из строя около двух десятков кирпичных одноэтажных домов и была нарушена планировка значительной части орошаемых площадей.

С учетом перспектив освоения целинных земель в Гяурской долине, слабой изученности деформативных свойств лессовых грунтов на ее территории и необходимости разработки рациональных способов их устранения ТуркменНИИГиМом проделана определенная работа в этом направлении. Основное внимание при этом уделено изучению деформативных свойств лессовых грунтов при свободном замачивании, поскольку практика применения различных способов устранения просадочности лессовых грунтов в СССР [1, 4] показала, что большинство из них основывается на предварительном увлажнении лессовой толщи.

Исследования по изучению свойств лессовых грунтов Гяурской долины выполнялись на полигоне, расположенном на территории плодосовхоза № 1, где были заложены шурфы глубиной 5 м и пробурены скважины глубиной 20 м для отбора монолитов и проб грунта. Наряду с этим были использованы данные, полученные институтом "Каракумгипроводхоз" по шурфу глубиной 44 м, расположенному в 500 - 700 м от полигона [2].

Физико-механические свойства лессовых грунтов определялись по известным методикам [3] в лабораторных условиях, коэффициент фильтрации - в полевых условиях по методу Нестерова. Результаты обрабатывались с использованием методов математической статистики. На рис. 1 представлены физико-механические свойства лессовых грунтов полигона.

Для определения деформативных свойств лессовой толщи при ее свободном замачивании в зависимости от размеров замачиваемой площади, установления оптимальной продолжительности замачивания, динамики промачивания и подсыхания с целью разработки рекомендаций по подготовке оснований сооружений на просадочных грунтах в Гяурской долине на территории полигона были открыты круглые котлованы диаметром 2,5, 5, 10 и 20 м, глубиной 0,7 м и траншея длиной 15 м, шириной 0,7 м, глубиной 1,2 м. Для определения величины просадки промоченной лессовой толщи все котлованы оборудовались поверхностными марками, а для определения просадок отдельных сло-

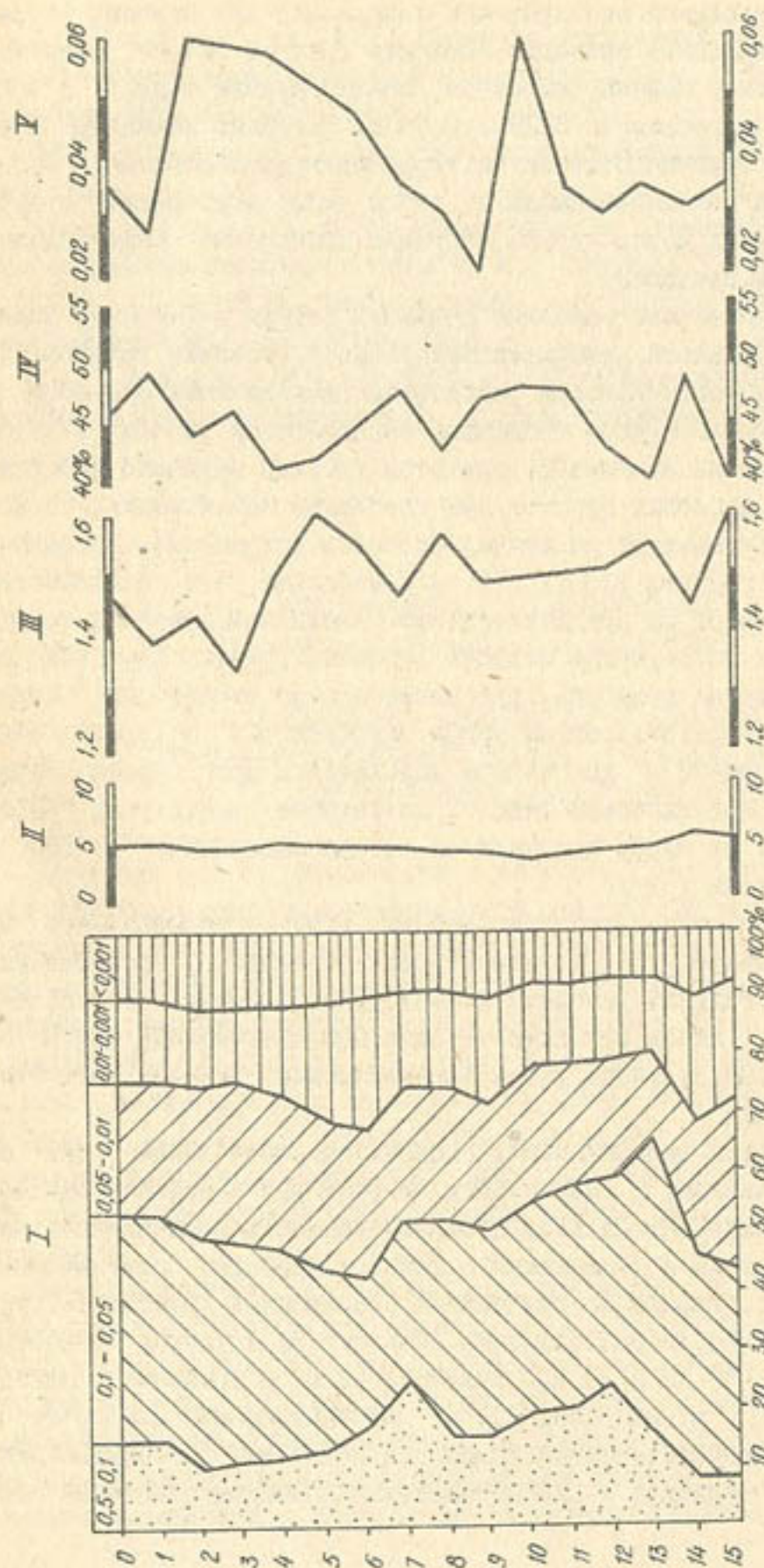


Рис. 1. Ликвиграмма состава и свойств лессовых грунтов

исследуемого участка:

I - гранулометрический состав, %; II - естественная влажность, %; III - объемная масса скелета, т/м³; IV - пористость, %; V - относительная просадка, мм

ев толщи в котловане диаметром 20 м были установлены глубинные реперы на глубине 2,8, 5,6, 9, 13,5 и 17,8. Величина просадки поверхностных и глубинных марок определялась нивелированием с точностью до 1 мм через каждые 3 - 5 дней. Динамика увлажнения лесовой толщи в процессе ее замачивания и подсыхания после прекращения замачивания определялась с помощью нейтронного индикатора влажности НИБ-2. Контроль влажности производился путем отбора образцов грунта из скважины. Подача воды в котлованы осуществлялась по трубопроводам диаметром 100 мм с водозабором из гидранта закрытой оросительной сети. Глубина слоя воды в замачиваемых котлованах поддерживалась на уровне 0,6 - 0,8 м. Продолжительность замачивания для различных котлованов была разной и зависела от сроков прекращения просадок.

Для определения просадочных свойств лессовых грунтов после замачивания в котловане был заложен шурф глубиной 5 м, из которого через 0,5 м отбирались монолиты грунта и производились компрессионные исследования на приборе К-1м по методу "одной кривой". Способность лессовой толщи к просадке после замачивания проверялась штамповыми испытаниями по этому же методу. Площадь штампов принималась равной 10000 см², а передаваемые нагрузки - 0,05 и 0,1 МПа.

Для детального изучения просадочности лессовой толщи котлован диаметром 20 м замачивался в течение 5 месяцев. Наблюдения показали, что на седьмые сутки с момента замачивания начался процесс просадки. Величина деформации составила II - 28 мм при количестве поданной воды 0,94 м³ на каждый квадратный метр площади котлована. На десятые сутки дно котлована опустилось на 120 - 250 мм - к этому времени на 1 м² было подано воды 1 м³. В дальнейшем интенсивность просадок сократилась: приращение деформации составляло 30 - 60 мм в неделю, а затем - 15 - 30 мм. Через 2,5 месяца основная масса деформаций прошла и процесс просадки вошел в стадию стабилизации, а через 3,5 месяца с момента замачивания он полностью прекратился.

Наибольшая величина деформации (620 - 650 мм) наблюдалась в центральной по рельефу части котлована, на более возвышенных участках она составила 400 - 440 мм при количестве поданной воды на 1 м² - 5,2 м³. В результате неравномерных деформаций уклон поверхности увеличился в 1,5 раза, а перепад верхней и нижней точек составил 370 мм.

В целом размеры просадок связаны с высотным положением данной точки в котловане: чем выше по рельефу дна она находится, тем ме-

ньшее опускание претерпевает. Это можно объяснить быстрыми осадками поверхностного слоя, начинающего деформироваться прежде всего в нижней части котлована, куда вода попадает в первую очередь. В результате столб воды здесь постоянно нарастает и промачивание грунтов происходит быстрее, чем в возвышенных частях.

Определение динамики увлажнения лессового массива под котлованом нейтронным индикатором влажности НИВ-2 показало, что увлажнение 20-метровой просадочной толщи произошло в течение 45 дней. Однако просадочный процесс стабилизировался лишь через 3 месяца, т.е. деформативные свойства лессового массива проявились после достижения грунтом влажности, превышающей критическое значение, которое, в зависимости от сытовой нагрузки, в пределах 20-метровой толщи колеблется от 17,5 до 23 %.

Измерением послойной просадки лессового массива по глубинным реперам установлено, что наибольшей деформативностью обладает верхняя 10-метровая толща, просадка которой составила 390 мм. Величина послойной просадки равна: в интервале 0 - 2,8 м - 110 мм; 2,8 - 5,6 м - 76 мм; 5,6 - 9 м - 134 мм; 9 - 13,5 м - 137 мм; 13,5 - 17,8 м - 71 мм; на глубине 17,8 м - всего 56 мм. Последнее обстоятельство подтверждает данные изысканий, что лессовая толща имеет просадочные свойства лишь в верхнем 20 - 22-метровом слое.

В результате замачивания вокруг котлована образовались концентрические трещины. Первая из них появилась в метре от кромки котлована на 10 день замачивания, вторая - на 17 день, третья - через 1 месяц, четвертая - через 2 месяца. Трещины отстоят друг от друга на 1 - 1,5 м, имеют ступенчатую форму с перепадом высот 20 - 50 мм.

Тот факт, что образование трещин началось через 10 дней после подачи воды, свидетельствует о снижении к тому времени фильтрационной способности грунтов в вертикальном направлении (по лабораторным данным $K_f = 0,10 - 0,30$ м/сут) и возможности фильтрации в горизонтальном. Этому соответствует увеличение времени впитывания поданного объема воды в котлован. Скорость инфильтрации в течение процесса замачивания снизилась с 0,13 до 0,05 м/сут.

Котлован диаметром 10 м замачивался в течение 3,5 месяцев. Наибольшая величина деформации - 380 мм - наблюдалась в нижней по рельефу части котлована у водовыпускной трубы, на более возвышенных участках просадка составила 150 - 240 мм. Если в котловане диаметром 20 м дно до пуска воды имело небольшой уклон, что обусловило неравномерность деформации, то в 10-метровом (диаметр) ко-

тловане поверхность была сравнительно ровная, следовательно, более интенсивные просадки наблюдаются в местах, куда вода подается в первую очередь.

Котлованы диаметром 5 и 2,5 м и траншея тоже замачивались в течение 3,5 месяцев. При замачивании траншеи просадочные деформации были минимальными (до 80 мм) и развивались лишь за счет бокового контура увлажнения. Котлованы диаметром 5 и 2,5 м имеют незначительные просадки - соответственно до 200 и до 105 мм, причем поверхность дна котлованов опускалась сравнительно равномерно, без перекосов.

Таким образом, котлованы диаметром 10 м и более имеют неравномерные просадки, обусловленные очередностью подачи воды на отдельные участки и микрорельефом дна; в котлованах диаметром менее 10 м просадки развиваются равномерно вследствие небольших размеров замачиваемой площади. Как видно из рис. 2, величина просадоч-

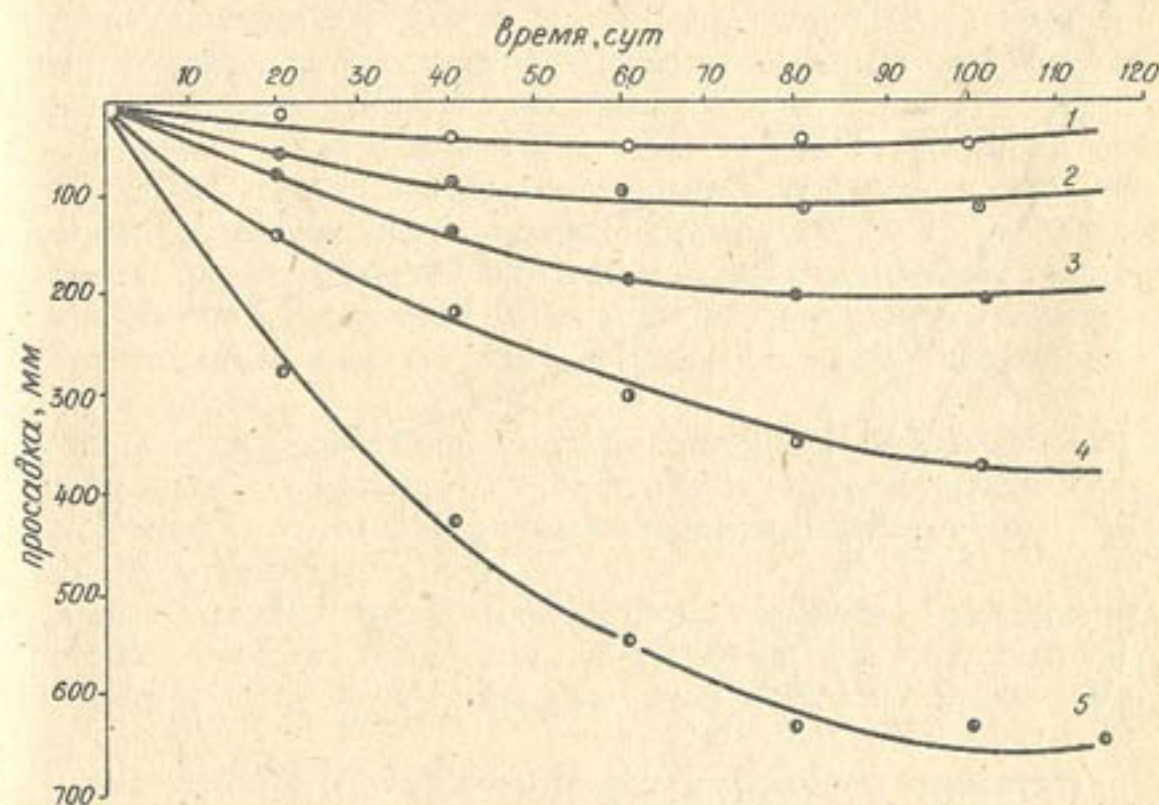


Рис. 2. Зависимость величины просадки от продолжительности замачивания: 1 - для котлована диаметром 20 м; 2 - то же, диаметром 10 м; 3 - то же, диаметром 5 м; 4 - то же, диаметром 2,5 м; 5 - для траншеи

ных деформаций зависит от размера котлована: чем больше диаметр котлована, тем больше просадка. Кривые, соответствующие котлованам диаметром 10 и 20 м, имеют крутой характер, процесс просадочности переходит в стадию стабилизации лишь после 80 – 90-дневного срока замачивания. Для более мелких объектов замачивания кривые выполняются по абсциссе за менее короткий срок, процесс стабилизации наступает на 60 – 80 день замачивания.

На основании обобщения и анализа данных полевых наблюдений за процессом замачивания котлованов диаметром 20, 10, 5 и 2,5 м составлен график изменения глубины промачивания лессовой толщи под различными объектами увлажнения, дающий представление о скорости движения нижней границы увлажненной зоны (рис. 3).

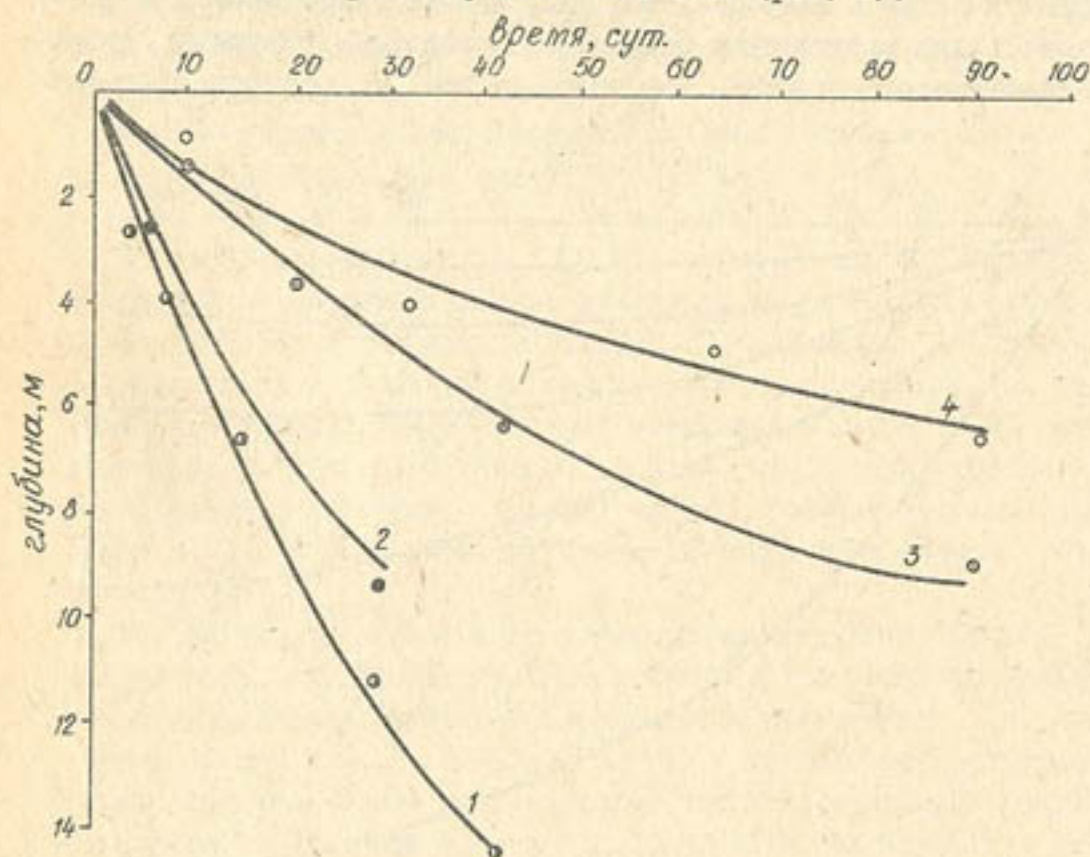


Рис. 3. Изменение глубины промачивания под различными объектами увлажнения:
1 — для котлована диаметром 20 м; 2 — то же, диаметром 10 м; 3 — то же, диаметром 5 м; 4 — то же, диаметром 2,5 м

Характер изменения кривых свидетельствует о том, что на определенный момент времени глубина промачивания грунта является функцией размеров объекта увлажнения: при диаметре котлованов 20 и 10 м скорость промачивания массива довольно высокая на протяжении всего периода увлажнения, при диаметре котлованов 5 и 2,5 м — менее интенсивная, незначительные размеры объекта увлажнения способствуют образованию "подвешенного" контура.

Отмеченное обстоятельство объясняется тем, что в лессовых грунтах, обладающих большой удельной поверхностью и значительными капиллярными силами, существенное влияние на скорость промачивания массива оказывает рассасывание влаги по боковой поверхности увлажненной зоны. Это влияние тем сильнее, чем меньше площадь увлажнения, поскольку отношение боковой поверхности увлажненного контура к замачиваемой площади в данном случае повышается.

Для изучения свойств лессовых грунтов после замачивания в котловане диаметром 20 м был разработан шурф глубиной 5 м и пробурены скважины, откуда отбирались образцы для определения физико-механических и водно-физических характеристик грунта.

Сравнение результатов анализа водных вытяжек грунта до и после замачивания (табл. I) позволяет судить о выносе из него солей, что подтверждается уменьшением плотного остатка в 2,5 – 12 раз. Таким образом, вопрос о наличии выщелачивания солей в процессе замачивания является бесспорным. Вымыв солей из грунта влияет на цементационные связи между частицами, приводя тем самым к падению прочности грунта.

Из анионов наименьшему изменению подверглось содержание HCO_3 , наибольшему — содержание Cl . Вымыв аниона SO_4 имеет промежуточное значение. Из катионов наиболее энергично вымывался Na , затем Mg и меньше всего Ca .

Вынос отдельных солей характеризуется следующим: в наибольшей степени вымывалась соль NaCl , на втором месте в этом отношении — Na_2SO_4 , затем MgSO_4 , наиболее слабо вымывались CaSO_4 , а также $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Если почти по всем горизонтам лессового массива наблюдается в данном случае вымыв солей, то на 6-метровой отметке — наоборот, увеличение количества солей. Это обстоятельство можно объяснить тем, что в этом горизонте грунты представлены тяжелыми суглинками, в которых наличие мелкодисперстной фракции (0,05 мм — 58 %) способствует накоплению солей Na .

Уплотнение, происходящее при замачивании лессовых грунтов,

Таблица 1

Изменение солевого состава грунта
лессового массива в результате замачивания котлована, %

Глубина, м	Сухой остаток	HCO_3	ce	SO_4	Ca	Mg	$Na+K$ по раз- ности, мг-экв.
1,0	0,955	0,012	0,070	0,530	0,154	0,017	4,04
	0,087	0,032	0,007	0,018	0,013	0,001	0,32
2,0	0,956	0,012	0,105	0,501	0,149	0,021	4,43
	0,065	0,025	0,011	0,006	0,007	0,002	0,26
3,0	0,755	0,106	0,070	0,372	0,101	0,016	3,44
	0,200	0,021	0,007	0,104	0,039	0,005	0,26
4,0	0,978	0,013	0,070	0,508	0,142	0,017	4,23
	0,486	0,023	0,007	0,306	0,085	0,025	0,61
5,0	0,970	0,010	0,070	0,936	0,151	0,017	4,32
	0,145	0,021	0,007	0,068	0,021	0,005	0,30
6,0	0,967	0,100	0,066	0,512	0,154	0,015	3,71
	1,210	0,130	0,070	0,822	0,310	0,016	1,03
7,0	1,077	0,012	0,066	0,625	0,185	0,016	2,83
	0,628	0,016	0,010	0,411	0,138	0,016	0,82

Примечание. В числителе — засоленность грунта в естественном состоянии, в знаменателе — после замачивания.

влечет за собой изменение первоначальной структуры грунта. Из основных показателей физико-механических свойств грунтов естественного сложения и после замачивания видно (табл. 2), что в рассматриваемой грунтовой толще пористость уменьшилась на 2 — 7 %, объемная масса скелета повысилась с 1,17 — 1,57 до 1,50 — 1,67 т/м³. Просадочные свойства, определяемые по компрессионным испытаниям, также изменились. Причем, если верхняя полуметровая толща практически не уплотнилась, то ниже просадочность уменьшилась в 2 — 3,5 раза.

Для проверки деформативности верхней толщи после замочки были проведены штамповые испытания при нагрузке 0,05 и 0,1 мПа. Результаты испытаний показали: осадка штампа при нагрузке 0,05 мПа

Таблица 2

Изменение физико-механических свойств
грунта лессового массива в результате замачивания
котлована диаметром 20 м

Глубина, м	$\delta_{сх}$, т/м ³	Порис- тость, %	Просадочность при нагрузке, мПа		
			0,05	0,10	0,20
0,5	1,45	47,1	0,075	0,080	0,110
	1,50	42,2	0,072	0,082	0,107
1,0	1,38	46,2	0,028	0,060	0,096
	1,51	43,1	0,025	0,051	0,087
1,5	1,27	50,6	0,068	0,068	0,068
	1,54	43,1	0,019	0,040	0,044
2,0	1,43	44,4	0,062	0,054	0,082
	1,51	43,0	0,016	0,027	0,058
2,5	1,50	44,3	0,051	0,067	0,098
	1,60	44,2	0,017	0,029	0,068
3,0	1,44	44,6	0,060	0,082	0,084
	1,57	40,7	0,021	0,037	0,042
3,5	1,57	41,4	0,048	0,071	0,108
	1,61	40,9	0,016	0,033	0,070
4,0	1,55	42,4	0,058	0,072	—
	1,67	40,1	0,016	0,026	0,033
4,5	1,67	41,8	0,064	0,068	0,101
	1,67	38,1	0,018	0,025	0,050
5,0	1,57	42,2	0,052	0,058	0,091
	1,65	38,2	0,016	0,023	0,042

Примечание. В числителе — свойства грунта в естественном состоянии, в знаменателе — после замачивания.

составила 24 мм, а при нагрузке 0,1 мПа — 42 мм. Это указывает на то обстоятельство, что на лессовых грунтах после замачивания возможно строительство сооружений, величина допускаемых деформаций которых находится в пределах 24 мм для нагрузки на фундамент 0,05 мПа и в пределах 42 мм — для нагрузки 0,10 мПа.

Таким образом, результатами штамповых испытаний установлено, что на лессовых грунтах после их замачивания возможно строительство мелиоративных сооружений без применения дополнительных мероприятий по уплотнению. При этом величина допускаемых деформаций сооружений находится в пределах 50 мм, а нагрузка на основание не превышает 0,1 мПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов А.А., Фролов Н.Н. Гидротехнические сооружения на оросительных системах в лессовых просадочных грунтах. М., Сельхозиздат, 1963.
2. Материалы проектирования по плодосовхозу № I в Гиурской долине. Ашхабад, "Каракумгипроводхоз", 1968.
3. Руководство по лабораторным геотехническим исследованиям грунтов. М., 1975.
4. Сквалецкий Е.Н. Лессовые породы плато Гарауты и их строительные свойства. - В сб.: Инженерные изыскания для водохозяйственного строительства в Таджикистане. Душанбе, 1969.

УДК 551.573:626.845:633.511

Канд. техн. наук Х.А. АМАНОВ,
инж.-гидротехник А.К. САХАРОВ

О СУММАРНОМ ИСПАРЕНИИ С ХЛОПКОВОГО ПОЛЯ ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАНИЕМ В МУРТАВСКОМ ОАЗИСЕ

Суммарное испарение - один из расходных элементов водного баланса, зависящее от метеорологических условий. Лизиметрические исследования по определению величины суммарного испарения проводились в 1972 - 1973 гг. на Каракумской опытно-мелиоративной станции ТуркмениНИИГиМа на легких (6 лизиметров) и тяжелых (4 лизиметра) почвах по фону хлопчатника. Хлопчатник высевался квадратно-гнездовым способом с шириной междурядий 60 x 60 см. Густота стояния растений из расчета на 1 га составляла 110 - 120 тыс. На легких почвах поливы проводились дождеванием с помощью дождевального агрегата ДДА-100М, на тяжелых - бороздковым способом. Характеристика лизиметров приведена в табл. I.

Т а б л и ц а I
Характеристика
лизиметров
(фон - хлопчатник)

Номер лизи-мет- ров	Глу- бина зале- гания грун- товых вод, м	Пло- щадь лизи- метра, м ²	Способ полива
Легкие почвы			
I - 2	I	0,6	дожде- вание
3 - 4	2	0,9	
5 - 6	I - 2 ^ж	0,6	
Тяжелые почвы			
7 - 8	I - 2 ^ж	0,6	бороз- дковый
9 - 10	I	0,9	

* Переменные лизиметры.

Т а б л и ц а 2
Урожайность
хлопчатника, ц/га

Номер лизимет- ров	1972 г.	1973 г.
Легкие почвы		
I	61,2	62,0
2	57,7	53,5
3	46,6	38,0
4	29,2	23,6
5	44,3	21,6
6	34,5	34,3
Делянки	44,6	48,0
Тяжелые почвы		
7	51,1	46,7
8	37,3	51,1
9	45,5	36,2
10	61,5	37,3
Делянки	39,3	42,0

Данные по урожайности хлопчатника, возделываемого в лизиметрах и на делянках, за 1972 - 1973 гг. показывают, что максимальная величина ее - 61,2 - 62,0 ц/га - получена на легких почвах при залегании грунтовых вод на глубине 1 м (табл. 2).

Суммарное испарение определялось по формуле:

$$E = K(V + П - O) + A \text{ м}^3/\text{га},$$

где V - водоподача на орошение (полив), л;

П - подлив воды (для поддержания постоянного горизонта), л;

O - откачка воды (для поддержания постоянного горизонта), л;

A - атмосферные осадки, м³/га;

K - коэффициент, зависящий от площади лизиметра (для перевода л/м² на м³/га).

Методика определения суммарного испарения сводится к поддержанию постоянного горизонта в лизиметрах посредством подлива воды - для восполнения расхода из грунтовых вод на испарение или откачки - для сбалансирования возросших запасов грунтовых вод.

Месячные величины суммарного испарения за 1973 г., приведенные в табл. 3, свидетельствуют о том, что в однометровых лизиметрах значение его больше, чем в двухметровых и переменных.

В период от всходов до бутонизации хлопчатника суммарное испарение и транспирация растений в однометровом и двухметровом лизиметрах близки между собой, что обусловлено слабым развитием корневой системы, низкой температурой и высокой влажностью воздуха. При этом участие грунтовых вод в питании растений в некоторых лизиметрах почти равно нулю.

С конца июня суммарное испарение и транспирация хлопчатника по однометровым лизиметрам начинают заметно возрастать по сравнению с двухметровыми и переменными, что указывает на использование растениями влаги за счет грунтовых вод, доля участия которых в испарении увеличивается и в августе достигает 40 – 67 % месячного испарения.

Двулетние данные показывают, что максимальное испарение в рассматриваемых лизиметрах наблюдалось в июле и августе. За этот период расход влаги полем хлопчатника составляет 38 – 52 % величины суммарного испарения за весь период вегетации.

Как показали опыты (1972 – 1973 гг.), с увеличением водоподдачи и суммарного испарения повышается урожайность хлопчатника во всех лизиметрах.

Суммарное испарение в невегетационный период зависит от количества выпавших атмосферных осадков, температуры воздуха и составляет 16 – 26 % годовой нормы.

Т а б л и ц а 3

Суммарное испарение по лизиметрам
за 1973 г., мм

Лизи- метры	М е с я ц ы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	21	33	78	67	59	98	152	168	114	6	28	20
2	24	32	78	68	64	91	142	169	117	71	23	18
3	19	28	81	48	79	75	76	125	112	57	14	13
4	14	28	81	47	80	76	76	121	111	57	11	12
5	21	44	85	51	46	96	78	116	101	45	17	11
6	19	44	86	47	43	70	78	116	101	45	16	14
7	10	27	80	37	43	85	126	108	78	59	32	18
8	14	27	80	40	44	86	146	126	74	64	30	16
9	15	34	80	56	80	109	226	217	117	81	20	14
10	18	34	80	56	80	107	220	219	110	78	18	14

Т а б л и ц а 4
Водный баланс
хлопкового поля

Показатели	Вегетационный период – IV – X	
	1972 г.	1973 г.
Запас влаги в почве, мм	334 331	265 283
Водоподача (полив), мм	696 877	550 630
Атмосферные осадки, мм	160 160	183 183
Расход воды (суммарное испарение), мм	1063 1224	888 1012
Запас влаги в почве в конце периода, мм	-207 -187	-155 -199
Урожайность хлопчатника, ц/га	42,0 36,4	44,6 39,4
Расход воды на I и урожай, мм	25,3 33,6	19,9 25,7

Примечание. В числителе – по первой делянке, в знаменателе – по второй.

(0,131 %). Это объясняется меньшей минерализацией подливаемой воды – 4 – 7 г/л против 5 – 10 г/л в лизиметрах с легкими почвами.

Результаты двулетних лизиметрических исследований в условиях Мургабского оазиса (незначительное количество атмосферных осадков, продолжительное жаркое и сухое лето, высокая испаряемость) позволяют констатировать, что суммарное испарение с хлопкового поля происходит тем интенсивнее, чем ближе уровень грунтовых вод и тяжелее грунты по механическому составу. С увеличением водоподдачи, суммарного испарения и транспирации повышается урожайность хлопчатника и возрастает интенсивность накопления солей.

На основании произведенных замеров составлен водный баланс хлопкового поля (табл. 4). В течение вегетационного периода основной составляющей в приходной части водного баланса являются поливы, на долю которых приходится около 85 % общей водообеспеченности. Расход воды на I и урожай составляет от 19,9 до 33,6 мм.

Результаты наблюдений за динамикой солей в почве лизиметров и на делянках путем отбора образцов почвы от поверхности земли до залегания уровня грунтовых вод показывают, что в верхних слоях и в зоне аэрации содержание плотного остатка и хлор-иона возрастает. При близком залегании грунтовых вод (однометровые лизиметры) в легких почвах накопление солей в слое 0 – 40 см составляет от 0,227 до 0,239 % (0,012), в слое 0 – 100 см – от 0,037 до 0,281 % (0,244); в тяжелых почвах соленакопление выражено в меньшей степени

Канд. эконом. наук А. КУЛОВ

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ И РАЗВИТИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ
В ЗОНЕ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

Анализ использования водных ресурсов и экономическая оценка оросительных систем в зоне Каракумского канала показывают, что имеются значительные резервы рационального водопользования.

Орошаемая площадь по Туркменской ССР в 1979 г. составила около 927,1 тыс. га, из них под хлопчатником было занято 54,8 %. Из общего объема произведенного в республике хлопка-сырца 48,1 % приходится на хозяйства зоны Каракумского канала.

По балансовой стоимости государственных оросительных систем в зоне Каракумского канала 79,0 % относятся непосредственно к Каракумскому каналу.

По государственным оросительным системам Минводхоза ТССР на 1 гектар орошаемой площади приходилось фондов: в 1966 г. — 88,7 руб., в 1977 г. — 118,4 руб., а с учетом Каракумского канала — соответственно 594,8 руб. и 562,9 руб. Удельный показатель фондов с учетом Каракумского канала также увеличился в несколько раз. В 1977 г. на 1000 м³ забора воды приходилось фондов по оросительным системам Минводхоза ТССР 6 руб., а вместе с Каракумским каналом — 40 руб.

Водозабор на одного водохозяйственного эксплуатационного работника составлял в 1966 г. 3,03 млн. м³, в 1977 г. — 7,60 млн. м³, водоподача — соответственно 2,60 и 6,64 млн. м³. Несмотря на значительное увеличение водозабора, существенного изменения в штате эксплуатационной службы оросительных систем в зоне Каракумского канала не произошло.

Рентабельность хозяйств, исчисленная по основным фондам, составила: в 1966 г. — 2,8 %, в 1972 г. — 4,6 и в 1977 г. — 2,1 % (табл. I). Снижение рентабельности объясняется строительством крупных гидротехнических сооружений в зоне Каракумского канала. Рентабельность, исчисленная по расчетам себестоимости, во все годы находится в пределах 30 — 35 %. В зоне Каракумского канала

Экономическая эффективность
использования оросительной воды и орошаемых земель
в зоне Каракумского канала

Показатели	1966 г.	1972 г.	1977 г.
Водозабор на одного эксплуатационного работника, млн. м ³ /чел.	3,03	4,48	7,60
Водоподача на одного эксплуатационного работника, млн. м ³ /чел.	2,60	3,49	6,64
Водозабор на 1 га орошаемой площади, тыс. м ³	18,30	17,10	17,10
Водоподача на 1 га орошаемой площади, тыс. м ³	15,70	13,30	15,00
Валовой доход на 1000 м ³ подачи воды, руб.	54,90	97,10	56,60
Чистый доход на 1000 м ³ подачи воды, руб.	15,10	35,00	21,10
Валовой доход на 1 га орошаемой площади, руб.	864,40	1298,40	847,90
Чистый доход на 1 га орошаемой площади, руб.	238,40	463,80	316,10
Рентабельность, исчисленная по фондам, %	2,80	4,60	2,10

очень много воды расходуется на промывку земель с целью улучшения их мелиоративного состояния, особенно в Тедженском районе.

Водоподача на 1 га орошаемой площади в зоне Каракумского канала в 1977 г. составила 15,0 тыс. м³ при проектной водоподаче на 1976 — 1980 гг., принятой институтом "Туркменгипроводхоз", в объеме 14,0 тыс. м³/га. Как видно, значительного расхождения нет.

Урожайность хлопчатника в рассматриваемой зоне составила в целом 17,0 ц/га при наличии хозяйств, получающих по 20 — 30 ц хлопчатника с гектара. Анализ показал, что увеличение водоподачи, как правило, сопровождалось повышением отдачи орошаемых земель.

В 1979 г. в отдельной группе колхозов на 1 га орошаемой площади произведено валовой продукции на 1645 руб., получено валового дохода на 1120 руб. и чистого дохода — на 402 руб. Одновременно по продуктивности оросительной воды имеется группа колхозов, в которых на 1000 м³ поданной воды произведено валовой продукции на 138,9 руб., валовой доход составил 89,3 руб., а чистый доход — 28,5 руб. В группе хозяйств, где удельная протяженность коллек-

торно-дренажной сети достигает 32,1 м/га, урожайность хлопчатника составляет 20 ц/га, на 1 га орошаемой площади получено 921,3 руб. валового дохода и 351,2 руб. чистого дохода. Обеспеченность основных производственных фондов сельскохозяйственного назначения составила при этом 1423,7 руб. Таким образом, при нормативной потребности коллекторно-дренажной сети 40 - 60 м/га можно достигнуть высоких показателей. Мелиоративное состояние орошаемых земель зоны Каракумского канала неудовлетворительное. Исследованиями доказано, что урожайность хлопчатника, даже при слабом засолении почвы, снижается на 20 %, а при сильной концентрации солей - больше чем наполовину. В 1978 г. общая по Туркменской ССР протяженность коллекторно-дренажной сети достигла почти 17,8 тыс. км (табл. 2).

Для того, чтобы "рассолить" гектар пашни, необходимо расходовать не менее 15 тыс. м³ воды. С ростом потребности страны в производстве сельскохозяйственных продуктов орошаемые поля неуклонно расширяются. Необходимо прини-

Т а б л и ц а 2
Динамика развития
коллекторно-дренажной сети

Периоды, годы	Протяженность, км		
	всего	междо- хозяйст- венной	внутри- хозяйст- венной
Общая по Туркменской ССР			
1957 - 1960 гг.	1013	685	328
1961 - 1965 гг.	3405	1664	1741
1966 - 1970 гг.	8236	3564	4672
1971 - 1975 гг.	13627	4939	8688
1976 г.	16269	5557	10712
1977 г.	16919	5706	11213
1978 г.	17779	5843	11936
По Ташаузской области			
1957 - 1960 гг.	597	396	201
1961 - 1965 гг.	1722	877	845
1966 - 1970 гг.	3123	1717	1406
1971 - 1975 гг.	4670	1980	2690
1976 г.	5200	2043	3157
1977 г.	5319	2067	3252
1978 г.	5499	2116	3383
По Чарджоуской области			
1957 - 1960 гг.	431	247	184
1961 - 1965 гг.	1155	453	702
1966 - 1970 гг.	2810	1166	1644
1971 - 1975 гг.	3502	1400	2102
1976 г.	3776	1496	2281
1977 г.	3876	1517	2359
1978 г.	4076	1583	2493
По Марыйской области			
1957 - 1960 гг.	167	167	-
1961 - 1965 гг.	580	311	269
1966 - 1970 гг.	2286	680	1606
1971 - 1975 гг.	5420	1556	3864
1976 г.	7293	2019	5274
1977 г.	5321	1385	3936
1978 г.	6341	2144	4197
По Амхабадской области			
1977 г.	2405	738	1667
1978 г.	2611	749	1862

мать безотлагательные меры по экономному расходованию оросительной воды. В этом отношении имеются такие резервы, как применение прогрессивного метода полива, реконструкция оросительных систем, введение хозяйственного расчета в УОСах и т.д.

С развитием Каракумского канала предусматривается орошение в его зоне более 1 млн. га земель. Головной водозабор будет составлять 800 - 1200 м³/с, соответственно возрастет и пропускная способность канала на всем его протяжении.

В условиях крупного водозабора еще более возрастет значимость вопросов рационального водопотребления, снижения потерь воды и борьбы с засолением земель.

УДК 556.142

Гафуров В.К., Непесов М.А.

О методике определения валовых расходов
влаги на транспирациюСб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Дается обзор методов определения транспирации в полевых условиях с оценкой их применимости. Приводится последовательность операций по определению транспирационных расходов воды методом быстрого взвешивания с учетом нелинейности связи между транспирацией и площадью листовой поверхности. Предлагается полученная зависимость для расчета транспирации по ее интенсивности и листовому индексу.

Табл. - 2, иллюстр. - 2, библиогр. - 15.

УДК 626.843

Сеидов О., Мередов А., Нурсахатов О.

Поливы хлопчатника из закрытой
оросительной сети на землях с малым уклономСб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Приведены результаты исследований бороздкового полива хлопчатника из закрытой оросительной сети на землях с малым уклоном колхоза "Ленинград" Туркменкалинского района Туркменской ССР.

УДК 631.432

Сапармуратов А.

Расчет скорости впитывания воды в почву

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Приведены краткие результаты полевых опытов и расчеты скорости впитывания воды в почву. Дан пример расчета по определению скорости впитывания воды в почву.

Табл. - нет, иллюстр. - 1, библиогр. - нет.

УДК 621.647.2

Некоторые параметры работы дождевальной
машины "Фрегат" в условиях Чарджоуского оазисаСб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Приведены результаты исследований полива кукурузы и люцерны дождевальной агрегатом "Фрегат" при норме полива 600 м³/га минерализованной водой (1,5 - 2,7 г/л). Выявлены преимущества насоса СНП-75/100 относительно АТН-14.

Табл. - 1, иллюстр. - нет, библиогр. - нет.

УДК 624.131.38

Бекиев С.

Влияние орошения на водно-физические
свойства просадочных земельСб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Приводятся результаты полевых наблюдений за динамикой влажности, объемной массы почвы по почвенному профилю до 10 м глубиной на орошаемых просадочных лессовых грунтах.

Табл. - нет, иллюстр. - 1, библиогр. - нет.

УДК 624.131.38

Гафуров В.К., Бекиев С.

Расчет ожидаемых просадок
лессовых грунтов на орошаемых массивахСб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Рассматриваются вопросы расчета ожидаемого радиуса просадочной депрессии по водно-физическим свойствам грунта — объемной массе, удельному сцеплению, углу внутреннего трения, а также по глубине увлажненного слоя. Дана формула расчета величины просадки по удельному давлению на грунт при универсальных коэффициентах компрессионной кривой. Приводится вероятное число проявлений просадочных депрессий на орошаемых массивах. Дана формула для прогностического расчета объемов засыпок образовавшихся просадочных депрессий.

Табл. — нет, иллюстр. — 3, библиогр. — 6.

УДК 551.49.018/491.7

Гарагулов М.Ч.

Методика определения фильтрационных характеристик почвогрунтов зоны аэрации экспресс-наливами при свободном опускании горизонта воды (по скорости впитывания)

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Предлагается методика определения фильтрационных характеристик почвогрунтов зоны аэрации экспресс-наливами при свободном опускании горизонта воды. Получаемые данные по скорости впитывания обрабатываются при помощи эталонных кривых. В конце опыта по известной глубине увлажнения определяются коэффициент фильтрации, недостаток водонасыщения и капиллярный вакуум исследуемых грунтов.

Табл. — 2, иллюстр. — 3, библиогр. — 3.

УДК 626.212.001.24

Гарагулов М.Ч.

Номограмма для расчета фильтрационных потерь из каналов при неустановившейся свободной фильтрации

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Предлагается номограмма для расчета фильтрационных потерь из каналов при неустановившейся свободной фильтрации. На примере Ка-

ракумского канала им. В.И.Ленина показывается методика применения номограммы при расчете фильтрационных потерь.

Табл. — нет, иллюстр. — 2, библиогр. — 6.

УДК 631.67:626.822.914/915

Галифанов Г.Г., Шабанова Л.Т.,
Акопов В.А., Романюк Е.М.

Существующее состояние каналов в облицованном русле в условиях Туркменской ССР

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

На примере ряда облицованных каналов в Туркменской ССР проанализировано влияние различных групп сорных растений на состояние противофильтрационных покрытий. Выявлена степень их повреждающего воздействия в зависимости от биологических особенностей и определены мероприятия по повышению надежности функционирования оросительных систем.

Табл. — 1, иллюстр. — нет, библиогр. — 5.

УДК 631.67:626.823.45:518.5

Андреева М.М.

Математическая модель динамики заиления отстойника и ее численная реализация

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Дан расчет динамики заиления отстойника на основе единой для всего потока математической зависимости.

Табл. — нет, иллюстр. — 2, библиогр. — нет.

УДК 631.67:538.651

Гак Е.З., Рохинсон Э.Е., Назармамедов О., Арамедов Х.

Об изменении физико-химических свойств промывных вод при их протоке через магнитные поля

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

На основании анализа результатов выполненных исследований и полученных другими авторами дана информация об изменениях физико-химических свойств промывных вод, пропускаемых через магнитное поле в целях рассоления почв хлоридно-сульфатного засоления.

Табл. — нет, иллюстр. — нет, библиогр. — 7.

УДК 631.67:538.4

Арамедов Х.

Применение магнитных полей
при промывке засоленных земель

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Рассматривается вопрос о влиянии магнитных полей на промывную воду при рассолении засоленных земель. Установлено, что обработка промывной воды магнитным полем ускоряет рассоление почвогрунтов и при этом солеотдача почвы повышается в два раза.

Табл. — I, иллюстр. — нет, библиогр. — 4.

УДК 626.87

Назармамедов О., Изингер А.Ф.

Промывка засоленных земель Мургабского оазиса

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Рассматриваются результаты исследований по промывке засоленных земель Мургабского оазиса. Даны нормы, сроки и технология проведения промывных поливов для различных типов и степени засоления.

Табл. — I, иллюстр. — нет, библиогр. — нет.

УДК 686.81./84

Рабочев Г.И., Оразгельдыев М., Шерипов Д.

Использование дренажных вод для орошения
кормовых культур на песчано-пустынных почвах

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Рассматривается вопрос использования дренажных вод с минерализацией 5 — 7 г/л для орошения кормовых культур — сорго, кукурузы, суданской травы, подсолнечника, проса — на песчано-пустынных почвах в условиях Тамаузского оазиса Туркменской ССР. Установлена возможность возделывания кормовых культур при поливах среднеминерализованными водами, применение которых целесообразно на фоне хорошо действующего искусственного дренажа. Поливные и оросительные нормы для кормовых культур при использовании дренажных вод должны быть на 20 — 30 % выше общепринятых.

Табл. — I, иллюстр. — нет, библиогр. — 5.

УДК 631.453

Сапаров К.

Влияние концентрации почвенного раствора
на урожай суданской травы

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Приведены результаты двухлетних полевых опытов по использованию минерализованных вод. Показано совместное влияние поливной нормы и концентрации солей в поливной воде на концентрацию почвенного раствора, содержание отдельных токсичных солей и их влияние на урожайность суданской травы.

Табл. — 2, иллюстр. — I, библиогр. — 2.

УДК 631.432.26

Нерпин С.В., Сапаров К., Хлопотенков В.Д.

Зависимость капиллярного потенциала влагосодержания
при различной степени минерализации почвенного раствора

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,

Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Приведены результаты экспериментального определения потенциала почвенной влаги при диапазоне изменения начальной концентрации солей в почвенном растворе от 0,8 до 6,0 г/л. На основе экспериментальных данных получена расчетная формула для определения потенциала почвенной влаги в зависимости от начальной концентрации солей в почвенном растворе.

Табл. - 2, иллюстр. - 2, библиогр. - 19.

УДК 624.152.612.2

Поплавский В.В.

Результаты сопоставления аналитических расчетов с данными натурных исследований водопонижения

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Рассматриваются результаты сопоставления аналитических расчетов понижения уровня и расходов с данными натурных исследований вакуумного водопонижения. Рекомендуются зависимости для практических расчетов водопонижения.

Табл. - 1, иллюстр. - нет, библиогр. - 5.

УДК 626.862.4

Каграманов Ю.О., Бабаев К.

Глубокие самонзливающиеся скважины-усилители в зоне Хауэханского водохранилища

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Рассматриваются грунтовые и гидрогеологические условия, в которых построены скважины-усилители. Дано описание их конструкции и приведены результаты исследований по изучению их работы.

Табл. - нет, иллюстр. - 2, библиогр. - нет.

УДК 551.3(575.4)

Исмаев С.

Экзогенные процессы на территории Мургабского оазиса

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Приведено описание экзогенных процессов, происходивших на территории Мургабского оазиса в связи со строительством Каракумского канала им. В.И.Ленина, и рассматриваются проблемы, возникшие в результате этого.

УДК 631.6:551.491.7(575.4)

Джораев Б.М.

Литологическое районирование орошаемых земель бассейна р.Амударьи применительно к скважинам-усилителям (в пределах Туркменской ССР)

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Рассматриваются гидрогеологические условия орошаемых земель дельты и долины р.Амударьи с точки зрения применимости скважин-усилителей к горизонтальным дренам. На основе анализа мощности и литологического строения водоносного горизонта, геологического и морфологического строения на территории дельты выделено 12 и в долине - 6 гидрогеологических районов.

Табл. - нет, иллюстр. - 2, библиогр. - 3.

УДК 631.62:626.862.1

Калантаев В.А.

Новые приемы дренажного и рассоления орошаемых земель в аридной зоне

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6, Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГим ММВХ СССР).

Дано описание конструкций и приведены результаты исследований по изучению работы вакуумированного дренажа, дренажной системы "большой колодец", вертикальных дрен с сифонными усилителями, мобильного дренажа.

УДК 626.862

Мамедова Л.В., Баусова Т.А.

Применение пористых вставок в дренаже

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Рассматривается вопрос применения пористых вставок в горизонтальном дренаже для устройства фильтровой зоны при использовании гончарных раструбных дренажных труб. Приводятся результаты исследований по подбору производственных составов заполнителей пористого бетона, величины водопроницаемости и прочностные характеристики, основные типоразмеры пористых вставок.

Табл. - 2, иллюстр. - нет, библиогр. - 2.

УДК 631.42:542.63

Савельева М.Я.

Диффузия хлор-иона
в песчаных грунтах Туркменской ССР

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Рассматривается вопрос определения коэффициента диффузии хлор-иона в песчаных грунтах. Приводятся результаты его определения в зависимости от объемной влажности и механического состава грунтов.

Табл. - 2, иллюстр. - 1, библиогр. - 2.

УДК 631.6:626.87

Бекиев К.

К вопросу об определении
промывной нормы засоленных почвогрунтов

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Для определения промывной нормы рекомендуется использовать равенство, полученное на основе физико-математических представлений о процессе солеотдачи почв. Это равенство учитывает гидравлическую проводимость и геометрию порового пространства почвы, реологию почвенного раствора и величину промываемого слоя почв.

Табл. - нет, иллюстр. - 1, библиогр. - 21.

УДК 624.31

Григорянц Р.А., Лукутин И.Н.

Исследование деформативных свойств
лессовых просадочных грунтов Гяурской долины
при свободном замачивании

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Приводятся результаты опытного замачивания котлованов различных размеров на территории Гяурской долины, сложенной лессовыми грунтами. Анализируются факторы, влияющие на развитие просадочных деформаций, изменение свойств лессовой толщи в результате замачивания.

Табл. - 2, иллюстр. - 3, библиогр. - нет.

УДК 551.573:626.845:633.511

Аманов Х.А., Сахаров А.К.

О суммарном испарении с хлопкового поля
при поливе дождеванием в Мургабском оазисе

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркменНИИГиМ ММВХ СССР).

Рассматриваются результаты двухлетних лизиметрических исследований в условиях Мургабского оазиса Туркменской ССР, которыми установлено, что суммарное испарение с хлопкового поля происходит тем интенсивнее, чем ближе уровень грунтовых вод и тяжелее грунты

по механическому составу. С увеличением водоподачи, суммарного испарения и транспирации повышается урожайность хлопчатника и возрастает интенсивность накопления солей.

Табл. — 4, иллюстр. — нет, библиогр. — нет.

УДК 631.671:626.862.4.003.121

Кулов А.

Экономическая оценка использования
оросительной воды и развития коллекторно-
дренажной сети в зоне Каракумского канала

Сб. "Мелиорация земель в Туркменистане". Вып. 6,
Ташкент, САНИИРИ, 1980 (ТуркмениНИИТМ ММВХ СССР).

Дается оценка использования оросительной воды на единицу орошаемой площади и на одного работника эксплуатационной службы в соответствии с развитием коллекторно-дренажной сети.

Табл. — 2, иллюстр. — нет, библиогр. — нет.

СОДЕРЖАНИЕ

Гафуров В.К., Непесов М.А. О методике определения валовых расходов влаги на транспирацию	5
Сеидов О., Мередов А., Нурсахатов О. Поливы хлопчатника из закрытой оросительной сети на землях с малым уклоном	11
Долматов А.С. Некоторые параметры работы дождевальной машины "Фрегат" в условиях Чарджоуского оазиса	14
Сапармуратов А. Расчеты скорости впитывания воды в почву	16
Бекиев С. Влияние орошения на водно-физические свойства просадочных земель	20
Гафуров В.К., Бекиев С. Расчет ожидаемых просадок лессовых грунтов на орошаемых массивах	23
Гарагулов М.Ч. Методика определения фильтрационных характеристик почвогрунтов зоны аэрации экспресс-наливами при свободном опускании горизонта воды (по скоростям впитывания)	30
Гарагулов М.Ч. Номограммы для расчета фильтрационных потерь из каналов при неустановившейся свободной фильтрации	38
Галифанов Г.Г., Шабанова Л.Т., Акопов В.А., Романюк Е.М. Состояние каналов в обливном русле в условиях Туркменской ССР	45
Андреева М.М. Математическая модель динамики заиливания отстойника и ее численная реализация	54
Гак Е.З., Рохинсон Э.Е., Назармamedов О., Арамедов Х. Об изменении физико-химических свойств промывных вод при их протоке через магнитные поля	56
Арамедов Х. Применение магнитных полей при промывке засоленных земель	61
Назармamedов О.Н., Изингер А.Ф. Промывка засоленных земель Мургабского оазиса	65
Рабочев Г.И., Оразгельдыев М., Шерипов Д. Использование дренажных вод для орошения кормо-	

ных культур на песчано-пустынных почвах	67
Сапаров К. Влияние концентрации почвенного раствора на урожай суданской травы	70
Нерпин С.В., Сапаров К., Хлопотенков Е.Д. Зависимость капиллярного потенциала влагоудержания при различной степени минерализации почвенного раствора	75
Поплавский В.В. Результаты сопоставления аналитических расчетов с данными наткрных исследований водопонижения	80
Каграманов Ю.О., Бабаев К. Глубокие самоизливающиеся скважины-усилители в зоне влияния Хаузаханского водохранилища	83
Исмаилов С. Экзогенные процессы на территории Мургабского оазиса	86
Джораев Б. Литологическое районирование орошаемых земель бассейна р.Амударьи применительно к скважинам-усилителям (в пределах Туркменской ССР)	89
Калантаев В.А. Новые приемы дренирования и расчленения орошаемых земель в аридной зоне	96
Мамедова Л.В., Баусова Т.А. Применение пористых вставок в дренаже	102
Савельева М.Я. Диффузия хлор-иона в песчаных грунтах Туркменской ССР	105
Бекиев К. К вопросу об определении промывной нормы засоленных почвогрунтов	108
Григорянц Р.А., Лукутин И.Н. Исследование деформативных свойств лессовых просадочных грунтов Гяурской долины при свободном замачивании	116
Аманов Х.А., Сахаров А.К. О суммарном испарении с хлопкового поля при поливе дождеванием в Мургабском оазисе	126
Кулов А. Экономическая оценка использования оросительной воды и развития коллекторно-дренажной сети в зоне Каракумского канала	130

Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации

744000, г. Ашхабад, ул. Островского, 30.

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Выпуск шестой

Редактор Ю.Н. Моргунов

Технический редактор Ю.Н. Моргунов

Р - 05267. Подписано в печать 29/IX-1980 г. Формат
бумаги 60 x 90 1/16. Физ. печ. л. 9,125. Уч.-изд. л. 7.
Тираж 450 экз. Заказ 1758. Цена 1 руб. 5 коп.

Картфабрика института "Узгипрозем"
700000, г. Ташкент, ул. Мукими, 176.