П-12

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

П-24
626.8

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
Туркменский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЫЛЫМ»
АШХАБАД · 1977

33С5(С51)
П42

Редколлегия
Х. Аманов, Б. К. Балакаев, Ф. Ш. Доктор,
Ю. И. Моргунов, Б. Сапаров (ответственный редактор),
В. Н. Чавыкин

П42 **Повышение** эффективности гидромелиоративных систем. (Сборник статей). Отв. редактор Б. Сапаров. Ашхабад, «Ылым», 1977.

316 с. с ил.

Данный сборник знакомит читателя с основными этапами развития водного хозяйства Туркменистана. Значительное место в сборнике занимают работы по гидравлическим исследованиям, организации и механизации водохозяйственного строительства, автоматизации и телемеханизации гидромелиоративных систем.

33С5 (С 51)

П $\frac{40305-081}{М561(30)-77}$ 114—76

© Издательство «Ылым», 1977 г.

Х. А. АМАНОВ, Б. САПАРОВ

РАЗВИТИЕ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ В ТУРКМЕНСКОЙ ССР ЗА ГОДЫ СОВЕТСКОЙ ВЛАСТИ

Знаменитая во всем мире пустыня Каракумы находится в Туркменской ССР и по своей величине (общая площадь составляет более 360 тыс. км²) стоит на четвертом месте на земном шаре. Каракумы являются прекрасным пастбищем для выпаса скота, а ее недра — неисчерпаемым источником ценного для народного хозяйства сырья.

Мощные залежи полезных ископаемых, особенно полиметаллов, таят в себе горные массивы Туркменистана, занимающие около 10% общей площади республики. Добываемые в этих горах полезные ископаемые позволяют предприятиям горной, химической, газовой и других отраслей промышленности Туркменистана занимать по выпуску многих видов продуктов одно из ведущих мест в Советском Союзе. Уже сейчас горно-химическая промышленность Туркмении поставляет свою продукцию более пятистам предприятиям страны и экспортирует за границу.

Туркменистан — республика с развитым сельским хозяйством (свыше 9,0 млн. га плодородных земель). На землях Туркменистана можно возделывать самые ценные сорта теплолюбивых культур. Нигде в нашей стране нет такого знойного и продолжительного лета и такой безоблачной осени, как в Туркменистане. Здесь в летние месяцы температура воздуха часто доходит до 40—45°С. В самом жарком месте на территории республики — Репетеке температура воздуха достигает 50°, а поверхность земли накаляется до 79°. Такие высокие температуры обеспечивают необходимую сумму так называемых эффективных температур для роста, развития и созревания урожая многих видов сельскохозяйственных и технических культур. Ученые установили, что для полного созревания коробочек хлопчатника тонковолокнистых сортов требуется сумма эффективных температур не менее 4500°, а

для длинноволокнистых сортов — 3500—4000°. В Туркменской ССР благодаря жаркому климату сумма эффективных температур составляет 4000—5500°, что значительно превышает величину, необходимую для многих видов сельскохозяйственных и различных технических культур.

По климатическим ресурсам Туркменистан соперничает с самыми теплыми районами средиземноморских стран. Значительная часть ее территории лежит на одной и той же широте, что и северная оконечность Африки, а г. Кушка расположен даже на 150 км южнее. Благодаря такому географическому положению Туркменистан изобилует солнечным светом и теплом, столь необходимым и растениям и всему живому. Продолжительность солнечного сияния в Туркменской ССР составляет около 3000 часов в год. За это время каждый квадратный сантиметр поверхности земли и листьев растений получает за счет солнечной радиации от 150 до 200 килокалорий тепла, что значительно превышает потребное количество тепла для полного созревания коробочек тонковолокнистого хлопчатника.

По количеству ясных дней в году Туркменистан находится на одинаковом уровне с наиболее богатыми теплом и светом субтропическими областями земного шара, а по продолжительности вегетационного периода, который длится от 200 до 280 дней, он стоит на первом месте в Советском Союзе.

Благодаря таким благодатным условиям в Туркменистане можно выращивать почти все культуры, встречающиеся в Советском Союзе. Однако, чтобы растения дали всходы и плоды, им кроме тепла, света и плодородной почвы, которыми изобилует и славится Туркменистан, требуется еще и влага, которой здесь недостаточно: в течение года за счет атмосферных осадков поступает влаги всего 100—160 мм, что почти в пять раз меньше, чем в центральных районах Европейской части СССР. Несколько лучше обеспечены осадками горные районы Туркменистана, но и здесь их выпадает не больше, чем в засушливой части Поволжья, к тому же распределяются они по сезонам года весьма неравномерно. Большая часть осадков выпадает весной, когда с Атлантического океана в Туркмению приходят влагоносные циклоны, но бывают поздно осенью и зимой. Летом же, в период наибольшей потребности растений во влаге, осадков в Туркменистане почти не бывает. Это объясняется удаленностью нашей республики от океанов на тысячи километров, в связи с чем значительная часть испарившейся влаги с поверхности океанов сюда не доходит, выпадая в виде осадков на своем большом пути. В результате этого, занимая первое место в СССР по интенсивности тепла и света, Туркменистан получает от

природы наименьшее количество атмосферных осадков и находится в полюсе сухости. Вот почему вода здесь особенно ценна. И ни один фактор так не содействует или не препятствует экономическому развитию республики, как обеспеченность водой или недостаток ее.

Водное хозяйство дореволюционной Туркмении на протяжении веков не претерпевало сколько-нибудь существенных изменений. Гидромелиорация в то время не имела научной основы, не поддерживалась правительством.



Рис. 1. Строительство канала вручную.

Каждый род имел свой канал, подающий воду от источника орошения на поля (рис. 1). Но ни один из этих каналов за тысячелетнее существование не был оборудован головными и распределительными сооружениями и не обеспечивал нормальное орошение посевов (рис. 2). С повышением уровня воды в реках земли и посевы затоплялись, а спад воды в ней грозил засухой (рис. 3). Хорошие каналы и подпорное сооружение были лишь на Мургабе, но дехкане не могли ими пользоваться, так как они предназначались для орошения царского имения в Байрам-Али.

Царское правительство не было заинтересовано в развитии водного хозяйства Туркменистана. Его запущенное состояние позволяло жестоко эксплуатировать трудящиеся массы и использовать воду для разжигания племенной и родовой вражды. Нередко при распределении воды между родами берега каналов превращались в поле сражения и вода окрашивалась кровью.

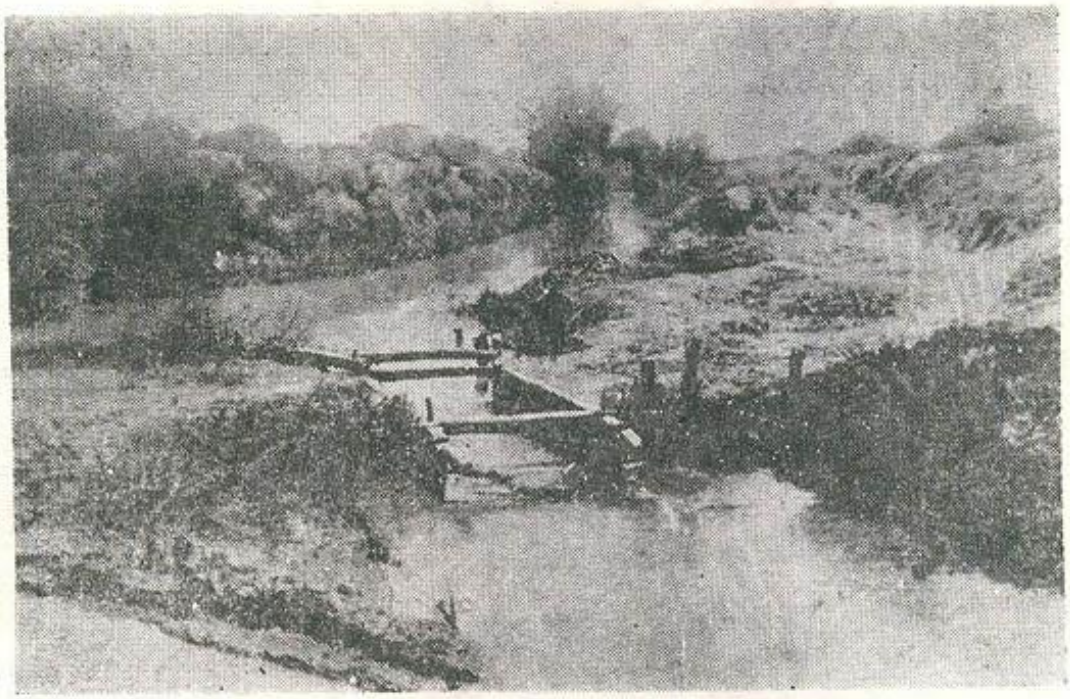


Рис. 2. Деревянное гидросооружение.

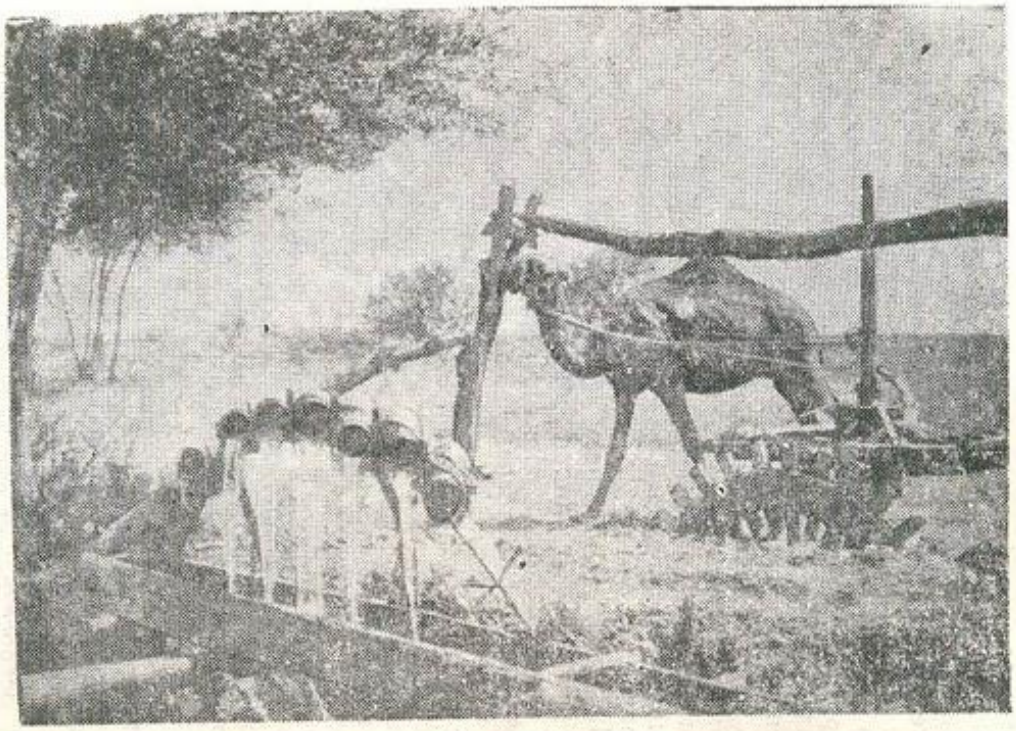


Рис. 3. Чигирь.

Победа Великой Октябрьской социалистической революции подорвала корни эксплуатации и племенной вражды в туркменском селе, изменила общественно-экономический уклад и быт народа. С самого начала установления Советской власти хозяевами земли и воды стали трудящиеся крестьяне. Советское правительство выделяло большие средства на ирригационное строительство и помогло туркменскому народу в исторически короткий период преодолеть свою вековую отсталость и осуществить заветные думы о воде.

Уже 9 мая 1918 г. декретом Совета Народных Комиссаров за подписью Ленина было создано специальное управление по водному хозяйству. В. И. Ленин рассматривал развитие орошения не только как задачу экономическую, но и как задачу политической важности. 17 мая 1918 г. был принят ленинский декрет «Об ассигновании 50 миллионов рублей на оросительные работы в Туркестане и об организации этих работ». Этот исторический документ имел огромное значение для развития земледелия и животноводства и явился важным мероприятием для социалистического преобразования края.

В 1920 г. В. И. Лениным подписано Постановление Совнаркома РСФСР, в котором были намечены важные мероприятия: приведение в порядок ирригационных сооружений, первоочередное снабжение хлопководческих хозяйств инвентарем и удобрениями, организация новых и восстановление старых опытных полей и селекционных станций, установление льгот на пользование землей и водой для хозяйств, возделывающих хлопчатник, введение севооборотов с преобладающей культурой хлопчатника во всех хлопкосеющих районах.

В известном письме коммунистам Кавказа от 14 апреля 1921 г. Владимир Ильич особо подчеркивал значение орошения. Он рекомендовал улучшить положение крестьян и начать крупные работы по электрификации и орошению. «Орошение,—пишет В. И. Ленин,—больше всего нужно и больше всего пересоздаст край, возродит его, похоронит прошлое, укрепит переход к социализму»[1].

По инициативе и под руководством В. И. Ленина коллективом ученых и инженеров был разработан план ГОЭЛРО—план электрификации России, принятый в декабре 1920 г. на VIII Всероссийском съезде Советов. Выступая на съезде, В. И. Ленин назвал этот план комплексного развития народного хозяйства на основе электрификации «второй программой партии». В нем были отражены вопросы использования водных ресурсов для развития гидроэнергетики, орошения и

[1] Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 43, с. 200.

транспорта. По этому плану мелиоративные работы должны были проводиться в различных районах страны: орошение—в засушливых районах Средней Азии, Закавказья и юго-востока Европейской части страны; осушение земель — в Нечерноземной зоне. По решению Совета Народных Комиссаров в 1920 г. на переустройство оросительных систем в хлопковых районах было выделено 256 млн. руб.

29 апреля 1921 г. Совет Труда и Обороны принял постановление за подписью В. И. Ленина о борьбе с засухой. В этом документе было отражено развитие ирригации в общем плане борьбы с засухой, которой В. И. Ленин придавал огромное значение. В постановлении рассмотрены гидро-, лесомелиоративные, агротехнические и хозяйственные мероприятия, обеспечивающие успешное решение этой важнейшей для страны проблемы. Для борьбы с засухой Народному Комиссариату земледелия был отпущен 1 млрд. руб.

Состояние орошения и экономическое положение орошаемых районов за годы первой мировой и гражданской войн было весьма тяжелое. Подавляющая часть оросительных систем была разрушена, а хлопковое хозяйство пришло в упадок. В те годы многие буржуазные ученые и специалисты утверждали, что Советская власть не сумеет восстановить эти отрасли народного хозяйства.

На IX Всероссийском съезде Советов, состоявшемся в декабре 1921 г., главное внимание было уделено восстановлению и развитию сельского хозяйства страны. Были приняты поощрительные меры к созданию и развитию всех видов кооперативных объединений, одной из задач которых стало производство широких мелиоративных работ.

В основу постановления о развитии мелиорации были положены идеи В. И. Ленина о кооперации в деревне. Решения IX съезда Советов сыграли большую роль в укреплении сельского хозяйства, организации товариществ по совместной обработке земель и по проведению мелиоративных работ. Кооперативы и отдельные крестьянские хозяйства стали получать от государства денежный кредит для покупки семян и удобрений и на проведение мелиоративных работ, что явилось важным этапом на пути коллективизации сельского хозяйства, перехода его на социалистические рельсы.

Коммунистическая партия и Советское правительство подняли дело мелиорации на уровень общегосударственных задач, благодаря чему гидромелиорация в нашей стране ознаменовалась величайшими успехами и получила невиданный в мире размах. Фронт мелиоративных работ охватил все районы Туркменской ССР и простирался от предгорий Копетдага до низовий Амударьи. Сооружаемые каналы и оросительные системы по своей мощности и экономическому зна-

чению намного превосходили существовавшие издавна. Новая сеть, оборудованная гидротехническими сооружениями, обеспечивала бесперебойную подачу воды на поля (рис. 4).

В республике за последние два десятилетия (1951—1970) капиталовложения в водохозяйственное строительство увеличились в 10 раз, водоподача на орошение и производство хлопка-сырца — в 2, 3 раза (табл. 1). Площади орошаемых земель по сравнению с 1925 г. увеличились в 2 раза, урожайность повысилась в 2,5 раза.

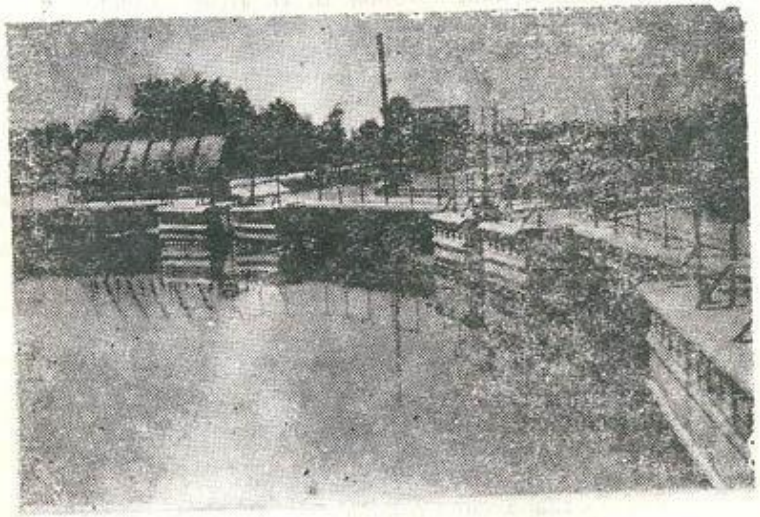


Рис. 4. Каушут-Бентский гидроузел.

Таблица 1

Рост капиталовложений в водохозяйственное строительство

Показатель	В среднем за годы			
	1951–1955	1956–1960	1961–1965	1966–1970
Капитальные вложения на водохозяйственное строительство, млн. руб.	13	39	58	121
Водоподача на орошение, млн. м³	4438	5757	7439	9533
Производство хлопка-сырца, тыс. т	314	363	449	726

В Чарджоуском оазисе в результате реконструкции вместо 350 мелких было создано 14 крупных оросительных систем, сократилась протяженность каналов, повысился коэффициент полезного действия систем с 0,25 до 0,50. В Ташаузском оазисе построено много новых каналов, оборудованных инженерными сооружениями, усовершенствована система водозабора с уменьшением количества головных точек. Каналы Палван, Газават, Шават и Ярмыш переключены на Ташсакинское сооружение. Большие работы по переустройству и развитию орошения выполнены по системам Кличниязбай, Советяб и др. Огромное мелиоративное значение имело строительство крупных коллекторов — Дарьялыкского, Озерного, Шават-Андреевского, Первомайского и других.

В Чарджоуском и Ташаузском оазисах орошаемая площадь по сравнению с 1924 г. расширилась в три раза, а под посевами хлопчатника — в десять раз.

Орошение в Мургабском оазисе применяется издавна. В 1895—1910 гг. на р. Мургаб для забора на орошение были построены Султанбентская, Иолотанская и Гиндукушская плотины с водохранилищами суммарной емкостью 206,4 млн. м³, два магистральных канала с распределителями, армированные регулирующими сооружениями и телефонной линией.

В 1926 г. построена временная деревянная Эгри-Гузарская плотина, в 1936 г. земляная плотина Казыклы-Бент была заменена на деревянную временного типа, рассчитанную на расход 250 м³/сек. Ташкепринское и Колхозбентское водохранилища, Каушутбентский железобетонный узел и Джарский сброс были построены перед Великой Отечественной войной.

Хорошая оснащенность оросительных систем Мургаба гидротехническими устройствами и средствами связи позволила впервые в СССР внедрить в производство плановое водопользование, диспетчерское управление и бороздковый полив хлопчатника.

На р. Теджен в 1924—1925 гг. была построена Каррыбентская железобетонная подпорная плотина с пропускной способностью 350 м³/сек. Первое Теджанское водохранилище емкостью 150 млн. м³ было построено в 1950 г., а второе водохранилище емкостью 180 млн. м³ — в 1961 г.

На р. Мургаб и Теджен сооружено девять водохранилищ общей емкостью 900 млн. м³, четыре подпорные плотины. В оросительную сеть республики подключены сотни километров новых магистральных каналов, около 5 тыс. различных гидротехнических сооружений. Облицованы бетоном хозяйст-

венные и распределительные каналы в предгорных районах Копетдага, где вода особенно ценна. Введено в эксплуатацию более 700 скважин с механическим водоподъемом. Почти полностью механизирована очистка оросительных систем от наносов. В целях улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель построены коллекторно-дренажные системы. Для предотвращения затопления посевов и населенных пунктов возведены противопаводковые дамбы общей протяженностью более 600 км. Для обводнения пастбищ построены десятки тысяч шахтных колодцев.

Результаты этих мероприятий не заставили себя долго ждать. Настойчивая и планомерная борьба за воду принесла свои плоды. Воды рек начали использоваться все полнее, рациональнее и эффективнее. Коэффициент полезного действия оросительных систем повысился по сравнению с дореволюционным уровнем более чем в 2,5 раза и достиг 0,7.

Орошаемое земледелие стало высокодоходной отраслью сельского хозяйства Туркменистана. Посевы хлопчатника приносили колхозам не менее 70—80% общего дохода. Значительно возросла урожайность хлопчатника. Если в дореволюционной Туркмении она составляла не более 10 ц/га, то сейчас колхозы и совхозы собирают по 35—40 ц хлопка. Благодаря успехам в развитии гидромелиорации производство хлопка в республике возросло по сравнению с 1913 г. более чем в 10 раз. Хлопководство стало ведущей отраслью сельского хозяйства Туркменистана, располагающего большими возможностями для дальнейшего развития сельскохозяйственного производства. Земельный фонд республики обеспечивает значительное расширение посевных площадей. В Туркменистане имеется еще около 6,0 млн. га плодородных, но неиспользуемых земель. Они расположены в основном в южных и юго-западных районах республики, природно-климатические условия которых более благоприятны для возделывания и получения высоких урожаев сельскохозяйственных и различных технических культур по сравнению с другими районами Туркменской ССР (табл. 2).

Юго-западные районы Туркменистана являются перспективными и для выращивания субтропических культур. В долине Сумбара уже с давних пор культивируются лучшие сорта миндаля, инжира, граната и других субтропических растений. В Советском Союзе финиковая пальма может плодоносить в открытом грунте только в долине Атрека. Однако эти районы Туркменистана крайне бедны водными источниками.

По северо-восточной границе Туркменистана протекает Амударья — самая мощная и многоводная река Средней

Таблица 2

Земельный фонд (нетто) Туркменской ССР

Площадь	Область				
	Ташаузская	Чарджоуская	Марыйская	Районы республиканского подчинения	Всего
Имеющаяся	1300* / 18,5	1760 / 25,2	1102 / 15,7	2851 / 40,6	7013 / 100
Орошавшаяся в 1972 г.	151,4 / 2,1	147,4 / 2,0	351,0 / 5,0	67,0 / 0,9	716,8 / 10
Свободная	1148,6 / 16,4	1613,6 / 23,2	751 / 10,7	2784 / 39,7	6297,2 / 90

* В числителе — тыс. га, в знаменателе — % к общей площади.

Азии. Сток Амударьи более чем в 20 раз превышает все остальные водные ресурсы Туркменистана вместе взятые. Ее среднемноголетний сток по Керкинскому гидрометрическому створу составляет 65 000 млн. м³ в год, в настоящее время использующегося всего на 20—30%.

Амударью практически не удавалось покорить, и ее обильный сток по существу оставался неиспользованным. Для переброски амударьинских вод в маловодные районы Туркменистана и далее в Каспийское море выдвигались различные предложения и проектные схемы. По некоторым из них проводились изыскания и исследования, другие остались в качестве предложений, причем все изыскания и исследования, проводившиеся в дореволюционное время, охватывали лишь часть вопросов, которые необходимо было решить в проекте канала. Коммунистическая партия и Советское правительство глубоко заинтересовались идеей переброски амударьинских вод в маловодные районы Туркменистана. Было решено осуществить эту вековую мечту туркменского народа. После победы Великой Октябрьской революции над проблемой переброски амударинских вод через Юго-Восточные Каракумы в дельты рек Мургаба и Теджена продолжали работать советские инженеры.

В постановлении Совета Народных Комиссаров СССР и ЦК ВКП(б) от 21 апреля 1940 г. «О мерах по дальнейшему подъему сельского хозяйства и в особенности хлопка совет-

ских длинноволокнистых сортов в Туркменской ССР» говорится: «Учитывая исключительную ограниченность водных ресурсов в предгорьях Копетдага и полное использование рек Мургаба и Теджена, приступить с 1940 г. к пропуску амударьинской воды по руслу Келифского Узбоя на обводнение пастбищ Южных Каракумов; при положительных результатах осуществить подачу амударьинской воды в бассейны рек Мургаба и Теджена для дальнейшего развития там орошения».

Великая Отечественная война несколько отсрочила начало строительства Каракумского канала. Но и в эти суровые военные годы, когда все было подчинено нуждам фронта, Коммунистическая партия и Советское правительство находили силы и средства для проведения широких исследований. В 1940—1942 гг. с целью освоения в Мургабском и Тедженском оазисах 180 тыс. га земель по «северному варианту» проводились комплексные гидротехнические, гидрогеологические, фильтрационные и топографические изыскания и исследования. В ходе выполнения этих работ был разработан еще более лучший — «южный вариант» новой магистрали: Амударья — Мургаб. Он отличался от предыдущих вариантов трассы канала, в том числе и от «северного», большим охватом плодородных земель, особенно в перспективе, минимальной длиной участков высоких дамб, сравнительно небольшим объемом земляных работ и обеспечивал доведение канала до Каспийского моря. Комплексные изыскания и исследования, выполненные в 1942—1943 гг., подтвердили преимущество «южного варианта».

24 июля 1945 г. Совнарком СССР принял постановление о развитии хлопководства в Туркменской ССР и, учитывая положительный опыт пропуска амударьинских вод в Каракумы и маловодье в южных районах республики, обязал Наркомзем СССР и Совнарком Туркменской ССР обеспечить в сжатые сроки составление проектного задания первой очереди Каракумского канала.

Богатый материал, добытый исследователями и изыскателями в тяжелых условиях песчаной пустыни в результате кропотливого и напряженного труда, помог коллективу «Туркменводпроиза» успешно справиться с этой задачей и уже в 1946 г. завершить составление проектного задания на сооружение Каракумского канала от Амударьи до Мургаба и рабочей гипотезы до Теджена с орошением 256 тыс. га.

Экспертная комиссия Госплана СССР, состоящая из видных ученых и специалистов — гидротехников, экономистов, энергетиков, транспортников и других, после детального изучения материалов признала, что проектное задание первой

очереди Каракумского канала отвечает предъявленным к нему высоким требованиям и его следует реализовать.

Для дальнейшего развития орошаемого земледелия в бассейнах Мургаба и Теджена, в маловодных районах предгорий Копетдага, для расширения базы длинноволокнистого хлопководства в Туркменской ССР, а также обводнения пастбищ Южных Каракумов Совет Министров СССР в 1947 г. утвердил проектное задание на строительство первой очереди Каракумского канала, предусматривающего подачу воды в бассейн р. Мургаб для дополнительного орошения не менее 50 тыс. га с попутным обводнением полосы пустыни протяжением около 300 км.

Туркменский народ с чувством огромного воодушевления встретил этот исторический документ, направленный на дальнейший расцвет Туркменистана и претворение в жизнь заветной мечты о большой воде. Отныне проблема строительства канала в Каракумах и переброски амударьинской воды в маловодные южные и юго-западные районы Туркменистана по существу была предрешена.

В 1952 г. Министерство сельского хозяйства СССР утвердило технический проект строительства первой очереди Каракумского канала. В нем уже были известны все подробности строительства, которое началось в 1954 г. и ознаменовалось величайшими успехами.

Если Панамский канал при объеме земляных работ в 212 млн. м³ протяженностью 81,6 км сооружался 34 года, а Суэцкий канал длиной 173 км при объеме земляных работ 75 млн. м³ строился 11 лет, то первая очередь Каракумского канала при объеме земляных работ в 128 млн. м³, а длиной в 400 км была проложена всего за одно пятилетие (рис. 5).

Богатый опыт сооружения первой очереди Каракумского канала в тяжелых природных условиях песчаной пустыни позволил строителям добиться еще более высокого темпа строительства: вторая очередь канала длиной 140 км была проложена всего за 7 месяцев. Такое же время потребовалось на сооружение Пионерного канала третьей очереди протяженностью 260 км. Такого высокого темпа строительства мир еще не знал, он впервые установлен советскими гидростроителями, вооруженными передовой наукой и техникой.

До сих пор в мировой практике ирригационного строительства не было опыта сооружения крупных каналов в песчаных грунтах и переброски больших масс воды на значительное расстояние через песчаные пустыни, подобные Каракумам. Впервые это осуществлено советскими гидростроителями в Туркменской ССР. В тяжелых природно-климатических условиях пустыни сооружен крупнейший в мире

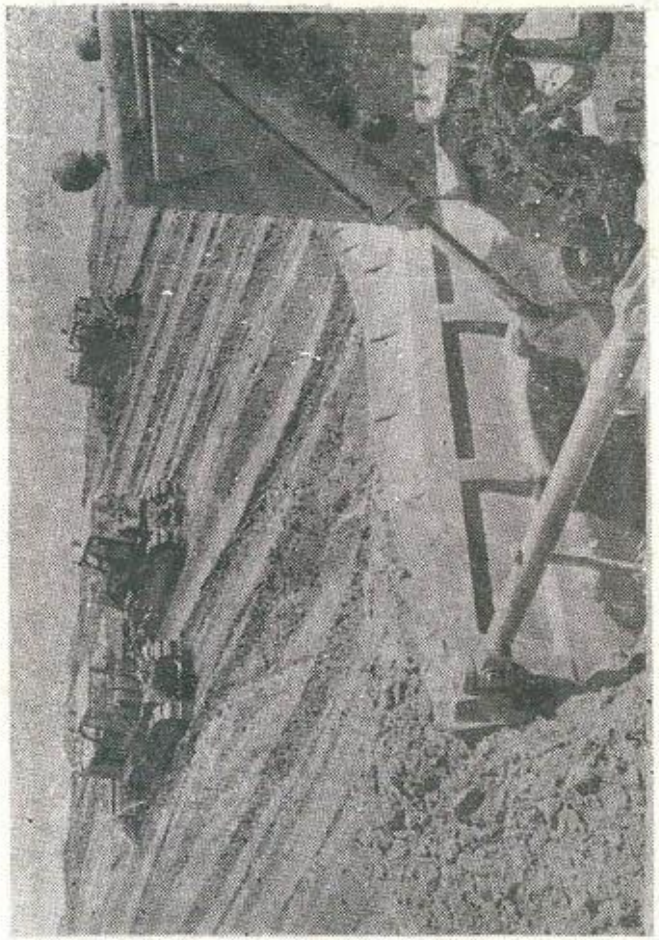


Рис. 5. Строительство канала бульдозерами.

Каракумский канал. При полном завершении строительства его длина составит 1400 км. Он оросит 1 млн. га, не считая земель, расположенных в долине Амударьи. Головной расход составит 820 м³/сек.

Очередь Каракумского канала	Протяженность, км	Площадь орошения, тыс. га
Первая (Амударья — р. Мургаб)	400	92
Вторая (Амударья — р. Теджен)	535	164
Третья (Амударья — Геок-Тепе)	840	240
Четвертая (Амударья — Казанджик)	1100	400
Пятая (Амударья — р. Атрек)	1400	600
Шестая (Амударья— р. Атрек)	1400	1000

Строительство первой очереди — наиболее сложного участка Каракумского канала было завершено весной 1959 г. Это позволило уже в 1960 г. оросить 56,8 тыс. га земель в Мургабском оазисе, где возделывается тонковолокнистый хлопчатник. С освоением запроектированных площадей в зоне первой очереди Каракумского канала посевные земли Мургабского оазиса увеличились на 88 тыс. га. Соответственно возросло производство растениеводческой и животноводческой продукции, расширилось производство промышленных товаров. Здесь построены хлопкоочистительные заводы и ряд предприятий легкой промышленности.

Исключительно трудным делом была перевозка грузов в песках. Новая судоходная водная магистраль разрешила этот вопрос. Водным путем доставляются теперь на отгонные пастбища корма, вывозится животноводческая продукция, перевозятся строительные материалы, топливо и многое другое.

Завершение строительства первой очереди Каракумского канала с головным расходом 130 м³/сек имеет большое значение для получения устойчивых урожаев на землях, орошаемых из р. Мургаб. Для улучшения водообеспеченности Мургабского оазиса в маловодные годы сооружен подпитывающий Машинный канал, подающий воду из Каракумского канала в р. Мургаб и на часть земель, орошаемых из этой реки.

Вторая очередь Каракумского канала предусматривала

расширение русла на всем протяжении первой очереди и строительство дополнительного участка канала в междуречье Мургаб — Теджен. Сооружение этой очереди было завершено в 1960 г. При этом длина канала достигла 535 км, а головной расход — 198 м³/сек.

На базе второй очереди Каракумского канала освоено 100 тыс. га: 28 тыс. га — в Мургабском, 72 тыс. га—в Тедженском оазисах. На освоенные земли в Тедженском оазисе вода подается по Хауз-Ханскому магистральному каналу, забирающему воду из Хаузханского водохранилища. Этот канал, как и Каракумский, соединен с р. Теджен. Благодаря этому все районы Тедженского оазиса, независимо от их месторасположения, надежно обеспечены водой и избавлены от тяжелых последствий часто повторяющихся маловодий р. Теджен.

В 1962 г. ко дню Международного праздника 1 Мая проведен Пионерный канал третьей очереди Теджен — Ашхабад, сооружение которого позволило 12 мая 1962 г. довести амударьинскую воду до Ашхабада и раздвинуть границу водного изобилия еще на 260 км. С приходом «большой воды» водообеспеченность Каахкинского, Ашхабадского и Геок-Тепинского районов намного улучшилась, появилась возможность освоить более 30 тыс. га новых и улучшить водообеспеченность 22 тыс. га ранее орошавшихся земель.

С вводом в действие Пионерного канала разрешилась проблема водоснабжения Ашхабада и других промышленных и сельскохозяйственных районов южной зоны республики. Ашхабад стал получать втрое больше воды. На его северной окраине появилась зеленая зона, благоустроенная для отдыха и водного спорта. В восточной части города на берегу канала раскинулся пляж с пологими песчаными откосами. Для развития водного спорта в пригородной зоне Ашхабада построено восточное водохранилище на площади свыше 3 км². Для нужд орошения сооружено северное (Куртлинское) водохранилище объемом 43 млн. м³. Эти водохранилища, общим объемом 50 млн. м³, ставшие излюбленным местом отдыха жителей Ашхабада и пригородных хозяйств, наряду со стоком по каналу избавили Ашхабадский и Геок-Тепинский районы от тяжелых последствий маловодья.

Подача амударьинской воды в Мургабский и Тедженский оазисы и далее в предгорья Копетдага преобразила Южную Туркмению: зазеленели посевы и насаждения, на землях, никогда не паханных, загудели сотни тракторов, зеленые оазисы стали расширяться и подступать к самым пескам. Доходы совхозов и колхозов выросли с 98 млн. руб. в 1958 г. до 492 млн. руб. в 1970 г.

В 1971 г. из Каракумского канала орошалось 258 тыс. га, что значительно больше, чем предусмотрено проектом его третьей очереди. Из-за катастрофического маловодья Мургаба и Теджена вода из канала в том же году подавалась еще на 98 тыс. га земель. Благодаря этому в зоне Каракумского канала было получено 380 тыс. т хлопка-сырца, или 42% общего количества, произведенного в республике. Капитальные вложения в строительство Каракумского канала и систему орошения полностью окупились и к 1971 г. дали прибыль около 800 млн. руб.

Чтобы самая большая и капризная река Средней Азии— Амударья служила народу, дала свою живительную влагу сотням тысяч гектаров веками пустовавших земель, сделала города и поселки Туркмении благоустроенными и красивыми, надо было покорить величайшую пустыню земного шара, проложить в ее тяжелых природно-климатических условиях крупнейший в мире канал и обеспечить по нему бесперебойную водоподачу на объекты потребления воды.

Мир еще не знал такой братской дружбы народов, какая проявилась на строительстве уникальной оросительной и судоходной магистрали в Каракумах, где плечом к плечу трудились представители более 30 национальностей нашей страны: туркмены и русские, узбеки и украинцы, армяне и грузины и т. д. Со всех концов Советского Союза свыше 200 предприятий посылали в Каракумы строительную технику, материалы, оборудование. Более десяти институтов Академии наук СССР и союзных республик, различных министерств и ведомств проводили широкие исследования на трассе канала и в зоне его орошения.

Благодаря интернациональной дружбе советского народа сооружение Каракумского канала, носящего имя Великого Ленина, ознаменовалось невиданными успехами и в рекордно короткий срок разрешило широкий комплекс экономических задач: орошение и обводнение земель, водоснабжение промышленных и сельскохозяйственных районов, развитие перерабатывающей промышленности, создание водного пути и др.

Коммунистическая партия и Советское правительство высоко оценили достижения строителей канала, их благородный труд и беспримерный подвиг. За успешное сооружение Каракумского канала лучшие из лучших строителей, проектировщиков, изыскателей и исследователей были удостоены Ленинской премии, звания Героя Социалистического Труда. Большая группа рабочих, техников, инженеров и научных работников, отличившихся на строительстве Каракум-

ского канала, получила ордена и медали Советского Союза, Почетные грамоты Верховного Совета Туркменской ССР.

Одновременно со строительством Каракумского канала большая работа проделана по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель. Построены крупные магистральные коллекторы: Дарьялыкский и Озерный — в Ташаузской, Главный левобережный — в Чарджоуской, Кесе-яб, Джар-Сай и Джар — в Марыйской областях. С каждым годом увеличивались капиталовложения в строительство коллекторно-дренажной сети и планировку земель. Только за 1964—1972 гг. они возросли с 12,73 до 52,66 млн. руб., или в 4,1 раза. За этот период построено и сдано в эксплуатацию коллекторов и дрен протяженностью 8700 км. Это позволило увеличить удельную протяженность дренажа в два раза, повысить урожайность хлопчатника в целом по республике с 18,1 до 25,5 ц/га и довести валовой сбор хлопка с 462,5 до 931,5 тыс. т (табл. 3).

Таблица 3

Основные показатели мелиоративного строительства

Год	Капиталовложения в строительство коллекторно-дренажной сети и планировку земель, млн. руб.	Протяженность коллекторно-дренажной сети		Урожайность хлопчатника, ц/га	Валовой сбор хлопка, тыс. т
		общая, км	удельная, м/га		
1964	12,73	4257	8,2	18,1	462,5
1965	17,82	4828	9,1	21,5	552,6
1966	23,83	6145	11,6	24,5	656,0
1967	26,41	7315	13,2	25,5	701,1
1968	36,50	8500	15,0	25,5	711,3
1969	35,52	9198	15,6	22,2	691,7
1970	46,92	10025	15,0	21,9	863,6
1971	51,97	11625	16,7	22,9	926,3
1972	52,66	12500	17,3	23,0	931,5

Большие работы по комплексному водохозяйственному строительству будут осуществлены в ближайшей перспективе. Уже сейчас сооружение полуторатысячекилометрового Каракумского канала, который позволит направить значительную часть стока Амударьи в юго-западные районы Туркменистана, не является отдаленной мечтой. Славная армия гидроспециалистов с технической точки зрения разрешила эту проблему: в сжатые сроки разработана Генеральная схема дальнейшего развития Каракумского канала и пропуска амударьинских вод в юго-западные районы Туркменистана. Недалеко то время, когда Каракумский канал пересечет всю территорию Туркменистана с востока на запад.

С осуществлением строительства канала Амударья отдаст всю свою живительную влагу на орошение плодородных земель в зоне Каракумского, Аму-Бухарского и Аму-Каракульского каналов, в Каршинской и Голодной степях, в долинах среднего и нижнего течения Амударьи. На юге Туркменистана вместо разрозненной цепочки небольших оазисов, приуроченных к водным источникам у подножия Копетдага, раскинется сплошной массив посевов и насаждений. Большие перспективы открываются в связи со строительством Тахиаташской и Тюямуюнской плотин на Амударье, которые позволят восстановить орошаемое земледелие по древнейшим заброшенным системам Сипайяба, Шахмурада, Черменяба и другим и оросить свыше 600 тыс. га плодородных земель Ташаузского оазиса. Но и это не предел. Коммунистическая партия и Советское правительство уже дали указание о проведении проектно-изыскательных работ по переброске части стока сибирских рек в маловодные районы Средней Азии и Казахстана. Эти работы успешно выполняются. В недалеком будущем огромные массивы земель в Ташаузской области и юго-западных районах Туркменистана будут орошаться водами сибирских рек. Туркменистан превратится в еще более цветущий край, станет основным районом Советского Союза по выращиванию самых ценных сортов хлопчатника, фруктов, винограда и многих видов субтропических культур.

О. НАЗАРМАМЕДОВ

МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

До орошения водами Каракумского канала земли Мургабского и Тедженского оазисов были частично засолены и в ряде районов имели высокий уровень стояния грунтовых вод. По данным И. С. Рабочева и Н. М. Скоркиной [1], в 1965 г. из 501 тыс. га общей площади земель Мургабского оазиса под солончаками и сильнозасоленными почвами насчитывалось 53 тыс. га (10,6%), под среднезасоленными — 62 тыс. га (12,4%), под слабозасоленными и незасоленными — 386 тыс. га (77%).

В центральной части оазиса грунтовые воды залегали на глубине от 0 до 1 м на площади 3 тыс. га (8%), на глубине от 1 до 3 м — 93 (25%), на глубине 3—5 м — 48 (13%), на глубине 5—10 м — 77 (21%) и глубже 10 м — на площади 121,5 тыс. га (33%).

В 1970 г. Министерством сельского хозяйства Туркменской ССР проведена почвенная съемка на орошаемых землях Мургабского оазиса на площади 165 038 га. По данным материалов этой съемки в настоящее время на площади 7582 га грунтовые воды залегают на глубине до 1 м, а на площади 157 456 га — от 1 до 3 м.

Интенсивный подъем уровня высокоминерализованных грунтовых вод на основных хлопкосеющих массивах центральной части оазиса потребовал интенсивного строительства коллекторно-дренажной сети, поскольку из-за отставания этого строительства урожайность хлопчатника с 1958 г. стала здесь резко снижаться и в 1961 г. составила 11 ц/га. По мере того, как расширялась коллекторно-дренажная сеть, повышалась и урожайность хлопчатника: в 1965 г. она составила 17,9 ц/га, в 1970 г.— 18,4, в 1971 г.— 18,8 ц/га. Аналогичная картина снижения урожайности хлопчатника, вызванного увеличением площади засоленных земель, наблюдалась и в Тедженском оазисе.

В 1960 г. в Мургабском оазисе длина открытой коллекторной сети составила всего 167 км, а в Тедженском — межхозяйственная и внутрихозяйственная дренажная сеть вообще не была построена. В настоящее время протяженность коллекторно-дренажной сети в этих оазисах с учетом орошаемых земель на Хаузханском массиве значительно возросла (таблица). Однако в Тедженском оазисе работа по строительству коллекторно-дренажной сети проводится в недостаточном объеме. Здесь в основном построены отводящие магистральные и межхозяйственные коллекторные сети, поэтому в дальнейшем основной задачей является развитие внутрихозяйственной дренажной сети.

Коллекторно-дренажная сеть Мургабского и Тедженского оазисов, км

Год	Мургабский оазис				Тедженский оазис			
	Протяженность дренажа	В том числе		Удельная протяженность дренажа, пог. м/га	Протяженность дренажа	В том числе		Удельная протяженность дренажа, пог. м/га
		межхозяйственной сети	внутрихозяйственной сети			межхозяйственной сети	внутрихозяйственной сети	
1960	167,0	167,0	—	1,4	—	—	—	—
1964	642,0	252,0	390	4,2	—	—	—	—
1966	1207,0	508,6	698,0	7,6	192,0	46,0	146,0	0,4
1968	1863,0	532,7	1330,4	10,8	498,9	150,6	348,3	7,0
1969	2267,4	573,9	1693,5	12,7	591,4	163,3	428,1	8,0
1970	2462,2	644,7	1817,6	10,8	690,6	215,6	475,0	10,0
1971	3082,4	763,2	2319,2	13,3	907,3	342,0	565,2	13,0

До настоящего времени строилась преимущественно открытая дренажная сеть, закрытой же в рассматриваемых оазисах построено мало, лишь в нескольких хозяйствах, где изучалась технология строительства и мелиоративная эффективность. Как показывает опыт эксплуатации, открытая коллекторно-дренажная сеть с удельной протяженностью более 23—25 пог. м/га является серьезным препятствием в отношении правильной организации территории, приводит к дроблению поливных участков и создает большие площади отчуждения освоенных земель. Эксплуатация открытых дрен значительно затруднена в условиях плывунных грунтов и сильной зарастаемости. Требуется очистка дрен от зарослей

и оплывающего грунта один раз в два-три года. Однако такая очистка своевременно не проводится, вследствие чего действенность дренажа снижается.

Следует отметить, что в дальнейшем нельзя ориентироваться на строительство открытого дренажа. Необходимо принять все меры к созданию в ближайшие годы производственной базы для широкого строительства закрытого дренажа. В настоящее время его строительство осуществляется из асбестоцементных и полиэтиленовых труб диаметром 150—250 мм. Стоимость 1 м полиэтиленовых труб доходит до 8 руб. и в три раза дороже по сравнению с гончарными трубами.

Изучение работы коллекторно-дренажной сети в Мургабском оазисе проводилось в колхозе «Октябрь» Марыйского района и колхозе Ленина Байрам-Алийского района. Почвогрунты опытных участков сверху покрыты слабопроницаемым слоем ирригационных отложений мощностью от 1 до 20 м с коэффициентом фильтрации 0,01—0,5 м/сутки. Ниже подстилаются мощные мелкозернистые и тонкозернистые пески с коэффициентом фильтрации 2—3 м/сутки.

Исследованиями на территории колхоза «Октябрь» установлено, что расходы, отводимые закрытыми дренами с 1 га орошаемой площади в период вегетационных поливов, колеблются в пределах 0,14—0,20 л/сек. В период проведения промывных поливов нормой 8000—12 000 м³/га величина этих расходов возрастает до 1—1,5 л/сек. С 1 га орошаемой площади выносится 15—25 т солей за год.

В колхозе им. Ленина расход дренажа с 1 га орошаемой площади при расстоянии между дренами 250—300 м составляет 0,08—0,23 л/сек. Низкое значение расхода дренажа вызвано неполным освоением орошаемых земель опытного участка.

Принимаемое в Мургабском оазисе междренное расстояние 400—450 м при коэффициенте фильтрации верхнего слабопроницаемого слоя 0,1—0,5 м/сутки и мощности его 5—10 м является завышенным. В этом случае на землях, расположенных на середине междренья, наблюдается незначительное понижение уровня грунтовых вод, обусловленное действием дренажа. В аналогичных почвенно-мелиоративных условиях рекомендуется расстояние между дренами сократить до 250 м.

Размер гравийной обсыпки, применяемой обычно при строительстве дренажа в Мургабском оазисе, является недостаточным, гранулометрический состав ее не соответствует предъявляемым требованиям, что подтверждается большой величиной участка нависания над дреной, доходящей до 50—60% от междренного напора.

Коэффициент конвективной диффузии и число Пекле для почв Мургабского оазиса могут быть соответственно приняты: $д = 7{,}4 \div 9{,}6 \cdot 10^{-3}$ м²/сутки; $P_e = 1{,}06 \div 2{,}33$. Установленные параметры позволяют следить за механизмом передвижения солей в почвогрунтах и прогнозировать передвижение солей в период послепромывных поливов для зоны аэрации.

В Тедженском оазисе исследования проводились на территории совхозов «Теджен» и «40 лет ТССР». Месторасположение опытных участков характеризует почвенно-мелиоративные условия верхней и нижней части дельты р. Теджен. В совхозе «Теджен» коллекторно-дренажная сеть представлена в виде открытых коллекторов, в совхозе «40 лет ТССР» изучалась в основном работа закрытых дрен.

На опытном участке закрытого дренажа за период 1967—1970 гг. минерализация грунтовых вод уменьшилась с 39 до 6 г/л, а засоленность почвогрунтов зоны аэрации снизилась с 0,28 до 18%. Расходы закрытого дренажа с 1 га орошаемой площади при расстоянии между дренами 150—200 м и глубине их заложения 2,5—3 м составляют 0,11—0,14 л/сек. Влияние закрытого дренажа на понижение уровня грунтовых вод наблюдается на расстоянии 150—175 м, а открытых коллекторов — 250—300 м.

На участках открытого и закрытого дренажа с 1 га орошаемой площади в среднем за год отводится примерно 80—100 т солей, которые с минерализованной водой поступают в основном из глубоких слоев водоносной толщи.

Эксплуатация коллекторно-дренажной сети, построенной в совхозе «40 лет ТССР» Тедженского района, показывает, что многие закрытые дрены вследствие низкокачественного строительства находятся в нерабочем состоянии. На большей части орошаемых массивов, где имеется закрытая дренажная сеть, оградительные валики выполнены без соблюдения установленных норм, в результате чего над дренами образовались промоины, а сами дрены заилились.

Исследования по районированию типов дренажа показали, что на большей части территорий рассматриваемых оазисов целесообразно применение горизонтального дренажа, что обсуловлено водно-физическими свойствами грунтов, имеющих низкие коэффициенты фильтрации, и высоким содержанием солей в грунтовой воде, иногда достигающим 80—100 г/л.

Опытно-разведочные скважины для понижения уровня грунтовых вод не обнадеживают в отношении применения вертикального дренажа в широком масштабе. Опыт эксплуатации вертикального дренажа, построенного для понижения уровня грунтовых вод на территории Мары, показы-

вает, что на отдельных орошаемых массивах Мургабского оазиса применение вертикального дренажа возможно.

В связи с эксплуатацией Каракумского канала резко возросла водоподача на орошаемые земли колхозов, совхозов, городских территорий и населенных пунктов, расположенных в Прикопетдагской зоне. Повышение водообеспеченности орошаемых земель и освоение больших массивов целинных земель в бездренажных условиях вызвали усиленную инфильтрацию поливных вод, что привело к интенсивному подъему грунтовых вод. Большие площади орошения, заключенные между Каракумским каналом и железной дорогой Ашхабад—Красноводск, а также земли, расположенные к северу от Каракумского канала, оказались неблагополучными в мелиоративном отношении. До строительства Каракумского канала орошение в колхозах Прикопетдагской зоны в основном базировались на стоке местных речек и отборе грунтовых вод, пробуренными скважинами в гравийно-галечниковых отложениях Прикопетдага. Вертикальные скважины создавали местное понижение грунтовых вод и тем самым способствовали благоприятным мелиоративным условиям для земель, где грунтовые воды находились на глубине менее 10 м.

После строительства Каракумского канала на этих территориях прогнозирование режима грунтовых вод на основе данных натурных наблюдений не проводилось из-за отсутствия достаточного количества наблюдательных скважин. Некоторое количество скважин, пробуренных режимными партиями Управления геологии СМ ТССР, охватывает полосу в 2—3 км по обе стороны канала. Такое незначительное количество наблюдательных скважин не позволяет анализировать изменения гидрогеологических условий на вновь орошаемых территориях колхозов, расположенных в Прикопетдагской зоне.

Для оценки мелиоративных условий территории хозяйств, расположенных к западу от Ашхабада, нами используются данные режима грунтовых вод за 1970—1972 гг. по колхозам им. Калинина, им. Ленина, «Социализм» и «40 лет ТССР».

По данным режимных наблюдений, выполненных на территории колхозов им. Ленина и им. Калинина в 1970 г., уровень грунтовых вод на землях, расположенных между Каракумским каналом и железной дорогой, находится на глубине 5—10 м. В настоящее время в приканальной полосе грунтовые воды залегают на глубине 2—3 м. Интенсивный подъем уровня грунтовых вод — 3—5 м в год — вызван малым значением коэффициента водоотдачи почвогрунтов в зоне аэрации (μ=0,1—0,15) и интенсивным орошением поливных земель. Прогнозирование режима грунтовых вод, выполненное авторами на территории колхозов им. Калинина и им. Ленина на моделирующих устройствах, показало, что при существующем режиме орошения дальнейший подъем грунтовых вод ожидается здесь в центральной части территорий, причем в зависимости от удаленности от канала подъем грунтовых вод в среднем составляет 3—4 м в год. В ближайшие 2—3 года большинство орошаемых земель, в настоящее время благополучных в мелиоративном отношении, потребует строительства дренажа.

Исследованиями установлено, что для территорий колхозов им. Ленина и им. Калинина оптимальным типом дренажа является вертикальный, применение которого предоставляет возможность использовать слабоминерализованные грунтовые воды для орошения.

На приканальной полосе территории колхоза «Социализм» глубина залегания грунтовых вод доходит до 3 м. Ширина этой полосы в 1970 г. составляла 200—250 м, но в связи с подпором со стороны Каракумского канала эта зона год от года увеличивается. Глубина залегания грунтовых вод в 1971 г. составила 3—5 м. В настоящее время она должна быть еще меньше. К сожалению, отсутствие наблюдательной сети не дает возможности оценить ежегодный подъем уровня грунтовых вод, наиболее глубокое залегание которых (до 15 м) наблюдается в южной части территории колхоза, что обусловлено высокими отметками рельефа местности. Минерализация грунтовых вод на большей части территории колхоза составляет 1—5 г/л.

На орошаемой площади колхоза «40 лет ТССР», простирающейся вдоль Каракумского канала, наблюдается близкое залегание грунтовых вод (1—2 м). На остальной орошаемой площади колхоза, по данным съемки за июль — октябрь 1971 г., глубина их залегания составляет 8—10 м. Однако, как было сказано выше, подъем уровня грунтовых вод при низком значении коэффициента водоотдачи суглинисто-песчаных грунтов (μ=0,1) и интенсивном орошении может составить 4—5 м в год. Поэтому в настоящее время глубина залегания грунтовых вод на этих землях гораздо меньше, чем в 1971 г. Минерализация грунтовых вод на большей части территории колхоза «40 лет ТССР» — от 0,5 до 3 г/л, что благоприятствует их использованию для орошения.

Таким образом, общий анализ гидрогеолого-мелиоративных условий территорий колхозов, расположенных к западу от г. Ашхабада, показывает, что на орошаемых землях между Каракумским каналом и железной дорогой Ашхабад —

Красноводск происходит интенсивный подъем уровня грунтовых вод. Он обусловлен, с одной стороны, интенсивным орошением больших массивов, с другой — подпором, создаваемым Каракумским каналом на пути основного подземного потока, направленного со стороны Копетдага.

Для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель в районах близкого залегания грунтовых вод и прекращения дальнейшего подъема их уровня необходимо форсировать строительство дренажных систем. При этом для понижения уровня грунтовых вод на большей части рассматриваемых территорий должен быть спроектирован вертикальный дренаж. На орошаемых массивах, где по геологическим и гидрогеологическим условиям нельзя использовать вертикальный дренаж, нужно строить горизонтальный закрытый дренаж.

Для определения срока и очередности строительства необходимо организовать на этих территориях наблюдения за режимом грунтовых вод, расширив сеть наблюдательных скважин. Без осуществления названных мероприятий трудно прогнозировать изменение режима грунтовых вод и оценить степень эффективности проводимых мелиоративных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабочев И. С., Н. М. Скоркина. Влияние Каракумского канала на водный и солевой режимы Мургабского и Тедженского оазисов.— В кн.: Мелиорация пустынных земель Туркменистана. Ашхабад, «Ылым», 1968.

О. НАЗАРМАМЕДОВ, Д. ИОМУДСКАЯ, Ю. КАГРАМАНОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРУППЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИН, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Освоение больших массивов земель в зоне Каракумского канала без дренажных условий вызывает интенсивный подъем уровня грунтовых вод. Сложные геологические и гидрогеологические условия орошаемых земель предгорной зоны требуют правильного выбора способа дренирования. В связи с этим нами было выполнено гидрогеологическое районирование орошаемой территории Ашхабадской зоны районов методом, учитывающим схему движения воды в грунтах.

При схематизации геологических и гидрогеологических условий были использованы карты литологического состава грунтов различных толщ и литологические разрезы глубоких скважин. Это позволило составить карты водопроводимости грунтовых вод 0—10 м, 0—50 м и всей водоносной толщи до водоупора. При составлении этих карт грунты с близкими значениями коэффициентов фильтрации были объединены, в результате чего получены четыре области. Для определения суммарной водопроводимости рассматриваемой зоны, карты водопроводимости отдельных толщ последовательно налагаются друг на друга по методу А. В. Романова. Суммарная водопроводимость слоя составляет $\frac{k_1}{m_1} + k_2 m_2$.

Суммированием были построены карты толщ 0—10 м, 0—50 м. На их основании составлена карта водопроводимости всей водоносной толщи, согласно которой вся Ашхабадская орошаемая зона делится на две области с km=216 м²/сутки и km=470 м²/сутки. Грунты с большими значениями (km=470 м²/сутки) распространены к югу от железной дороги. Почвогрунты участка, заключенного между железной дорогой и Каракумским каналом, имеют водопроводимость km=216 м²/сутки.

Схематизация геологических условий показывает, что для понижения уровня грунтовых вод на территории, расположенной к югу от Каракумского канала, целесообразно применять вертикальный дренаж, чему благоприятствует низкая минерализация грунтовых вод — от 0,5 до 3 г/л.

Моделирование и расчеты группы взаимодействующих вертикальных скважин проводились на примере территорий колхозов им. Ленина и им. Калинина Ашхабадского района. С целью прогнозирования режима грунтовых вод было выполнено моделирование в условиях плановой фильтрации на приборе ЭГДА-9/60. Для выбора расчетной схемы использовались карты гидроизогипс грунтового потока Ашхабадской зоны районов и схематизированная авторами геологического строения водоносной толщи. По карте гидроизогипс за граничные условия северной части моделируемой области принят Каракумский канал, а с южной части область ограничения проходит в предгорной части территории колхозов. Боковыми границами рассматриваемой области фильтрации служат линии токов, проведенные перпендикулярно к гидроизогипсам грунтового потока. Водопроводимость области фильтрации принята km=216 м²/сутки. Она остается постоянной во времени и пространстве.

Установление водопроводимости исследуемой области фильтрации и назначение граничных условий, отражающих реальные геологические и гидрогеологические условия, позволили на модели воспроизвести работу группы взаимодействующих скважин. Непосредственное моделирование работы группы вертикальных скважин с учетом инфильтрационного питания является технически трудновыполнимым.

Для решения этой задачи был использован метод сложения течений, предложенный Ф. М. Бочевером, Е. М. Селюк и В. М. Шестаковым, широко используемый в настоящее время при решении сложных гидрогеологических задач. Согласно этому методу, моделирование работы вертикального дренажа и питания грунтовых вод за счет инфильтрации осуществляется в следующей последовательности: сначала при нулевых значениях потенциалов на контурах питания и стока моделируется работа вертикальных скважин, на которых методом постепенного приближения устанавливаются заданные напряжения, соответствующие понижениям в скважинах.

При задании понижений в скважинах возникают некоторые затруднения, связанные с малым диаметром электрода, моделирующего скважину. В связи с этим отобразить действительные размеры скважины на модели в принятом масштабе не представляется возможным. Для устранения этого

недостатка последовательно к каждому электроду большего диаметра, имитирующего на модели диаметр скважины, присоединяется дополнительное сопротивление (R), величина которого определялась по формуле:

$$R = \frac{1}{2\pi}\,\rho_м\, l_п \frac{d_э}{d_c}\,, \qquad (1)$$

где $\rho_м$ — сопротивление электропроводной бумаги; $d_э$ — диаметр электрода; d_c — диаметр скважины в натуре.

Задачей моделирования является нахождение понижения уровня грунтовых вод в расчетных точках, заранее нанесенных на модель. При действии системы скважин общее понижение в любой расчетной точке равно сумме понижений от действия каждой скважины в отдельности. Поскольку моделирование несовершенных скважин сопровождается рядом технических трудностей, нами моделировались совершенные скважины. Степень несовершенства скважин была учтена аналитическим методом, предложенным В. М. Шестаковым, согласно которому расход несовершенных скважин определяется по формуле:

$$Q = \frac{T \cdot S}{f_c + f_{н.с}}\,, \qquad (2)$$

где $T=km$ — водопроводимость, м²/сутки;
S — понижение в скважине, м;
f_c — приведенное фильтрационное сопротивление совершенной скважины;
$f_{н.с}$ — дополнительно приведенное сопротивление, учитывающее степень гидродинамического несовершенства.

$$f_{н.с} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1-\bar{l}}{\bar{l}} \left[l_п \frac{l}{r_c} - \varepsilon \right], \qquad (3)$$

где l — длина фильтра;
r_c — радиус скважины;
ε — величина, зависящая от параметров (l и c), определяющих местоположение скважины в пласте.

$$\bar{l} = \frac{l}{h_m} \quad \text{и} \quad \bar{c} = \frac{c}{h_m - l}\,, \qquad (4а;\ 4б)$$

где c — расстояние от дна скважины до водоупора;

h_m — глубина потока на расстоянии, равном мощности потока у скважины.

По этой методике, согласно масштабным коэффициентам, выполнено моделирование работы вертикальных скважин на территории колхозов им. Ленина и им. Калинина. При моделировании задания понижения в скважинах выполнялось несколько вариантов. Первоначально понижение в скважинах было принято 40 м при диаметре 1 м. Результаты моделирования показали, что при принятых параметрах дренажа образуются большие и неравномерные понижения уровня грунтовых вод. Глубина их залегания достигает 12—16 м в центральной и южной части и 5—6 м — вблизи Каракумского канала. В связи с этим для получения равномерного и неглубокого осушения (на 2—3 м) в скважинах задавались различные понижения. В результате моделирования получены напряжения в расчетных точках и силы токов в скважинах, соответствующие принятым масштабам, понижению уровня грунтовых вод и расходам. Расчет понижения уровня грунтовых вод от влияния вертикальных скважин с учетом инфильтрационного питания производился по формуле

$$\Delta H = \nabla + \Delta h_{инф} - S, \qquad (5)$$

где ∇ — абсолютная отметка гидроизогипс исходного потока;

$\Delta h_{инф}$ — повышение уровня грунтовых вод за счет интенсивности инфильтрации;

S — понижение в расчетных точках в результате работы группы вертикальных скважин.

При задании понижений в скважинах 40 и 27 м глубины залегания уровня грунтовых вод колеблются в пределах 5—11 м. Однако такие величины, как и в предыдущем варианте, не отвечают мелиоративным и экономическим требованиям.

Равномерное понижение уровня грунтовых вод (3—6 м) по всей орошаемой территории образуется при задании понижения в скважинах от 30,6 до 51,3 м, одновременно было сокращено количество скважин. Расходы по скважинам колеблются в пределах 14,7—15,6 л/сек.

Выводы

1. Схематизация геологических и гидрогеологических условий Ашхабадской зоны районов показывает, что на рассматриваемой площади четко выделяются две области с

водопроводимостью 216 и 470 м²/сутки. Верхняя толща почвогрунтов мощностью 10—20 м сложена суглинисто-песчаными отложениями, имеющими низкие коэффициенты фильтрации. Для понижения уровня грунтовых вод целесообразно применение вертикальных скважин.

2. На основании моделирования была получена карта повышения уровня грунтовых вод в условиях установившегося режима. Аналитическими расчетами установлены величины и сроки подъема грунтовых вод на различных расстояниях от канала. Расчеты показывают, что за год на расстоянии 1 км от канала повышение составляет 4,9 м. Большая величина повышения объясняется малым коэффициентом водоотдачи (μ=0,1).

3. Моделирование разнообразных вариантов расположения вертикальных скважин при различных понижениях в них позволило выбрать оптимальное их расположение для поддержания заданной глубины понижения на орошаемой территории.

О. НАЗАРМАМЕДОВ, А. Ф. ИЗИНГЕР

ИЗУЧЕНИЕ ПРОМЫВОК НА ФОНЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Самой эффективной мерой борьбы с первичным засолением орошаемых земель является промывка на фоне дренажа. Однако для различных почвенно-мелиоративных условий процесс рассоления и характер перемещения солей в зоне аэрации и грунтовом потоке еще недостаточно исследован.

В целях изучения характера рассоления почвогрунтов в период проведения промывных поливов нами выполнены натурные исследования на опытном участке в колхозе им. Ленина Байрам-Алийского района. Почвогрунты опытного участка имеют двух- и трехслойное строение в результате аллювиальных отложений. Верхняя толща мощностью 5—10 м сложена супесчано-суглинистыми отложениями с коэффициентом фильтрации 0,1—0,5 м/сутки. Ниже залегают мелкозернистые пески мощностью 80—100 м, имеющие коэффициент фильтрации 2—3 м/сутки.

Дренажная сеть опытного участка состоит из шести закрытых дрен, впадающих в открытый коллектор ХК-3-2-1 глубиной 3,5—4 м. Закрытый дренаж выполнен из полиэтиленовых перфорированных труб диаметром 0,16 м с гравийной обсыпкой слоем 15—20 см. Глубина заложения дрен в головной части — 1,3—1,6 м, в концевой части — 2,5—3,2 м. Протяженность коллекторно-дренажной сети — 6041 м.

Изучение рассоления почвогрунтов с помощью промывных поливов проводилось на землях, расположенных между дренами Д-2, Д-3, и Д-4. Площадь опытного участка была разделена на две части по 22 га. На первом участке (между дренами Д-2 и Д-3) изучалась эффективность промывок на фоне закрытого дренажа; на втором (между дренами Д-3 и Д-4) исследовалось влияние глубокого и мелкого временного дренажа на скорость рассоления земель.

Временные дрены с междренным расстоянием 100 м на-

резались в виде открытых каналов глубиной 0,7—0,9 м и подключались к временному дреносборителю. Дреносборитель располагался параллельно закрытой дрене Д-4 и проходил в 10 м от нее.

По степени засоления почвогрунты обоих участков были солончакового засоления хлоридно-сульфатного типа, содержащие 2—4% плотного остатка и 0,15—0,50% хлор-иона от веса сухой почвы (табл. 1). Сильному засолению подвержен верхний (0—40 см) горизонт почвы.

Таблица 1

Содержание солей в метровом слое почв до и после проведения промывных поливов, % от веса сухой почвы

Номер скважины	Глубина, см											
	0—20		20—40		40—60		60—80		80—100		0—100	
	Сухой остаток	Хлор-ион	Сухой остаток	Хлор-ион	Сухой остаток	Хлор-ион	Сухой остаток	Хлор-ион	Сухой остаток	Хлор-ион	Сухой остаток	Хлор-ион
Первый участок												
19	4,045	0,36	2,416	0,179	1,926	0,082	1,724	0,040	1,00	0,039	2,392	0,124
	1,955	0,190	1,744	0,105	1,555	0,068	1,89	0,046	,251	0,039	1,59	0,090
20	2,186	0,206	1,626	0,082	0,831	0,042	0,132	0,003	0,370	,033	1,02	0,079
	1,855	0,170	1,621	0,078	1,499	0,092	1,385	0,145	99	0,069	1,528	0,129
23	1,185	0,111	0,459	0,069	0,461	0,054	,719	0,046	0,	0,036	0,61	0,063
	0,044	0,056	0,323	0,046	0,376	,046	0,431	0,038	0,379	0,034	0,430	0,044
24	4,88	0,497	1,895	0,114	1,132	0,059	0,371	0,052	0,566	0,039	1,770	0,152
	2,787	0,183	,441	0,059	1,236	0,042	0,341	0,045	0,875	0,049	1,136	0,076
25	4,012	0,418	2,279	0,307	2,29	0,101	2,929	0,294	2 0	0,212	2,712	0,306
	3,691	0,392	2,541	0,300	1,705	0,239	2,58	0,170	1,911	0,095	2,486	0,239
Второй участок												
27	4,145	0,397	3,112	0,324	3,625	0,468	3,191	0,350	4, 23	0,400	3,960	0,373
	3,285	0,327	3,131	0,314	1,836	0,040	2,646	0,324	,879	0,297	2,74	0,346
28	3,456	0,400	3,464	0,448	2,125	0,052	,618	0,173	2,501	0,262	2,640	0,284
	2,755	0,098	2,160	0,219	2,05	,127	1,769	0,101	1,731	0,078	2,094	0,125
29	2,262	0,190	1,75	0,131	2,01	0,128	2,016	0,131	1,587	0,103	1,920	0,137
	2,124	0,177	1,095	0,101	0,547	0,068	1,576	0,046	1,288	0,069	1,330	0,090

Примечание. В числителе — содержание солей в почве до промывки, в знаменателе — после промывки.

Норма промывки по участкам — 7568 м³/га. Промывные поливы проводились с 8 января по 18 марта. Поскольку после прекращения подачи воды по оросительной сети на промываемых участках продолжается просачивание промывных вод, накопившихся в зоне аэрации, для определения продолжительности промывки были произведены наблюдения за изменением уровня грунтовых вод, снижение которого до исходного положения перед началом промывных поливов считается окончанием промывного периода. При этом продолжительность промывного периода составила 129 суток.

Для определения действенности промывки проведен отбор проб почвогрунтов до уровня грунтовых вод. Результаты химического анализа показали, что после проведения промывных поливов в почвогрунтах обоих участков содержание солей уменьшилось от 2—4 до 1—3% (см. табл. 1).

По первому участку вынос солей из метрового слоя составил 20,0%, из 40-сантиметрового слоя — 30,0% от исходного засоления. Однако конечное засоление почвогрунтов в зоне аэрации по сухому остатку (1,35%) и по хлор-иону (0,185%) является высоким. По второму участку, где на фоне горизонтального дренажа были дополнительно заложены временные неглубокие дрены, эффективность промывки несколько выше: из метрового слоя отведено 28,3% солей от исходного засоления. Среднее содержание хлор-иона в метровом слое по обоим участкам колеблется в пределах 0,115—0,084%, что значительно выше допустимой величины (табл. 2).

За период промывок на первом участке из метрового слоя отведена 51 т солей, при этом для растворения и вымыва 1 т солей израсходовано 148 м³ воды. На втором участке, где промывка проводилась на фоне горизонтального закрытого и временного дренажей, вынос солей из метрового слоя составил 118 т при затрате 64 м³ оросительной воды на вымыв 1 т солей (табл. 3). Временные дрены на этом участке работали с 15 января по 5 марта: дренажный сток составил 30044 м³, отведено 324 т солей. За этот период закрытыми дренами в сочетании с коллектором отведено 43 155 м³ воды и 500 т солей. Мелкий временный дренаж оказал существенное влияние на растворение и вынос солей промываемой площади.

Во время промывок в основном опресняются верхние горизонты почвы, которые обычно промываются слабоминерализованной водой, нижние слои почвогрунтов — растворами самой различной концентрации, которая тем выше, чем больше солей вымывается этими растворами из вы-

Таблица 2

Интенсивность вымывания солей при промывке

Глубина, см	Сухой остаток, %	Вынос солей в % от исходного засоления	Хлор-ион, %	Вынос солей в % от исходного засоления
	Первый участок			
0—40	2,5* / 1,75	30,0	0,397 / 0,260	34,50
0—100	1,69 / 1,35	20,0	0,185 / 0,115	20,07
	Второй участок			
0—40	3,03 / 2,56	16,4	0,298 / 0,206	30,80
0—100	2,85 / 2,01	28,3	0,264 / 0,184	30,00

* В числителе — содержание солей до промывки, в знаменателе — после промывки.

Таблица 3

Затраты воды на вымывание 1 т солей

Промывная норма, м³/га	Глубина, см	Сухой остаток: Содержание солей, т/га	Сухой остаток: Вымытые соли, т/га	Сухой остаток: Затраты воды на 1 т солей, м³	Хлор: Содержание хлора, т/га	Хлор: Вымытый хлор, т/га	Хлор: Затраты воды на вымыв 1 т хлора, м³
		I вариант					
7568	0—40	145* / 102	43		23 / 15	8	
	0—100	246 / 195	51	148	26,8 / 16,7	10,1	756,8
		II вариант					
7568	0—40	176 / 148	28		17,3 / 11,9	5,4	
	0—100	414 / 296	118	64	38,4 / 26,7	11,7	650

* В числителе — содержание солей до промывки, в знаменателе — после промывки.

шележащих слоев почвы. Поэтому нижние слои трудно промываются и требуют большого объема оросительной воды.

В период промывных поливов наивысшее стояние грунтовых вод колебалось в пределах 0—0,5 м от поверхности земли. При этом скорость снижения грунтовых вод в середине междренья составила 0,01—0,015 м/сутки, что вполне соответствует необходимым срокам отвода промывных вод.

На режим грунтовых вод значительное влияние оказывает постоянный ороситель Чепек-Яб, проходящий в концевой части закрытой дрены и расположенный на 3,0—3,5 м выше уровня воды в дренах.

Средняя минерализация грунтовых вод по обоим участкам составила 6—8 г/л. После промывного периода наблюдалось повышение минерализации грунтовых вод, вызванное растворением солей зоны аэрации.

Основываясь на результатах изучения рассоления почвогрунтов, авторы рекомендуют строительство временного дренажа при промывке почв солончакового засоления.

Ю. П. НОВИЦКАЯ, В. А. НОВИЦКИЙ

РАСЧЕТ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО РАСХОДА В СЛОИСТЫХ ГРУНТАХ

Точность определения инфильтрационного расхода, идущего на подпитывание грунтовых вод, зависит от правильности определения коэффициента фильтрации толщи слоя от поверхности земли до депрессионной поверхности. Если толща этого слоя однородна, то больших погрешностей при определении инфильтрационного питания, как правило, не бывает. При неоднородной толще коэффициент фильтрации может быть определен совершенно неправильно. Особенно большие погрешности могут произойти в том случае, когда толща, сложена из отдельных прослоек грунта, проницаемость которых увеличивается сверху вниз.

Для учета неоднородности грунта при расчетах различных задач фильтрации, когда движение фильтрационного потока происходит перпендикулярно напластованиям, неоднородный грунт обычно приводят к однородному по формуле Г. Н. Каменского:

$$k = \frac{z_1 + z_2 + \cdots + z_n}{\frac{z_1}{k_1} + \frac{z_2}{k_2} + \cdots + \frac{z_n}{k_n}}, \qquad (1)$$

где k_1, k_2... k_n — коэффициенты фильтрации отдельных слоев;

z_1, z_2... z_n — мощность этих слоев.

При выводе формулы (1) предполагалась неразрывность фильтрационного потока. В случае, когда в одном из слоев произошел разрыв сплошности потока, эта формула неприменима. При вертикальной фильтрации формулой Г. Н. Каменского можно пользоваться, если коэффициент фильтрации каждого нижележащего слоя меньше по сравнению с вышележащим. В обратном случае, то есть когда коэффициенты

фильтрации от слоя к слою возрастают, формулой (1) можно пользоваться лишь при определенных условиях.

Рассмотрим эти условия и выведем для них критерии применимости формулы Г. Н. Каменского. Вывод дадим для двух-, трех- и четырехслойного грунта, а затем распространим его на n-слоев.

Пусть имеется четырехслойный грунт с коэффициентами фильтрации k_1, k_2, k_3 и k_4, который подстилается сильнопроницаемой толщей (рис. 1). Коэффициенты фильтрации от

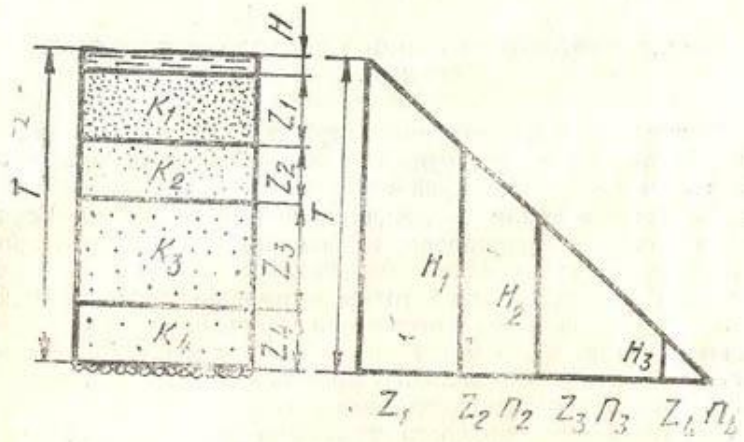


Рис. 1. Расчетная схема.

слоя к слою увеличиваются, т. е. $k_1<k_2<k_3<k_4$. Приведем неоднородный грунт к однородному с коэффициентом фильтрации первого слоя k_1, используя способ, предложенный Н. Н. Павловским. Обозначим:

$$n_2 = \frac{k_1}{k_2}\,;\; n_3 = \frac{k_1}{k_3}\,;\; n_4 = \frac{k_1}{k_4} \cdots n_m = \frac{k_1}{k_m}\,. \qquad (2)$$

Тогда виртуальные мощности второго, третьего и четвертого слоев составят соответственно $n_2 z_2$; $n_3 z_3$; $n_4 z_4$.

Рассмотрим сначала фильтрацию через двухслойный грунт, причем разрыв сплошности потока происходит при выходе его из второго слоя. Найдем критерий применимости формулы Г. Н. Каменского для двухслойного грунта. Поскольку мы привели второй слой к первому, общий напор $T=H+z_1+z_2$ будет гаситься равномерно по треугольнику на длине $z_1+n_2 z_2$ (рис. 2б). Определим напор H на границе

между первым и вторым слоями. Из подобия треугольников имеем:

$$\frac{H_1}{T} = \frac{n_2 z_2}{z_1 + n_2 z_2}\,. \qquad (3)$$

Плоскость сравнения примем по подошве второго слоя. Если произойдет разрыв потока между первым и вторым слоями, давление на границе этих слоев будет равно атмосферному, то есть пьезометрический напор в этом сечении окажется равным нулю. Тогда полный напор на границе слоев будет $H_1=z_2$. Из формулы (3) получим

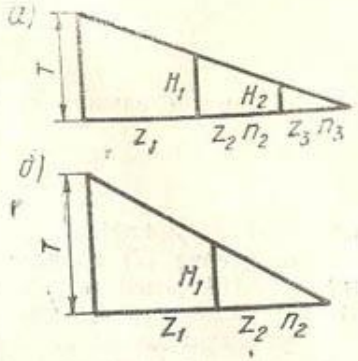


Рис. 2. Схема приведения трехслойного (а) и двухслойного (б) грунта к однородному.

$$n_2 = \frac{z_1}{T - z_2}\,. \qquad (4)$$

Таким образом, чтобы можно было пользоваться формулой Г. Н. Каменского, необходимо выполнение следующего условия:

$$n_2 \leqslant \frac{z_1}{T - z_2}\,, \qquad (5)$$

которое является критерием ее применимости для двухслойной среды. В противном случае происходит разрыв сплошности и формула Г. Н. Каменского неприменима, т. е. расчеты надо производить без учета второго слоя.

Рассуждая аналогично, получим критерий применимости формулы (1) для трехслойного грунта. Из подобия треугольников (рис. 2а) будем иметь:

$$\frac{H_2}{T} = \frac{n_3 z_3}{z_1 + n_2 z_2 + n_3 z_3}\,,$$

где $T=H+z_1+z_2+z_3$.

Из условия $H_2=z_3$ получим

$$k_3 \leqslant \frac{T - z_3}{\frac{z_1}{k_1} + \frac{z_2}{k_2}}\,. \qquad (6)$$

При этом предполагается, что разрыва между первым и вторым слоями нет, то есть выполняется условие (5).

Для четырехслойного грунта (см. рис. 1) аналогично

$$\frac{H_3}{T} = \frac{n_4 z_4}{z_1 + n_2 z_2 + n_3 z_3 + n_4 z_4},$$

откуда для предельного случая при $H_3 = z_4$ получим

$$k_4 \ll \frac{T - z_4}{\frac{k_1}{z_1} + \frac{k_2}{z_2} + \frac{k_3}{z_3}}, \qquad (7)$$

где $T = H + z_1 + z_2 + z_3 + z_4$.

Выражение (7) является критерием применимости формулы Г. Н. Каменского для четырехслойного грунта, при этом должны быть выполнены условия (6) и (5).

Распространяя далее вывод, можем получить критерий применимости формулы Г. Н. Каменского для m-слойного грунта:

$$k_m \ll \frac{T_{m-1}}{\sum_{i=1}^{m-1} \frac{z_i}{k_i}}. \qquad (8)$$

Согласно формуле (8), выполняются условия для

$$k_{m-1} > k_{m-2} > \cdots > k_2.$$

Данные моделирования на гидроинтеграторе В. С. Лукьянова для трехслойной среды

Номер опыта	h	z_1	z_2	z_3	k_1	k_2	k_3	Расходы, м³/сутки		$\frac{Q_p}{Q_{on}}$	Состояние потока	
								Q_p	Q_{on}		по расчету	по опыту
1	1,5	1,4	3,25	1,5	0,1	0,132	0,143	1,55	1,5	1,03	Разрыва нет	Разрыва нет
2	0,5	1,4	3,25	1,5	0,1	0,132	0,143	1,36	1,39	0,98	Разрыв между 2-м и 3-м слоями	Разрыв между 2-м и 3-м слоями
3	1,5	1,4	3,25	1,5	0,1	0,132	0,2	1,6	1,64	0,97	Разрыв между 1-м и 2-м слоями	Разрыв между 1-м и 2-м слоями
4	1,5	1,4	3,25	1,5	0,1	0,25	0,3	2,06	2,0	1,03	Разрыв между 2-м и 3-м слоями	Разрыв между 2-м и 3-м слоями

Экспериментальная проверка по данным моделирования на гидроинтеграторе В. С. Лукьянова для трехслойной среды подтвердила правильность полученного решения (таблица).

В. М. ГРИГОРЬЕВ, В. В. ПОПЛАВСКИЙ

РАСЧЕТ ФИЛЬТРАЦИИ В НЕОГРАНИЧЕННОМ ПЛАСТЕ К ОДИНОЧНЫМ РЯДАМ НЕСОВЕРШЕННЫХ СКВАЖИН ПРИ ПОСТОЯННЫХ В НИХ ПОНИЖЕНИЯХ

Иглофильтры установок вакуумного водопонижения УВВ-1 М и УВВ-2 [3, 4] с точки зрения расчета фильтрации к ним могут рассматриваться как скважины с резко выраженным несовершенством по степени вскрытия пласта. Несовершенство определяется тем, что иглофильтры таких установок имеют приемные звенья (фильтры) малой длины (70—80 см).

При работе установок УВВ-1 М и УВВ-2 напоры во внутренних полостях приемных звеньев иглофильтров меняются в значительно меньшей степени, чем расходы. Этим определяется предпочтительность использования при расчете фильтрации к иглофильтровым рядам формул, выведенных не на основе предпосылки о постоянстве расходов, а на основе предпосылки о постоянстве напоров во внутренних полостях приемных звеньев (при игнорировании потерь напора на их стенках) или на наружных поверхностях тех же звеньев (при учете названных потерь).

Расчет фильтрации к одиночным прямолинейным рядам несовершенных скважин при постоянных в них понижениях (напорах) рассматривался В. М. Шестаковым [6]. Однако предложенное им решение не отвечает в полной мере потребностям практического расчета иглофильтровых рядов, так как оно содержит только формулы для расчета хода снижения пьезометрических уровней в области влияния ряда. Вопрос определения дебита скважин им не рассматривался. В настоящей статье предлагаются расчетные формулы для определения дебита скважин ряда и создаваемого им понижения. Формулы представляют собой переработанное решение задачи определения фильтрации из несовершенных каналов, приведенное в работе «Методы фильтрационных

расчетов гидромелиоративных систем» С. В. Васильева и др. [1].

В этой работе задачи на растекание фильтрационных вод в стороны от несовершенных неограниченной длины врезанных в однородную грунтовую толщу каналов решены с использованием уравнений теории теплопроводности при той предпосылке, что уровень воды в канале поддерживается постоянным, а на урезе воды имеет место граничное условие третьего рода, определяющее линейную связь расхода с понижением.

Метод сопротивлений позволяет получить из указанных решений формулы, описывающие неустановившуюся фильтрацию к одиночным неограниченной длины рядам несовершенных скважин (иглофильтров) при постоянных в них понижениях. Определяется это тем, что растекание фильтрационных вод в стороны от несовершенных каналов и неустановившаяся фильтрация к рядам несовершенных скважин описываются одним и тем же дифференциальным уравнением

$$a\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}=\frac{\partial U}{\partial t}, \qquad (1)$$

где a — коэффициент уровнепроводности;
U — потенциал;
x — расстояние;
t — время,
при условии третьего рода на границе, приуроченной к урезу воды в канале в первом случае и к оси ряда скважин — во втором.

В работе [1] граничное условие третьего рода записано следующим образом:

$$\frac{\partial U(b,\ t)}{\partial x}=-\alpha[U_2-U(b,\ t)], \qquad (2)$$

где $U(b, t)$ — изменяющийся во времени напор на линии уреза воды в канале;
b — половина ширины канала;
U_2 — напор (постоянный), равный возвышению уровня воды в канале над водоупором;
α — коэффициент, учитывающий сопротивление фильтрации под дном канала, определяемый зависимостью

$$\alpha=\frac{1}{m}\,th\,\frac{b}{m}, \qquad (3)$$

где m — превышение дна канала над подошвой водоносного пласта.

Для одного ряда несовершенных скважин условие (2) может быть записано [6] в виде

$$\frac{\partial U(0,\ t)}{\partial x}=\alpha_u[U(o,\ t)-U_c], \qquad (4)$$

где $U(O, t)$ — изменяющийся во времени напор на линии иглофильтров;
U_c — напор (постоянный) во внутренней полости приемного звена иглофильтра (при игнорировании потерь напора на стенке звена);
α_u — коэффициент, учитывающий «внутреннее» сопротивление ряда иглофильтров, определяемый по соотношению

$$\alpha_u=\frac{1}{2\sigma\Phi_ж}, \qquad (5)$$

где σ — расстояние между скважинами в ряду;
$\Phi_ж$ — полное внутреннее сопротивление ряда.

Из сопоставления уравнений (2), (4) следует, что переход от исходных формул, описывающих растекание фильтрационных вод в стороны от несовершенного канала к формулам, описывающим фильтрацию к ряду несовершенных скважин, может быть осуществлен путем замены в исходных формулах величины α на α_u и соответствующего изменения обозначений.

Формулы (10.39) и (10.40) из работы [1] применительно для ряда несовершенных скважин в неограниченном безнапорном пласте принимают вид:

$$h=\sqrt{H_0^2-(H_0^2-h_c^2)\,R(\lambda,\ \gamma)}, \qquad (6)$$

$$Q_ж=k\sigma\,(H_0^2-h_c^2)\,\frac{N(\gamma)}{\sqrt{\pi at}}, \qquad (7)$$

$$\lambda=\frac{x}{2\sqrt{at}},\ \gamma=\alpha_u\sqrt{at},\ a=\frac{kh_{ср}}{\mu}, \qquad (8)$$

где h — сниженная глубина потока;
H_0 — первоначальный уровень грунтовых вод;
h_c — напор в приемных звеньях скважин;
$Q_ж$ — дебит одной скважины ряда;

k — коэффициент фильтрации;

$h_{ср}$ — осредненная по времени и по длине пласта глубина потока;

φ — водоотдача;

$R(\lambda, \gamma)$ и $N(\gamma)$ — функции, определяемые соотношениями

$$R(\lambda, \gamma) = erfc(\lambda) - e^{\gamma(2+\gamma)} erfc(\lambda+\gamma), \qquad (9)$$

$$N(\gamma) = \sqrt{\pi}\gamma e^{\gamma^2} erfc\gamma. \qquad (10)$$

При $t=0$ формула (7) приобретает вид:

$$Q_ж = \frac{k\ (H_0^2 - h_c^2)}{2\Phi_ж}\ . \qquad (11)$$

При выполнении расчетов, численные значения $R(\lambda, \gamma)$ могут сниматься с графика, приведенного в работе [1], численные значения $N(\gamma)$ — с рис. 1. Необходимая для подсчета

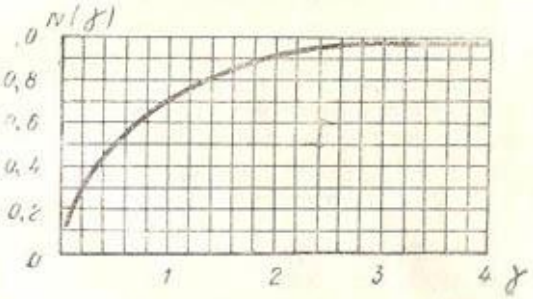


Рис. 1. График функции $N(\gamma)$.

$\alpha_и$ величина $\Phi_ж$ определяется на основе рекомендаций, приведенных в работе [5] при расчете ряда скважин, а при расчете рядов иглофильтров — также графикам [2]. Для определения $h_{ср}$ применительно к рекомендациям В. М. Шестакова [6] может быть применена зависимость

$$h_{ср} = \frac{2H_0 + h_c}{3}\ . \qquad (12)$$

От формул (6), (7) и (8) нетрудно перейти при помощи обычных подстановок к формулам, описывающим напорную фильтрацию к ряду несовершенных скважин. Для напорной фильтрации получим:

$$H = H_0 - (H_0 - H_c)\ R\ (\lambda, \gamma), \qquad (13)$$

$$Q_ж = 2km\sigma(H_0 - H_c)\ \frac{N(\gamma)}{\sqrt{\pi\varkappa t}}\ , \qquad (14)$$

$$\lambda = \frac{x}{2\sqrt{\varkappa t}}\ ,\ \gamma = \alpha_и\sqrt{\varkappa t}\ ,\ \varkappa = \frac{km}{\varphi_{упр}}\ , \qquad (15)$$

где H — сниженный напор на расстоянии x от оси ряда;

H_c — напор в приемных звеньях скважин;

$\varkappa$ — коэффициент пьезопроводности;

m — мощность пласта;

$\varphi_{упр}$ — коэффициент упругой отдачи пласта; остальные обозначения — прежние.

При $t=0$ вместо вышеуказанной формулы (14) будет:

$$Q_ж = \frac{km\ (H_0 - H_c)}{\Phi_ж}\ . \qquad (16)$$

Таким образом, описанным в статье способом на основе приведенных в работе [1] решений можно получить и расчетные формулы для прямолинейных рядов несовершенных скважин, отбирающих воду из ограниченных открытых и закрытых пластов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев С. В. [и др.]. Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем. М., «Колос», 1970.

2. Григорьев В. М. Расчет неустановившегося движения грунтовых вод к иглофильтрам установок вакуумного водопонижения. — Труды института ВОДГЕО, вып. 22. М., 1969.

3. Григорьев В. М., К. С. Боголюбов. Легкая иглофильтровая установка вакуумного водопонижения УВВ-2.— «Гидротехника и мелиорация», 1969, № 12.

4. Григорьев В. М., К. С. Боголюбов. Легкая иглофильтрационная установка вакуумного водопонижения УВВ-1М. — Там же, 1972, № 2.

5. Павловская Л. Н., В. М. Шестаков. Методические указания по фильтрационным расчетам водопонизительных установок. М., Госэнергоиздат, 1961.

6. Шестаков В. М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. М., МГУ, 1969.

О. НИЯЗОВ

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОРОШАЕМЫХ МАССИВОВ ПРЕДГОРНОЙ РАВНИНЫ КОПЕТДАГА

Третья очередь Каракумского канала начинается от р. Теджен (535-й километр трассы) и проходит по предгорной равнине Копетдага, пересекая различные геолого-геоморфологические и гидрогеологические районы. Ширина предгорной равнины в зависимости от мощности конусов выноса колеблется от 10 до 35 км.

Предгорная равнина Восточного Копетдага примыкает к неогеновым предгорьям, а Центрального — к передовым хребтам Копетдага, что обусловливает некоторое различие в механическом составе и в области накопления осадочного материала. Предгорная равнина сложена четвертичными аллювиально-пролювиальными, пролювиальными, делювиально-пролювиальными и эоловыми отложениями, которые залегают на поверхности Кешининбаирской свиты, представленной в основном серовато-желтыми алевролитами.

Глубина залегания последних увеличивается к северо-востоку от гор и изменяется от 0 до 300—400 м. Аллювиально-пролювиальные отложения предгорной равнины подстилаются на юге алевролитами Кешининбаирской свиты и на севере — песками Каракумской свиты.

Мощность четвертичных отложений колеблется в подгорном шлейфе, в конусах выноса Восточного Копетдага от 20 до 165 м и в Центральном Копетдаге — от 20 до 330 м. Мощность водоносного горизонта в этих частях равнины изменяется соответственно от 3 до 105 и от 2 до 250 м. Полная мощность четвертичных отложений в пределах собственно-пролювиальной равнины не установлена. Вскрытая мощность пролювиального комплекса составляет в Восточном Копетдаге от 40—50 до 150—400 м и в Центральном — 85—100 до 110—150 м. Литологический состав верхней 100-метровой

толщи предгорной равнины зависит от геоморфологического строения. По характеру литологического строения отложения конусов выноса в основном одинаковые, за исключением некоторых из них, которые отличаются лишь характером заполнителя, мощностью гравийно-галечниковых отложений и количеством супесчано-суглинистых прослоек.

Подгорный шлейф и привершинная часть конусов выноса сложены валунно-гравийно-галечниковыми отложениями с редкими прослойками супесей и суглинков.

По мере удаления от гор и от осевой линии к периферии конусов выноса наблюдается уменьшение мощности грубообломочного материала и постепенное, местами очень резкое, замещение их песчано-глинистыми отложениями с отдельными линзами и прослойками или включением гравийно-галечникового материала. Максимальные мощности гравийно-галечниковых отложений более 100—200 м отмечаются и вблизи Копетдага, в районах развития крупных конусов выноса, а песчано-глинистых — в центральной части собственно пролювиальной равнины. Примерно от середины пролювиальной равнины на север и на юг мощность песчано-глинистых отложений уменьшается. В средней части конусов выноса мощность мелкозема, покрывающего грубообломочные отложения, достигает от 4 до 40 м. Он представлен суглинками и глинами на предгорной равнине Восточного Копетдага, супесями и песками — на предгорной равнине Центрального Копетдага.

Периферийные части конусов выноса представлены переслаиванием супесей, суглинков и глин с редкими прослойками песков и галечников. Слиянием в хвостовой части конусов выноса образована слегка волнистая пролювиальная равнина, которая представлена на участке Теджен—Гяурс переслаиванием суглинков и глин с редкими прослоями супесей и песков, а на участке Гяурс — Геок-Тепе — эолово-пролювиальными песками и супесями с прослойками суглинков.

Межконусные понижения представлены переслаиванием делювиально-пролювиальных супесей, суглинков и глин с подчиненными прослойками тонкозернистых песков. На стыке пролювиальной равнины с песками Центральных Каракумов отмечается широкое развитие современных эоловых отложений, представленных песками и супесями. Последние на отдельных участках глубоко вклиниваются на пролювиальную равнину, местами до железной дороги, иногда даже достигают предгорий Копетдага (Гяурс, Анау). Мощность эоловых образований изменяется от нескольких сантиметров до 10 м.

Подземные воды предгорной равнины Копетдага, приуроченные к отложениям неогена и четвертичного периода, составляют единый гидравлически связанный водоносный комплекс. Региональным водоупором для них являются глины палеогена, залегающие на глубине 500—800 м и имеющие мощность более 1000 м.

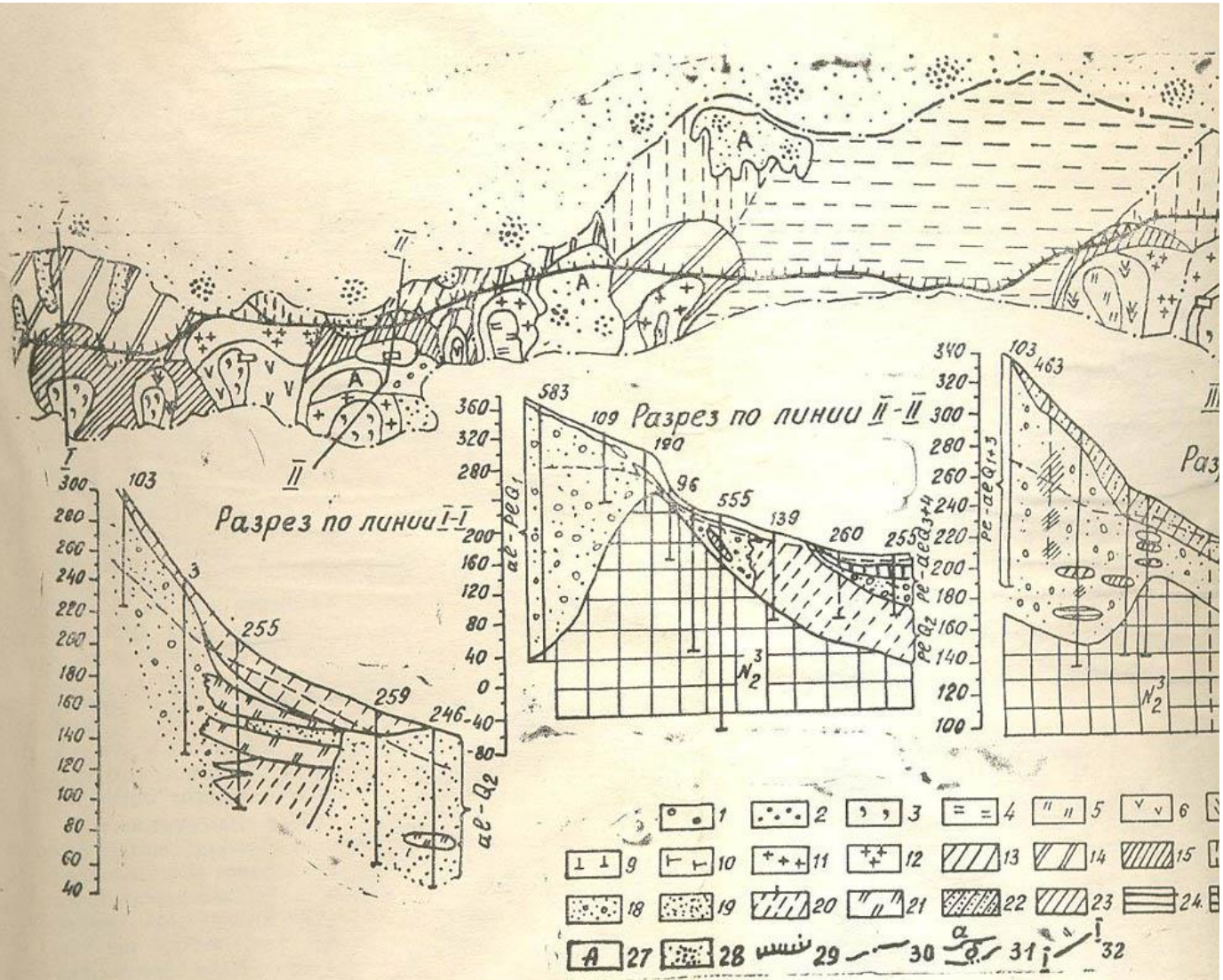
Отложения неогена представляют плотную песчано-глинистую толщу пород с низкой водопроницаемостью (0,3 м/сутки) и хорошо выдержаны по простиранию и мощности. В связи с этим для грунтовых вод предгорной равнины Копетдага отложения неогена (алевролиты Кешенинбаирской свиты) приняты за относительный водоупор. Выходы их на дневную поверхность неогена отмечаются в горной части и на предгорной равнине Копетдага. С удалением от гор отложения неогена резко погружаются. Все это обусловливает увеличение по мере удаления на север мощности четвертичного водоносного комплекса.

В зависимости от источника питания, рельефа местности, литологического состава и мощности зоны аэрации и водоносного горизонта глубина залегания, химический состав, уклон и скорость движения грунтовых вод предгорной равнины различны. Направление гидроизогипс параллельно простиранию Копетдага свидетельствует о питании пролювиального потока со стороны горной системы. Питание грунтовых вод в основном происходит за счет русловых потерь речек и каналов, инфильтрации оросительных вод и атмосферных осадков и незначительно путем переливания в пролювий термальных вод по водоносным тектоническим разломам [3].

Расходную статью баланса грунтовых вод составляет суммарное испарение, отток в сторону Центральных Каракумов и использование для водоснабжения и сельского хозяйства. Водоносный горизонт эксплуатируется многочисленными скважинами и кяризами, которые приурочены к центральной части конусов выноса, сложенных хорошо водопроницаемыми гравийно-галечниковыми отложениями, содержащими пресные воды (менее 1 г/л).

В районах, имеющих гравийно-галечниковые отложения с коэффициентом фильтрации от 3 до 25—30 м/сутки, расходы скважин изменяются от 1 до 80 л/сек при удельном дебите от 1 до 37 л/сек; в районах же с супесчано-суглинистыми отложениями, которые имеют низкую водоотдачу (от 0,1 до 2—5 м/сутки), расходы скважин изменяются от 0,016 до 0,5 л/сек.

Чередование конусов и межконусных понижений обусловливает формирование волнообразного гидрорельефа рав-



Карта литолого-гидрогеологического районирования верхней стометровой толщи пред

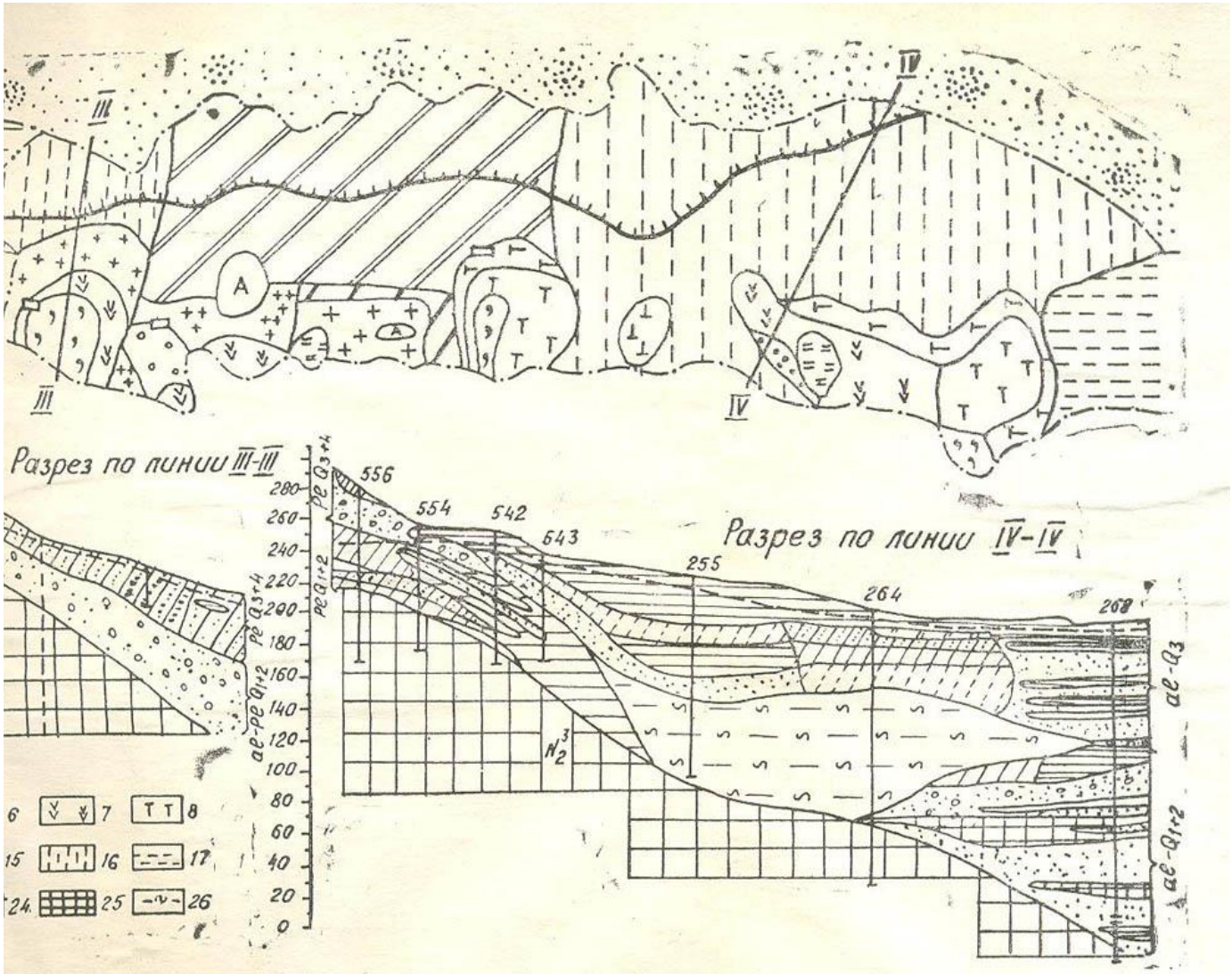
I. Гидрогеологические районы (участки распространения гидрогеологических районов и подра
11 — 5а; 12 — 5б; 13 — 6а; 14 — 6б; 15 — 6в;

II. Литологический со

18—гравийно-галечниковые отложения; 19—песок; 20—супесь легкая; 21—супесь тяжелая; 22—сугли
слаивание песчано-глинистых

III. Прочие условные

27—песчаные массивы и предгорные возвышенности; 28—барханно-бугристые пески Центральных
между гидрогеологическими районами (а) и подрайонами (б); 32 — линии лито



предгорной равнины Копетдага в зоне третьей очереди Каракумского канала.

подрайонов от 1 по 17): 1—1а; 2—1б; 3—2а; 4—2б; 5—2в; 6—3а; 7—3б; 8—4а; 9—4б; 10—4в; —6в; 16—7а; 17—7б.

ий состав пород:

суглинок легкий; 23—суглинок тяжелый; 24—глина; 25—песчаники и алевролиты; 26—пере-стых толщ.

ные обозначения:

ных Каракумов; 29—трасса Каракумского канала; 30—граница района исследования; 31—граница литологического профиля.

нины. В центральных и привершинных частях конусов выноса поток грунтовых вод имеет радиально расходящийся характер, который по мере удаления в сторону межконусных понижений и к периферии конусов постепенно сглаживается.

Абсолютные отметки уровня грунтовых вод равнины уменьшаются одновременно с юга на север и с востока на запад и изменяется от 400 до 250 м по южной границе и от 210 до 85 м — по северной границе равнины.

Уклоны депрессионной кривой грунтовых вод изменяются от 0,05 до 0,0001. Наибольшие уклоны (0,05—0,004) наблюдаются в южной половине равнины, где водоносный горизонт представлен отложениями высокой водопроницаемости и занимает наиболее высокое положение в рельефе. Уменьшение водопроницаемости водоносного горизонта по мере удаления от Копетдага и от центра конусов выноса к периферии затрудняет отток грунтовых вод, что приводит к постепенному выполаживанию кривой депрессии. Величина уклона на периферии конусов выноса и в межконусных понижениях снижается до 0,003, на пролювиальной равнине — до 0,002—0,0001.

В некоторых конусах выноса и в межконусных понижениях отмечается очень близкое (15—20 м), с выходом местами на поверхность, залегание алевролитов Кешининбаирской свиты, являющейся относительным водоупором. На таких участках на пути движения пролювиального потока создается подпор, вызывающий уменьшение гидравлического уклона, мощности водоносного горизонта и его дренированности. Поток грунтовых вод как бы переливается через эти барьеры. Поэтому на протяжении от гор до этих барьеров, несмотря на большие значения коэффициента фильтрации, отток грунтовых вод незначительный. После перехода барьера уклоны грунтовых вод резко увеличиваются, что свидетельствует об улучшении подземного оттока.

Поток грунтовых вод на своем пути в пределах предгорной равнины вторично подпирается в пределах собственно пролювиальной равнины, где наблюдается широкое развитие супесчано-суглинистых отложений с низкой водопроницаемостью. Здесь также отмечается уменьшение оттока и повышение уровня грунтовых вод. На периферии поток пролювиального водоносного горизонта сливается с каракумским грунтовым потоком. Здесь вновь отмечается некоторое увеличение глубин залегания и уклонов потока грунтовых вод, что объясняется улучшением их оттока в сторону Каракумов.

Глубина залегания грунтовых вод изменяется от 0 до 85 м. Наиболее глубокое залегание грунтовых вод —

вблизи Копетдага в пределах крутонаклонной части равнины, где водоносный горизонт хорошо дренирован.

По мере удаления от гор в сторону Центральных Каракумов глубина залегания грунтовых вод постепенно уменьшается. Это вызвано уменьшением фильтрационных свойств водоносного горизонта и различием уклона поверхности земли и горизонта грунтовых вод. Зеркало грунтовых вод по сравнению с рельефом поверхности более плавно выполаживается и происходит их сближение.

Минерализация грунтовых вод предгорной равнины Копетдага изменяется в больших пределах — от 0,2 до 80 г/л. Пресные воды с минерализацией до 2—3 г/л встречаются в верховьях и центральной части конусов выноса и на предгорном шлейфе. По мере продвижения на север минерализация их увеличивается и на границе равнины с песками Центральных Каракумов достигает 25—50 г/л, а на отдельных участках — 70—80 г/л.

В вертикальном разрезе наиболее высокая минерализация грунтовых вод встречается в верхней части водоносного горизонта. В районах с низкими значениями минерализации, которые приурочены к хорошо водопроницаемым гравийно-галечниковым отложениям конусов выноса, минерализация грунтовых вод по глубине остается почти без изменения. При более высокой минерализации грунтовых вод в верхнем горизонте отмечается постепенное ее уменьшение с глубиной. В районах с высокой минерализацией грунтовых вод уменьшение ее происходит довольно резко: от 35—40 г/л — в верхней части, до 5—10 — в нижней. Чем выше минерализация воды в верхней части водоносного горизонта, тем резче она уменьшается с глубиной. Формирование высокой минерализации в верхней части водоносного горизонта обусловлено континентальным засолением при рассеивании грунтовых вод путем испарения.

Грунтовые воды предгорной равнины по величине минерализации хорошие и удовлетворительные в верховьях и центральной части конусов выноса и на подгорном шлейфе. На большей части пролювиальной равнины и межконусных понижениях подземные воды по степени минерализации не пригодны для орошения и водоснабжения.

Коэффициент фильтрации четвертичного водоносного комплекса тесно связан с геоморфолого-литологическим строением района. Наиболее высокое значение коэффициента фильтрации (от 6—7 до 60—80 м/сутки) отмечается в привершиной части конусов выноса, от центра которых к периферии и межконусным понижениям и в сторону пролювиальной равнины оно постепенно уменьшается. Средневзвешенные

значения коэффициента фильтрации изменяются в средних частях конусов выноса от 2—5 до 7—10 м/сутки, на периферийных частях конусов выноса — от 0,8 до 2,0 и лишь на отдельных участках до 3 м/сутки, на межконусных понижениях — от 0,45 до 0,95 м/сутки.

Наиболее низкое значение коэффициента фильтрации отмечается в пределах пролювиальной равнины. На участке Чаача—Гяурс коэффициент фильтрации изменяется от 0,2 до 0,5 м/сутки, а на участке Гяурс—Геок-Тепе — от 1,2 до 1,7 м/сутки. Коэффициент фильтрации песков Каракумской свиты изменяется от 2,6 до 20—35 м/сутки. Среднее значение коэффициента фильтрации аллювиальных песков пра-Амударьи составляет 8,7 м/сутки [2]. Отложения неогена, представленные глинистыми, местами гипсованными песчаниками, песчанистыми глинами и алевролитами с отдельными прослойками конгломерата, имеют очень низкие величины коэффициента фильтрации (в среднем 0,3 м/сутки).

В основу гидрогеологического районирования предгорной равнины нами приняты литолого-геоморфологическая карта Н. К. Парамоновой [1] с соответствующими дополнениями, необходимыми для обоснования типов дренажа, и виды расчетной схемы. По характеру литологического строения и фильтрационных свойств пород в рассматриваемом районе можно выделить семь гидрогеологических районов. Литологический состав и водопроницаемость пород отражены в типовых литолого-гидрогеологических разрезах (рис. 1). В гидрогеологический район объединены участки с одинаковым литологическим строением и величиной коэффициента фильтрации: менее 0,5 м/сутки, 0,5—1, 1—2, 2—2,5, 5—10 и более 10 м/сутки.

При сравнительно одинаковом характере литологического строения в разрезе толщи и в составе пород наблюдаются некоторые различия напластования, влияющие на величину коэффициента фильтрации. В этих случаях в пределах основного района выделяются подрайоны — А, Б и В с указанием средних значений коэффициента фильтрации.

На предгорной равнине Копетдага по степени естественной дренированности встречаются районы от интенсивно дренированного до весьма слабодренированного. К интенсивно дренированным и дренированным районам относятся привершинные и средние части конусов выноса (районы $1^{а}$, 2, 3, $4_{а}$). Эти районы расположены в наиболее повышенных частях рельефа, характеризуются благоприятными условиями оттока подземных вод и сложены хорошо водопроницаемыми песками и гравийно-галечниковыми отложениями с коэффициентом фильтрации от 3 до 16 м/сутки. Общая площадь этих

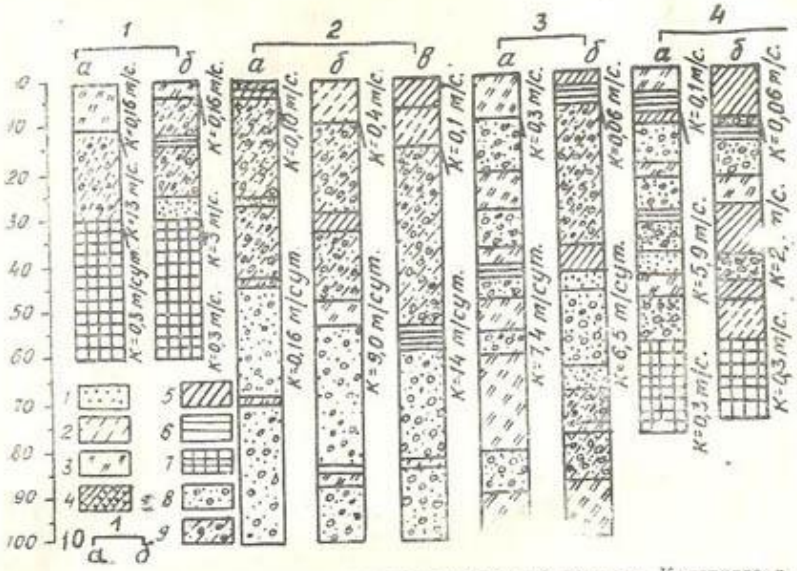


Рис. 1. Типовые литологические разрезы предгорной равнины Копетдага в фильтрации:
5—суглинок тяжелый; 6—глина; 7—песчаники трещиноватые и алевро-гравийно-галечниковые отложения с супесчано-суглинистым заполнителем;

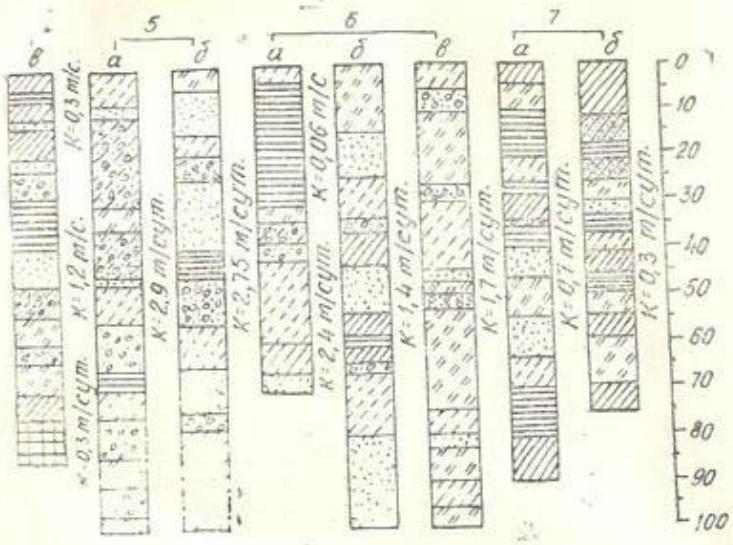
районов составляет около 111 тыс. га, или 15% от общей площади предгорной равнины. В рассматриваемых районах приходные статьи баланса компенсированы подземным оттоком. Образующиеся ирригационные бугры при орошении в течение годичного цикла растекаются.

Подземные воды в привершинных и средних частях конусов выноса с минерализацией 1—3 г/л имеют удовлетворительный ирригационный коэффициент и являются источником питания для нижележащих участков. Поэтому (как мелиоративное мероприятие) для нижележащих слабодренированных земель необходимо строительство вертикального дренажа.

Слабодренированными являются районы $1_б$, $4_б$ и 5 с площадью 69 тыс. га (10%). Среднее значение коэффициента фильтрации пород в этих районах изменяется от 2,1 до 3,0 м/сутки.

Весьма слабодренированными являются периферийные части конусов выноса, межконусные понижения и пролювиальная равнина (районы $4_в$, 6 и 7). Общая площадь их составляет 555,3 тыс. га (75%).

Приток грунтовых вод с юга составляет основную приходную статью баланса. На отдельных участках он компенсируется подземным оттоком, а на некоторых приток преобла-



зоне третьей очереди Каракумского канала с указанием коэффициента
1 — песок; 2 — супесь легкая; 3 — супесь тяжелая; 4 — суглинок легкий;
литы; 8 — гравийно-галечниковые отложения с песчаным заполнителем; 9—
10 — номера гидрогеологических районов и подрайонов.

дает над оттоком, что ведет к повышению уровня грунтовых вод. На участках компенсированного стока грунтовые воды залегают на глубине более 10 м, а на участках аккумуляции подземных вод —от 1 до 5 м. Коэффициент фильтрации пород изменяется от 0,1 до 3,0 м/сутки.

В привершинных и средних частях конусов выноса (районы $1^{а}$, 2, 3, $4^{а}$) наиболее благоприятным является вертикальный дренаж. На площади гидрогеологических районов ($1^{б}$, $4^{б}$ и 5), сложенных переслаиванием песчано-глинистых отложений с преобладанием легких литологических разностей с отдельными прослойками гравия, целесообразно применение комбинированного дренажа. В периферийной части конусов выноса, в межконусных понижениях, на пролювиальной равнине, которые сложены слабопроницаемыми отложениями (районы $4^{в}$, 6 и 7), по-видимому, возможно применение вертикального дренажа большого диаметра с мощным гравийным фильтром.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корякин И. Ф., Н. К. Парамонова. Гидрогеологическое районирование предгорной равнины Восточного и Центрального Копетдага. Фонды УГ СМ ТССР. Ашхабад, 1965.
2. Линзы пресных вод пустынь. М., Изд-во АН СССР, 1963.
3. Мильккис М. Р. К эволюции представлений о подземном стоке с Центрального Копетдага в связи с проблемой водоснабжения. — В кн.: Гидрогеология и инженерная геология. Ашхабад, 1969.

В. А. КАЛАНТАЕВ

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ ГРУНТОВЫХ ВОД ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Вопросы режима грунтовых вод и глубины заложения дренажа на орошаемых землях оазисов давно являются предметом дискуссий среди мелиораторов и гидрогеологов. Одни утверждают, что дренаж должен быть только глубоким (3,0—3,5 и даже 5,0 м) и грунтовые воды нужно поддерживать на такой глубине, которая превышала бы капиллярное поднятие, исключая засоление почв. Другие приводят не менее убедительные доводы в пользу субирригации и относительно мелкого дренажа глубиной 2,0—2,5 м.

Теоретические расчеты и наблюдения за работой горизонтального дренажа показали, что интенсивность отвода грунтовой воды зависит от величины действующего напора. Чем глубже заложены дрены, тем выше их мелиоративная эффективность и тем бо́льшие междренные расстояния можно допускать при строительстве. Однако заглубление дрен имеет определенный предел, при котором дрены должны сохранять возможность работать самотеком. Таким образом, последнее условие накладывает на глубину дрен некоторые ограничения. На одних орошаемых землях эта глубина может достигать 3,0—3,5 м, на других — не более 2,0—2,5 м.

Орошаемые оазисы Средней Азии расположены в приморской (дельта Амударьи) и сухих (субаэральных) дельтах, на аллювиальных и делювиальных равнинах. Наиболее неблагополучными в мелиоративном отношении являются оазисы, расположенные в дельтах и на I и II надпойменных террасах рек аллювиальных равнин. Такие оазисы постоянно подпитываются из рек. В зоне среднего течения рек (для I и II надпойменных террас) также наблюдается периодическое подпитывание грунтовых вод речными. Грунтовые воды на территории оазисов, расположенных в дельтах и средней части речных долин, находятся в гидравлической связи с речными водами и имеют небольшую глубину залегания от поверхности земли.

Интенсивное испарение грунтовых вод обусловливает засоленность почвогрунтов дельт и аллювиальных равнин. При орошении уровень грунтовых вод поднимается еще выше и становится еще более опасным источником засоления орошаемых земель.

На III и IV террасах аллювиальных равнин, носящих явно выраженные признаки остаточности засоления почв, грунтовые воды находятся на большой глубине. Однако при массовом орошении таких террас грунтовые воды довольно быстро могут приблизиться к дневной поверхности и вызвать засоление почв.

Разнообразный фон природных условий орошаемых оазисов предопределяет необходимость постановки по крайней мере двух различных задач перед дренажем при воздействии его на грунтовые воды. Первая задача сводится к тому, чтобы опустить уровень грунтовых вод и поддерживать его на глубине, которую принято называть «критической». Вторая задача — опреснить грунтовые воды в толще 5—10 м до оптимальной степени минерализации и поддерживать их на глубине 1,5—2,0 м от дневной поверхности.

Чтобы разобраться, в каких условиях дренаж должен выполнять первую, а в каких—вторую задачу, рассмотрим два больших орошаемых массива, гидрогеологические и литологические условия которых значительно отличаются друг от друга.

Голодностепская аллювиальная равнина расположена на левом берегу Сырдарьи и занимает более 1,0 млн. га, из них 800 тыс. га пригодны к орошению. Равнина, поверхность которой имеет уклоны от 0,005 до 0,0001, отличается полным развитием всего комплекса аллювиальных террас.

Пойменная и I террасы Сырдарьи сложены слоистыми отложениями, которые имеют глинистый, суглинистый и супесчаный механический состав. Подстилаются эти отложения мелкозернистым песком на глубине 1,0—2,0 м; II терраса сложена грунтами суглинистого механического состава, которые на глубине 3—4 м подстилаются речными песками. Аллювиальные отложения II террасы затронуты процессами лессообразования. III терраса возвышается над II на 12—15 м и представляет собой большое равнинное пространство. Сложена III терраса лессовидными суглинками, которые подстилаются глинами, а около реки — песками и

галечниками. Мощность лессовидных суглинков колеблется в пределах 15—20 м.

Гидрографическая сеть Голодной степи очень сложная. Она представлена Сырдарьей, небольшими реками, ирригационными каналами, озерами и водохранилищами. Уклон грунтовых вод имеет направление к Сырдарье, которая на всем протяжении от Ферганских ворот до Чардары дренирует грунтовые воды, но в недостаточном объеме.

Грунтовые воды на террасах Голодной степи залегают на разных глубинах: на I террасе — на глубине 0,5—2,0 м, в основном слабоминерализованные; на II террасе — на глубине 1,0—3,0 м в орошаемой зоне и 3,0—5,0 м в неполивных зонах минерализация колеблется от 5 до 30 г/л; на III террасе — на глубине 1,5—2,0 м и 15,0—20,0 м минерализация — от 3,0 до 150,0 г/л.

Грунтовые воды и растворенные в них соли поступают на территорию Голодной степи со стороны Туркменского хребта, а также с полей орошения, из ирригационных каналов и водохранилищ. Незначительная часть поступающих грунтовых вод отводится искусственным и естественным дренажами, а бóльшая — расходуется на суммарное испарение, что и обусловливает высокую засоленность почвогрунтов и грунтовых вод.

Почвы Голодной степи представлены светлыми сероземами, развитыми на лессовидных суглинках различного механического состава. Коэффициенты фильтрации верхних слоев почвогрунтов находятся в пределах от 0,1 до 0,7 м/сутки. Такие почвогрунты обладают пониженной водопроводимостью и высокими капиллярными свойствами. Коэффициенты фильтрации подстилающих грунтов колеблются в пределах 15,0—30,0 м/сутки. В таких условиях, как нам представляется, уровень грунтовых вод необходимо поддерживать при помощи дренажа на «критической» глубине, что предотвратит вторичное засоление почв. Вполне понятно, что глубина горизонтального дренажа при этом должна достигать максимума.

Чарджоуский оазис, расположенный на древней амударьинской аллювиальной равнине, занимает более 265 тыс. га, из которых в настоящее время орошаются и используются под посевы сельскохозяйственных культур 142,6 тыс. га. Аллювиальная равнина представлена двумя террасами: I терраса (пойменная) периодически затопляется рекой в период паводков. В последние годы часть ее территории стали предохранять от затопления при помощи земляных противопаводковых дамб; II терраса, более древняя, возвышается над

первой на 1,5—2,0 м и имеет явно выраженный общий уклон с юго-востока на северо-запад, соответственно течению реки. Слабо выраженный поперечный уклон направлен от реки к пескам.

Поверхность орошаемой части долины сложена аллювиальными пылевато-суглинистыми, глинистыми, супесчаными и песчаными отложениями, которые перекрыты агроирригационными наносами мощностью 0,3—2,0 м и подстилаются различными по крупности песками мощностью, меняющейся по ширине и длине культурного оазиса (от 10,0 до 100,0 м). Коэффициенты фильтрации верхних мелкоземов составляют 1,0—3,0 м/сутки, подстилающих песков — 5,0—20,0 м/сутки.

Гидрографическая сеть II террасы аллювиальной равнины представлена рекой Амударьей и частой сетью ирригационных каналов. Низкое положение орошаемых земель по отношению к уровню воды в реке, большие потери на фильтрацию из оросительных каналов и хорошая гидравлическая связь между речными и грунтовыми водами обусловливают близкое залегание последних к дневной поверхности.

Для ликвидации засоления и заболачивания в Чарджоуском оазисе с 1953 г. начали строить горизонтальный дренаж открытого типа. На 1 января 1972 г. в оазисе построено 3318 км коллекторно-дренажной сети, что составляет 12,5 пог. м. на 1 га в расчете на валовую площадь и 23,2 пог. м — на поливную. За весь период работы открытыми коллекторами отведено 6554 млн. м³ грунтовой воды, в которой содержалось 31037 тыс. т солей. За 18 лет с каждого гектара орошаемой площади отведено по 240 т легкорастворимых солей. За это же время на орошение было подано 44732 млн. м³ оросительной воды. Таким образом, весь многолетний сток составил 14,6% от водоподачи на орошение. В связи с увеличением удельной протяженности коллекторов дренажный сток в последние годы увеличился и составляет почти 30% от всей водоподачи на орошение.

С каждого гектара поливной площади дренаж стал отводить до 7,0—7,5 тыс. м³ грунтовой воды в год. Средняя минерализация сбрасываемой коллекторами дренажной воды снизилась до 4,5 г/л в 1971 г. против 12,0 г/л в 1953 г. Урожайность хлопчатника в целом по оазису повысилась с 18,8 ц/га в 1953 г. до 29,9 ц/га в 1971 г.

Наблюдения за грунтовыми водами показали, что их уровень за 18 лет несколько повысился, несмотря на работу коллекторной сети. Но последняя оказывала и оказывает действенное влияние на сработку фильтрационных бугров.

возникающих после промывных и вегетационных поливов, способствовала полной ликвидации заболачивания, несмотря на повышение к. з. и. с 0,35 до 0,54.

Из данных видно, что в Чарджоуском оазисе мелиоративное состояние орошаемых земель улучшается и урожайность хлопчатника повышается. Мелиоративный эффект достигнут на фоне открытой коллекторно-дренажной сети, глубина которой не превышает 2,0—2,5 м, а уровень грунтовых вод находится на глубине 1,5 м от поверхности земли.

Следует отметить, что большую глубину горизонтального дренажа с самотечным сбросом в условиях Чарджоуского оазиса получить почти невозможно из-за близкого залегания плывунных грунтов и высокого стояния уровня воды в водоприемнике. Некоторые исследователи (Н. Г. Минашина, В. В. Егоров и др.) называют режим близко залегающих грунтовых вод «наиболее расточительным». Соглашаясь с этим в принципе правильным утверждением, заметим, что и здесь нужен дифференцированный подход в зависимости от гидрогеологической обстановки.

В Чарджоуском оазисе «критическая» глубина грунтовых вод составляет 3,0 м. Задачу по поддержанию их уровня на такой глубине в состоянии решить частые глубокие горизонтальные дрены с механической откачкой или скважины вертикального дренажа.

В качестве примера рассмотрим участок вертикального дренажа, площадь которого составляет 1 тыс. га. Участок находится в 7 км от Амударьи и имеет 14 скважин вертикального дренажа. При постоянной откачке и модуле дренажного стока 0,5—0,6 л/сек/га уровень грунтовых вод на участке в вегетационный период не удавалось понизить более чем на 1,5—1,7 м от поверхности земли. Расчеты показали, что для поддержания уровня грунтовых вод на глубине 3,0 м модуль дренажного стока необходимо довести до 0,9—1,0 л/сек/га. На долю грунтовых вод из этой величины будет приходиться не более одной трети, а остальные две трети будут поступать из реки и оросительных каналов.

Вполне очевидно, что такая бесполезная «переработка» пресных речных и ирригационных вод в дренажные не может быть положена в основу регулирования режима грунтовых вод в условиях Чарджоуского оазиса. Видимо, в гидрогеологических условиях, подобных Чарджоускому оазису, грунтовые воды не следует опускать на «критическую» глубину.

Различия в гидрогеологических и геолого-литологических условиях рассматриваемых орошаемых массивов указывают на необходимость поддержания различных режимов грунтовых вод и вследствие этого — на различные назначения

дренажа при выполнении им основной функции — мелиорации земель.

Итак, задачи дренажа, который должен поддерживать определенный режим грунтовых вод в различных природных условиях орошаемых земель, состоят в следующем:

1. При большой толще тяжелых почвогрунтов, обладающих малой водопроводимостью и высокими капиллярными свойствами, назначение дренажа должно сводиться к понижению уровня грунтовых вод на «критическую» глубину с последующим опреснением почвогрунтов и грунтовых вод.

2. В условиях легких грунтов при хорошей гидравлической связи грунтовых вод с речными и ирригационными водами назначение дренажа должно сводиться к опреснению грунтовых вод и поддержанию их уровня на глубине 1,5—2,0 м от поверхности земли.

В Средней Азии дренаж должен поддерживать различный режим грунтовых вод: в субаэральных районах — с «критической» глубиной их залегания, в субирригационных районах — с близким залеганием опресненных грунтовых вод.

Природные условия орошаемых массивов Средней Азии показывают, что к субаэральным районам можно отнести около 40% всей орошаемой площади, остальные 60% — к субирригационным.

С. АТАЕВ

ГИДРОГЕОЛОГО-ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НИЗОВЬЯ р. АТРЕК

Низовье Атрека протянулось узкой полосой (20—30 км) от Чатского массива до Каспийского моря. По геолого-геоморфологическим особенностям эту территорию можно разделить на две части, представляющие собой древнюю дельту, расположенную северо-восточнее и современную—юго-западнее пос. Кизыл-Атрек.

По гипсометрическим положениям древняя дельта расположена выше современной, поэтому и подземные воды здесь залегают глубже — от 15—20 до 40 м. Глубина их залегания возрастает в направлении с запада на восток и в районе Чатского массива достигает 50 м. Общее направление движения подземных вод от Западного Копетдага к периферии дельты — западное (с уклоном 0,003—0,006). Питание водоносного комплекса осуществляется за счет подземного стока Западного Копетдага [1]. Минерализация подземных вод, по химическому составу относящаяся к хлоридно-натриевому типу, колеблется от 1—3 до 5—10 г/л, достигая местами 20 г/л.

Современная дельта характеризуется сравнительно пестрым распространением глубин залегания грунтовых вод: в районе аула Акяйла на глубине от 1,0 до 2,0 м в окрестностях пос. Кизыл-Атрек — 2—4 м, на площади останцевых бугров, имеющих среднюю высоту 10—15 м, — на глубине 15—20 м. Направление движения грунтового потока — с востока на запад с общим уклоном 0,0005. Источником питания грунтовых вод является р. Атрек и подземный сток со стороны древней дельты. Незначительную роль в питании грунтовых вод играют атмосферные осадки, выпадающие в весенний период года. Разгрузка грунтовых вод осуществляется в результате испарения с поверхности заболоченной площади.

Минерализация грунтовых вод современной дельты выше по сравнению с древней и достигает на орошаемой зоне от 5—10 до 40—50 г/л, а в неорошаемой (северной) — 50—100 г/л и более. По химическому составу грунтовые воды относятся к хлоридно-натриевому и хлоридно-сульфатно-натриевому [2].

По характеру литологического строения и фильтрационных свойств верхней 50-метровой толщи пород можно выделить пять районов (рис. 1). При одинаковом литологическом

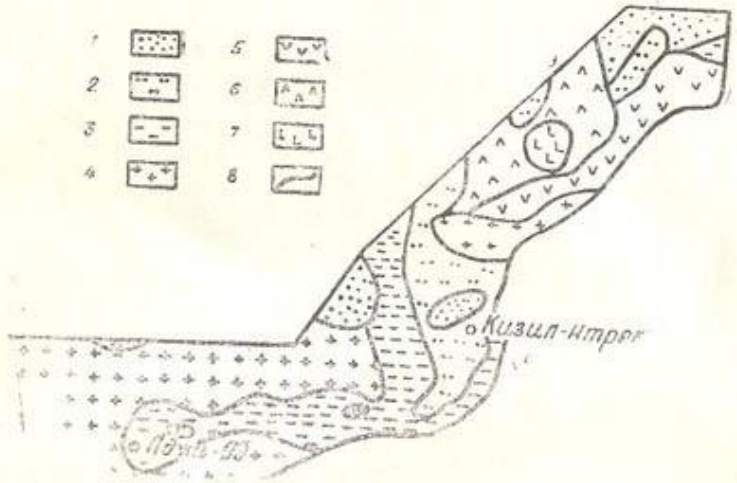


Рис. 1. Карта гидрогеолого-литологического районирования низовья р. Атрек:
с 1 по 7 — гидрогеолого-литологические районы и подрайоны: 1 — 1; 2 — 2; 3 — 3 ; 4 — 3 ; 5 — 4 ; 6 — 4 ; 7 — 5; 8 — границы выделенных районов и подрайонов.

строении в разрезе наблюдаются большие прослойки и линзы пород, которые обусловливают изменение коэффициента фильтрации. В таких случаях в пределах основного района выделяются подрайоны с указанием типового литологического разреза и значений коэффициента фильтрации (рис. 2).

Первый литолого-гидрогеологический район в древней дельте распространен на площади 28 тыс. га примерно в 20 км северо-западнее пос. Кизыл-Атрек. В современной дельте этот район занимает всего 864 га и располагается в 15 км северо-восточнее пос. Гасан-Кули. Литологический разрез рассматриваемого района представлен тонкозернистыми песками с прослойками супеси, суглинка и глин. Коэф-

фициент фильтрации составляет 0,4—0,9 м/сутки при среднем значении 0,7 м/сутки.

Второй район распространен в виде пятен в районе аулов Аджи-Яб, Кара-Дегиш, Акяйла и севернее пос. Кизыл-Атрек. Общая площадь составляет 35 тыс. га. Литологический разрез до 3,0 м сложен переслаиванием песчано-глинистых

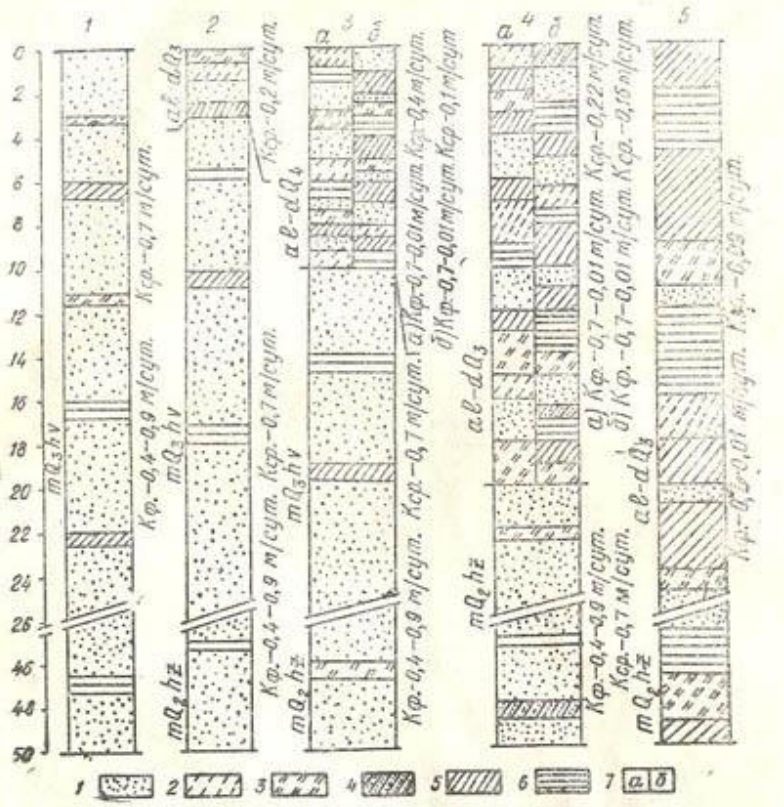


Рис. 2. Типовые литологические разрезы:
1 — песок; *2* — супесь легкая; *3* — супесь тяжелая; *4* — суглинок легкий; *5* — суглинок тяжелый; *6* — глина; *7* — номера выделенных на карте (рис. 1) гидрогеолого-литологических районов и подрайонов.

пород с коэффициентом фильтрации 0,7—0,01 м/сутки при среднем значении 0,2 м/сутки. Ниже 3 м начинаются пески с прослойками суглинка и глин.

Третий район распространен преимущественно в современной дельте и частично в древней. Общая площадь района составляет 175 тыс. га. В зависимости от литологического строения и величины коэффициента фильтрации данный район подразделен на два подрайона — 3а и 3б.

Подрайон 3а расположен узкой полосой в средней части современной и юго-западной части древней дельты на площади 61,3 тыс. га. Литологический разрез представлен (до 10 м) переслаиванием легких и средних грунтов с коэффициентом фильтрации 0,7—0,01 м/сутки при среднем значении 0,4 м/сутки; ниже 10 м — мелкозернистые пылеватые пески с прослойками суглинка и глины.

Подрайон 3б распространен в основном в пределах современной дельты (101,0 тыс. га) и в древней на площади 13 тыс. га, в 10—12 км северо-восточнее Кизыл-Атрека. Общая площадь подрайона 114 тыс. га. Литологический разрез до 10 м представлен тяжелыми разностями, ниже — начинается слой мелкозернистых песков с прослойками глин и суглинков. Коэффициент фильтрации верхней толщи колеблется от 0,7 до 0,01 м/сутки при среднем значении 0,1 м/сутки, а нижней—соответственно 0,4—0,9 м/сутки и 0,7 м/сутки.

Четвертый район расположен в центральной и восточной части древней дельты на площади 53 тыс. га. В зависимости от литологического строения и величины коэффициента фильтрации рассматриваемый район делится на два подрайона — 4а и 4б.

Подрайон 4а расположен в юго-восточной части древней дельты, вдоль реки Атрек, и занимает площадь 27 тыс. га. В разрезе в верхней 20-метровой толще преобладают легкие литологические разности при средней величине коэффициента фильтрации 0,22 м/сутки, ниже 20 м (до 50 м) распространены пески Хазарского яруса при средней величине коэффициента фильтрации 0,7 м/сутки.

Подрайон 4б расположен в северо-восточной части древней дельты на площади 26 тыс. га. В разрезе преобладают тяжелые литологические разности. От 0 до 20 м встречается метровый, иногда двух-, трехметровый слой глины, суглинка с переслаиванием легких разностей. Коэффициент фильтрации 20-метровой толщи составляет 0,1 м/сутки при среднем значении 0,16 м/сутки. Нижняя толща (20—50 м) сложена тонкозернистыми пылеватыми песками с отдельными прослойками суглинка и глин.

Пятый район, граничащий с подрайоном 4б, расположен в центральной части древней дельты на площади 5 тыс. га. В разрезе наблюдается переслаивание глины, суглинка и супеси как в подрайоне 4б. Коэффициент фильтрации пород изменяется в пределах 0,7—0,01 м/сутки при среднем значении 0,09 м/сутки.

Выводы

1. В мелиоративном отношении наиболее благоприятным для освоения является территория древней дельты р. Атрек.

2. В зависимости от литологического строения территория разделяется на пять литолого-гидрогеологических районов.

3. Районы 4а и 4б наиболее благоприятны для применения горизонтального дренажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология СССР, т. 38. Туркменская ССР. М., «Недра», 1972.

2. Мальцев Л. М. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия низовьев Атрека.—«Труды Ин-та геологии АН ТССР», т. 4. Ашхабад, Изд-во АН ТССР, 1962.

Б. ДЖОРАЕВ, Л. М. МАЛЬЦЕВ

РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД ДОЛИНЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ АМУДАРЬИ

Долина среднего течения Амударьи расположена в восточной части Туркменской ССР. Она вытянута по обе стороны реки неширокой (10—15 км) полосой от ст. Келиф на юге до теснины Тюя-Муюн на севере протяженностью около 600 км.

Большая часть площади долины сложена четвертичными аллювиальными отложениями, представленными очень мелкозернистыми серыми песками со слоями супесей, суглинков и глин. На юге рассматриваемой части долины в разрезе встречаются гравий и галька. Мощность аллювиальных отложений в южной части долины 150—180 м, а севернее Чарджоу — резко сокращается до 20—30 м.

Грунтовые воды на территории долины приурочены к неоген-четвертичным отложениям. Региональным водоупором грунтовых вод в пределах долины и на прилегающей к ней территории является довольно мощная толща глин эоцена. Грунтовые воды правобережья отличаются от левобережья по характеру распределения глубин залегания, химическому составу и условиям питания.

Основное направление движения потока грунтовых вод на правом берегу реки на участке Келиф—Ходжамбас с юго-востока на северо-запад, Ходжамбас—Бурдалык — с северо-запада на юго-восток, на Фарабе — с юго-востока на северо-запад, а на левобережье в основном преобладает направление с юго-востока на северо-запад с общим уклоном 0,0002—0,0004. Однако эти элементы потока не везде сохраняются. Местами они изменяются в связи с геологическим строением рельефа местности и ирригационно-хозяйственной деятельностью человека.

Грунтовые воды долины характеризуются малыми глубинами залегания—от 0,1 до 3,0 м. Глубины от 3 до 5 м и бо-

лее встречаются очень небольшими локальными участками в прибортовых частях долины. Глубины до 1.0 м распространены на территории, составляющей около 42% площади долины. На левобережье площадь малых глубин протягивается от г. Керки до пос. Дейнау неравномерной по ширине полосой, прерывающейся от пункта, расположенного в 10 км юго-западнее пос. Карабекаул, до поселка Саят. На правобережье глубины до 1,0 м распространены локальными участками в районе пос. Мукры, Керкичи, от Ходжамбаса до Беширa и северо-западнее пос. Фараб. Малые глубины грунтовых вод приурочены к площадям с наиболее высокими величинами коэффициента земельного использования — 0,5—0,6 и более.

Глубины залегания грунтовых вод 1—2 м распространены по территории, составляющей примерно 48% площади долины. Эта зона протягивается почти сплошной полосой по всей долине и приурочена к площадям с несколько меньшими величинами коэффициента земельного использования. Глубины залегания грунтовых вод 2—3 м встречаются на небольших локальных участках и полосах, приуроченных к прибортовым частям долины или повышенным участкам рельефа и составляющих в целом около 10% площади долины.

При минимуме стояния грунтовых вод (декабрь, январь) глубины до 1,0 м в долине почти исчезают, сокращаются площади с глубинами 1—2 м (43% площади долины). Господствующими становятся площади с глубинами 2—3 м (55%). В прибортовых частях долины появляются небольшие локальные участки с глубинами 3—5 м.

Минерализация грунтовых вод долины изменяется от 0,5 до 8—10 г/л. За ее пределами, в окаймляющих песках, минерализация грунтовых вод резко возрастает, достигая 40—50 г/л и более. На большей части территории долины залегают пресные (до 1 г/л) и слегка минерализованные (1—2 г/л) воды, протянувшись более или менее широкой полосой вдоль реки, ирригационных каналов и на орошаемых массивах, обладающих благоприятными условиями оттока грунтовых вод.

Слабоминерализованные грунтовые воды (2—3 г/л) распространены на всем протяжении долины отдельными участками с высоким коэффициентом земельного использования и менее благоприятными условиями оттока (Дейнау, Чарджоу, Фараб и др.).

Грунтовые воды с минерализацией 3—5 г/л и более распространены в основном в южной части правобережья, куда

поступает подземный сток повышенной минерализации со стороны окаймляющих долину предгорий Гиссара. Наиболее высокая минерализация грунтовых вод — 5—10 г/л — отмечается на солончаковых массивах, распространенных в долине отдельными пятнами. В общем наблюдается постепенное увеличение минерализации грунтовых вод в направлении от Амударьи к периферии долины.

На рассматриваемой территории режим грунтовых вод формируется под влиянием фильтрационных потерь из Амударьи, испарения грунтовых вод, орошения и действия коллекторно-дренажной сети. Атмосферные осадки, подземный приток и отток имеют в этом отношении весьма ограниченное значение.

Режим грунтовых вод в прибрежной зоне Амударьи изучается поперечниками наблюдательных скважин, заложенных нормально к реке. Всего в долине среднего течения оборудовано 13 наблюдательных поперечников, из них 9 — на левобережье и 4 — на правобережье.

Пойма Амударьи тянется вдоль обоих берегов реки нешироко (0,3—3,0 км) местами прерывающейся полосой. Сложена пойма преимущественно тонкозернистыми и очень мелкозернистыми песками. Фильтрационные свойства пород поймы достаточно хорошие (коэффициент фильтрации 15—20 м/сутки), что обусловливает довольно интенсивную фильтрацию реки, особенно в период высокого горизонта воды.

Подъем грунтовых вод начинается с февраля и продолжается до июля (рис. 1а), а далее наблюдается снижение. Наиболее низкое положение его отмечается в январе, наиболее высокое — в июле.

Совмещенные графики годового хода уровня грунтовых вод прибрежной полосы Амударьи и горизонта воды в реке позволяют установить полную синхронность их колебания в течение года на расстоянии до 1,0—1,5 км при несколько меньшей годовой амплитуде колебания грунтовых вод. За пределами этой границы влияние реки на грунтовые воды перекрывается воздействием питания ирригационными водами, заметно изменяющими сезонную динамику уровня грунтовых вод. Годовая амплитуда уровня грунтовых вод в зависимости от удаленности от реки и литологического состава пород изменяется от 0,4 до 2,0 м.

Многолетние колебания уровня грунтовых вод в прибрежной зоне Амударьи зависят от многолетнего режима реки: в многоводные годы грунтовые воды залегают выше, чем в маловодные, сохраняя описанные выше сезонные колебания (рис. 2а).

В течение 1961—1968 гг. глубина грунтовых вод прибреж-

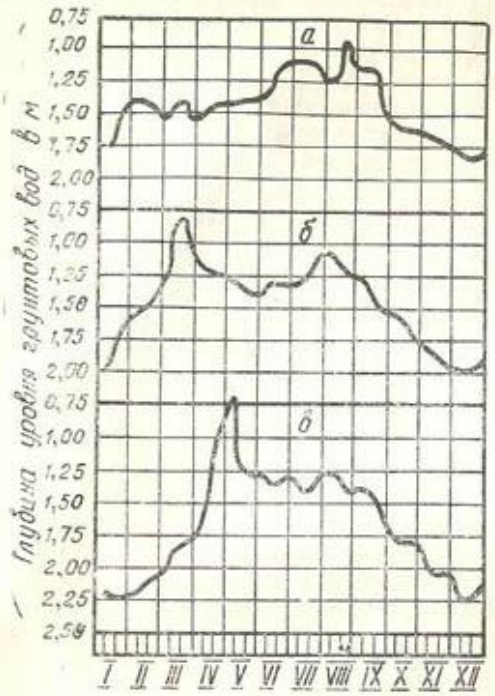


Рис. 1. График сезонных колебаний уровня грунтовых вод на территории долины среднего течения Амударьи:
а — в прибрежной зоне Амударьи; б — в зоне ирригационных каналов; в — в орошаемой зоне долины.

ной зоны была сравнительно стабильной, как и расходы реки (амплитуда колебания не превышала 10—20 см). Значительный подъем грунтовых вод — на 50—60 см наблюдался в 1969 г. в связи с большой водоносностью реки, достигшей 2900 м³/сек при средней величине 1780 м³/сек. В последующие два года грунтовые воды снизились и заняли положение, существовавшее до многоводного 1969 г.

Многолетний режим уровня грунтовых вод в прибрежной зоне Амударьи, по классификации В. А. Ковды [1], относится к подтипу цикличному, компенсированному транспирацией и подземным оттоком. Интенсивная транспирация обеспечивается буйной тугайной растительностью, покрывающей пойму, а сравнительно хороший отток — песчаным составом водоносной толщи (коэффициент фильтрации 15—20 м/сутки).

В мелиоративном отношении прибрежная зона характеризуется благоприятными условиями, но периодическое затопление во время паводков на многих участках делает ее непригодной для освоения под сельскохозяйственные культуры.

Грунтовые воды прибрежной зоны Амударьи характеризуются в основном низкой минерализацией — от 0,3 до 1 г/л. Участки с несколько повышенной минерализацией (1—2 и 2—4 г/л) встречаются значительно реже. По химическому составу грунтовые воды с минерализацией до 1 г/л — хло-

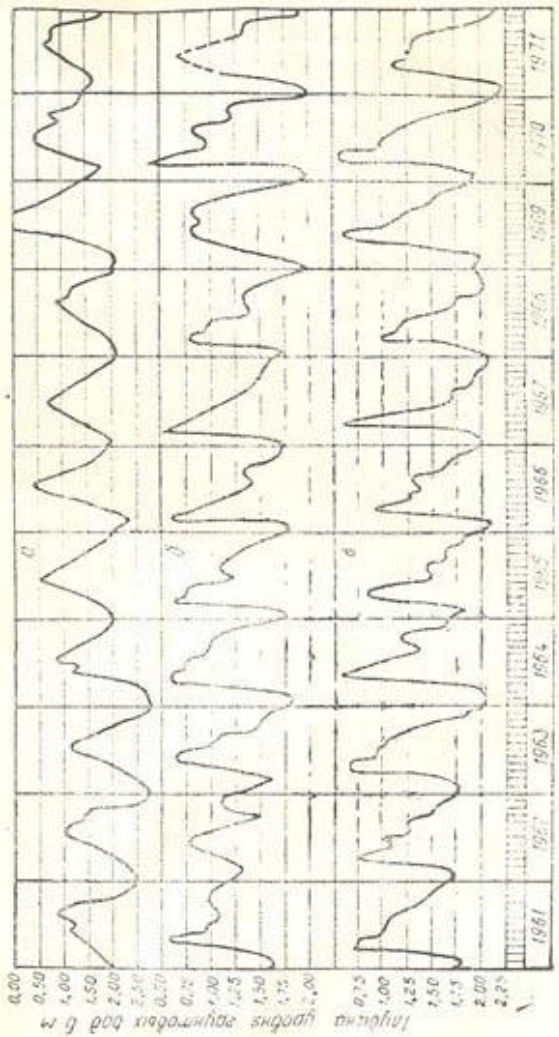


Рис. 2. График многолетних колебаний уровня грунтовых вод на территории долины среднего течения Амударьи:
а — в прибрежной зоне Амударьи; б — в зоне ирригационных каналов; в — в орошаемой зоне долины.

ридно-гидрокарбонатно-кальциево-натриевые[1], а при минерализации 2—3 г/л — хлоридно-сульфатно-кальциево-натриевые.

Для орошения земель долины среднего течения Амударьи в различных пунктах реки берут начало 15 магист-

[1] Химический состав определен по методу Посохова.

ральных каналов, образующих сравнительно густую ирригационную сеть. Режим грунтовых вод в зоне крупных ирригационных каналов изучался 12 короткими поперечниками. Формирование режима грунтовых вод вдоль ирригационных каналов наблюдается и на прилегающих к ним участках залежей и перелогов.

Годовой ход колебания уровня грунтовых вод в зависимости от местных условий характеризуется резким подъемом его в конце февраля—начале марта — 0,75—1,50 м, в результате чего в апреле отмечается наиболее высокое стояние грунтовых вод. Далее в течение 2—3 месяцев наблюдается понижение уровня на 0,25—0,50 м, сменяющееся новым подъемом в июле — августе. Снижение грунтовых вод отмечается с августа до конца года. Минимум стояния уровня приурочен к декабрю или январю следующего года.

Характер годового хода уровня грунтовых вод в зоне каналов определяется в основном их режимом работы. Образование весеннего пика связано с промывными и предпосевными поливами, а летнего — вегетационными поливами. В некоторых случаях летний пик грунтовых вод не образуется, при этом наблюдается замедление скорости спада уровня от весеннего максимума стояния до зимнего минимума.

Глубина грунтовых вод в зоне влияния каналов за рассматриваемый период (1961—1971), несмотря на увеличение расхода последних, остается сравнительно стабильной во времени, что связано с ростом дренажного стока (табл. 1).

Годовая амплитуда колебания уровня грунтовых вод в зоне влияния каналов постепенно уменьшается по мере удаления от них. Так, например, на расстоянии 20, 240 и 420 м от Бассага-Керкинского канала она соответственно составляет 1,0; 0,75 и 0,5 м при глубине залегания грунтовых вод 1,0 м вблизи канала и 2,0 м на расстоянии от него. Интенсивность последующего снижения уровня в три раза в зависимости от удаленности от канала составляет соответственно 17—33 и 6—11 см/месяц.

В зоне влияния магистральных и ирригационных каналов, несущих пресную амударьинскую воду, под влиянием почти круглогодичной фильтрации (9—10 месяцев в году) формируются обычно слабоминерализованные грунтовые воды. По мере удаления от каналов минерализация грунтовых вод постепенно увеличивается. Но такая последовательность смены минерализации грунтовых вод часто нарушается в связи с разнообразием характера массивов, прилегающих к каналам, — перелогов, залежей, орошаемых полей и т. п. На залежных участках вблизи каналов формируются более минерализованные воды по сравнению с орошаемыми масси-

Таблица 1

Динамика режимообразующих факторов долины среднего течения Амударьи

Факторы, формирующие режим грунтовых вод	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Орошаемая площадь, тыс. га	111	113	116	118	119	121	123	125	130	136	143
Водозабор на орошение, млн. м³	2309	2454	2412	2454	2654	2853	2899	3115	2646	3316	3449
Водоподача на орошение, млн. м³	1754	1817	1836	1870	2023	2120	2214	2363	2049	2558	3185
Протяженность коллекторно-дренажной сети, пог. км	694	876	1113	1461	1725	2211	2633	2998	3027	3184	3318
Дренажный сток, млн. м³	99	132	154	181	280	613	755	889	973	1122	1195
Вынос солей дренажными водами, тыс. т	900	1092	1343	1587	2411	2809	3398	3562	3535	4219	4449
Среднегодовые расходы Амударьи, м³/сек	1620	1595	1502	1840	1460	1970	1740	1750	2960	1700	1450
Годовая сумма атмосферных осадков, мм	102	127	136	147	93	92	167	101	230	140	93

Таблица 2

Минерализация грунтовых вод в зоне магистральных каналов

Канал	Номер скважины	Расстояние от канала, м	Минерализация, г/л
Каракумский	563	20	0,5
	562	220	0,9
	561	550	1,7
	559	1390	3,0
Бассага-Керкинский	609	20	0,4
	610	70	0,5
	611	240	0,5
	612	320	0,7

вами. На поперечнике к Каракумскому каналу близ пос. Кизыл-Аяк минерализация грунтовых вод по мере удаления от канала повышается от 0,5 до 3,0 г/л (табл. 2). На расстоянии 2240 м от канала минерализация грунтовых вод снижается до 1,1 г/л под влиянием близлежащего орошаемого поля.

По химическому составу грунтовые воды с минерализацией до 1 г/л гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевые, а при минерализации 2—4 г/л — гидрокарбонатно-хлоридно-магниево-натриевые. Химический состав грунтовых вод, несмотря на значительную пестроту по всей площади, в пределах отдельного участка остается более или менее постоянным во времени. За пределами зоны непосредственного влияния реки и ирригационных каналов основную роль в питании грунтовых вод играет орошение.

Водозабор на орошение 143 тыс. га земель составляет ежегодно 3449 млн. м³, или в среднем 22720 м³/га (брутто). Большая часть оросительных вод расходуется на русловую фильтрацию. Коэффициент полезного действия ирригационных каналов составляет 0,50—0,55.

Кривая сезонного колебания уровня грунтовых вод в орошаемых районах имеет синусоидальный характер с резким кратковременным весенним подъемом (до 1,0—1,5 м) и последующим продолжительным и неравномерным по интенсивности спадом уровня, продолжающимся до января — февраля следующего года. Характер спада уровня зависит от ирригационных особенностей массива (перелог, посевная площадь, состав культур, поливные и оросительные нормы и т. п.). Кроме того, в интенсивности спада уровня грунтовых вод существенную роль играет литологический состав: в тяжелых грунтах спад уровня в начальный период замедлен, а в легких — более интенсивен, что связано с различной скоростью подземного оттока.

В формировании сезонного режима грунтовых вод основную роль играют водоподача на орошение, транспирация, испарение и подземный отток.

Водоподача на орошение так же, как и расходы воды в ирригационных каналах, осуществляется в виде двух пик: сравнительно небольшой — в предпосевной период и мощной — во вторую половину вегетационного периода — в июле — августе. Малому пику предпосевной водоподачи соответствует большой весенний пик подъема грунтовых вод. Весенний пик грунтовых вод обычно сдвинут на более поздний срок — на 0,5—1,0 месяца по сравнению с пиком водоподачи на орошение.

Летом расходные факторы — транспирация и испарение почти полностью срабатывают весенний ирригационный бугор, лишь грузные поливы несколько замедляют снижение уровня грунтовых вод, а иногда образуют вторичное повышение на общем фоне снижающегося уровня.

В орошаемой зоне долины Амударьи за последние 4—5 лет в связи с ростом строительства коллекторно-дренажной сети увеличиваются площади распространения отрицательно-декомпенсированного подтипа режима грунтовых вод (рис. 2в), который в результате сработки коллекторно-дренажной сетью верхней части грунтового потока со временем преобразуется в компенсированный и устанавливается новое равновесие приходных и расходных статей баланса грунтовых вод. Формирование отрицательно-декомпенсированного подтипа режима грунтовых вод в орошаемых оазисах с высоким залеганием их создает условия для улучшения мелиоративного состояния земель.

Широкое распространение в орошаемой зоне долины Амударьи имеет также цикличный компенсированный подтип режима грунтовых вод. Он проявляется на массивах, не затронутых еще влиянием искусственного дренажа или недавно подключенных в сферу его влияния. Характерной особенностью данного подтипа режима является относительно стабильное по глубине положение уровня грунтовых вод на протяжении исследованного периода (1961—1971) при отчетливо выраженной цикличности сезонного подъема и спада уровня. Амплитуда колебания уровня не превышает 25—30 см.

В мелиоративном отношении цикличный компенсированный подтип режима в зависимости от характера массива проявляется неодинаково. На орошаемых массивах, где существует промывной режим орошения, а расходование грунтовых вод осуществляется в основном путем транспирации, мелиоративное состояние земель является благоприятным. На неорошаемых массивах — перелогах и залежах в связи с неглубоким залеганием грунтовых вод и расходованием их в основном на испарение наблюдается проявление процессов засоления почвы.

Положительно-декомпенсированный тип режима встречается в районах увеличения коэффициента земельного использования. В результате неглубокого залегания грунтовых вод (2—4 м) величина и продолжительность подъема уровня незначительная.

Через два-три года уровень грунтовых вод под влиянием суммарного испарения и действием коллекторно-дренажной сети приобретает установившийся характер.

В орошаемой зоне долины Амударьи преобладают грунтовые воды с плотным остатком 0,5—1.0 и 1—2 г/л, в перелогах и залежах — 2—6 г/л и в единичных случаях, в основном на солончаковых массивах, 6—20 г/л.

Химический состав с минерализацией до 2 г/л очень пестрый, но в основном превалируют воды смешанного состава по анионам и катионам. Воды с повышенной минерализацией (2—6 г/л) имеют обычно сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевый состав. Минерализованные воды (6—10 г/л) являются в основном хлоридно-натриевыми с содержанием сульфатиона. Минерализация и химический состав их в течение года являются сравнительно стабильными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв, ч. I. М., Изд-во АН СССР, 1946

М. Ч. ГАРАГУЛОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ ВОДЫ ИЗ МАДАУСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

При проектировании Мадауского водохранилища, которое будет построено в юго-западной части IV очереди Каракумского канала им. В. И. Ленина, возникла необходимость в прогнозировании фильтрационных потерь воды из этого водохранилища. Поставленная задача была решена на гидравлическом интеграторе В. С. Лукьянова.

По проекту водохранилище будет построено в два этапа: первая его очередь должна иметь площадь примерно 60 км², затем после пуска воды в первую очередь к этой площади будет присоединена территория с площадью примерно 25 км² (рис. 1).

Граница водохранилища была разделена на участки по значениям коэффициента фильтрации данной полосы (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты фильтрации зоны аэрации и водоносной толщи по участкам водохранилища

Наименование	Условные обозначения	Участки						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Длина участка	l, км	7	4	3,8	14	6,5	4	9
Коэффициент фильтрации зоны аэрации (верхний слой)	$k_в$, м/сутки	0,10	0,07	0,07	0,50	0,47	0,60	1
Коэффициент фильтрации (водоносной толщи (нижний слой)	$k_н$, м/сутки	0,10	0,20	0,40	0,50	0,40	0,60	1

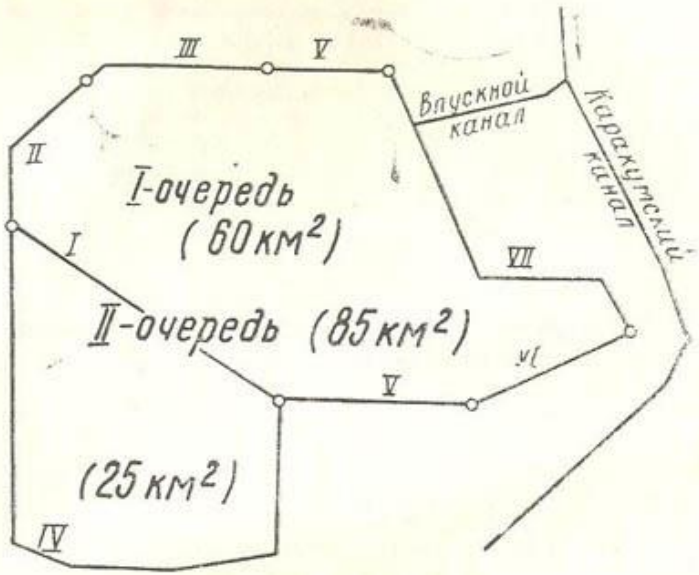


Рис. 1. План Мадауского водохранилища.

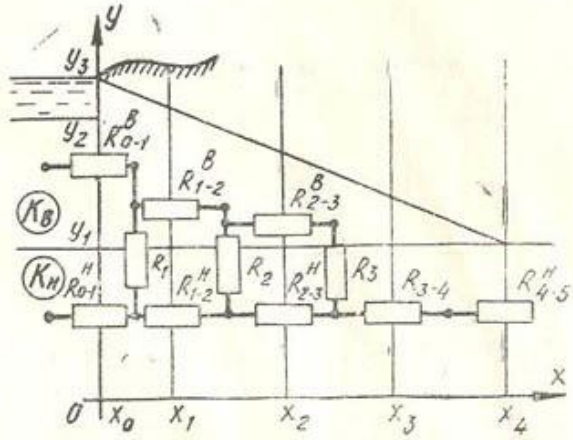


Рис. 2. Радиальный разрез границы водохранилища.

Как видно из табл. 1, рассматриваемые участки в основном состоят из двух слоев грунта, которые отличаются друг от друга по значениям коэффициента фильтрации, поэтому при решении была использована схема двухмерной задачи.

При решении задачи на гидравлическом интеграторе В. С. Лукьянова была применена следующая схема (рис. 2), на которой показан радиальный разрез границы водохранилища. Линия

$$\left\{\begin{array}{c} y=0 \\ -\infty \leqslant x \leqslant \infty \end{array}\right\} \qquad (1)$$

означает водоупор (здесь и в дальнейшем $+\infty$ и $-\infty$ надо понимать не в чисто математическом, а в физическом смысле, то есть это такое расстояние, которое в данном случае можно считать бесконечным);

$$\left\{\begin{array}{c} y=y_1 \\ -\infty \leqslant x \leqslant \infty \end{array}\right\} \qquad (2)$$

означает границу между верхним и нижним слоями грунта (или бытовой уровень грунтовых вод);

$$\left\{\begin{array}{c} y=y_2 \\ -\infty \leqslant x \leqslant 0 \end{array}\right\} \qquad (3)$$

означает дно водохранилища;

$$\left\{\begin{array}{c} y=y_3 \\ -\infty \leqslant x \leqslant 0 \end{array}\right\} \qquad (4)$$

означает уровень воды в водохранилище.

Пусть в момент времени t уровень грунтовых вод выражается соотношением:

$$y=f(x)=\begin{cases} y_3 - \dfrac{y_3 - y_1}{x_4} \cdot x & \text{при } 0 \leqslant x \leqslant x_4 \\ y_1 \quad \text{при } x_4 \leqslant x \leqslant \infty, \end{cases} \qquad (5)$$

где x — расстояние от начала координат до рассматриваемой точки по оси абсцисс;

y — расстояние от начала координат до рассматриваемой точки по оси ординат.

Прилежащая территория к водохранилищу была разделена на области вертикальными плоскостями, параллельными границе водохранилища. Расстояния от границы водохранилища до этих разрезов обозначены через x_1, x_2, x_3..., ширина этих областей принята равной 1 м.

В рассматриваемой схеме сопротивления, оказываемые грунтом на движение воды из одной области в другую, вычисляются по формулам:

$$R^b_{i\,(i+1)} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{k_b \left[f\left(\frac{x_{i-1}+x_i}{2}\right) + f\left(\frac{x_i+x_{i+1}}{2}\right) - 2y_1 \right]}$$

$$R^H_{i\,(i+1)} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2k_H \cdot y_1}; \quad i=(1, 2, 3...) \qquad (6)$$

$$R_i = \frac{y_1 \cdot k_b + \left[f\left(\frac{x_{i-1}+x_i}{2}\right) - y_1 \right] \cdot k_H}{2k_b \cdot k_H \cdot (x_i - x_{i-1})},$$

где $x_0=0$ — начало координат;

x_i ($i=1, 2, 3,...$) — граница областей;

k_b — коэффициент фильтрации верхнего слоя;

k_H — коэффициент фильтрации нижнего слоя;

$R^b_{i-(i+1)}$ — сопротивление, оказываемое грунтом движению воды от i-й области к $(i+1)$-й по верхнему слою;

$R^H_{i-(i+1)}$ — сопротивление, оказываемое грунтом движению воды от i-й области к $(i+1)$-й по нижнему слою;

R_i — сопротивление, оказываемое грунтом движению воды от нижнего слоя к верхнему (или от верхнего слоя к нижнему) в i-й области.

При решении задачи протекаемый на интеграторе процесс часто приостанавливался для пересчета сопротивлений по указанным формулам.

Водовмещаемость полученных областей была выражена через сосуды емкостей на интеграторе.

Первая очередь (от 0 до 5 лет). В этом случае были взяты такие исходные данные: $y_1=25$ м, $y_2=44$ м, $y_3=47$ м; границы между областями: $x_1=100$ м, $x_i=200\cdot(i-1)$ м, ($i=2, 3, 4...$) — для I и VI участков и $x_1=100$ м, $x_i=200\cdot(i-1)$ м, ($i=2, 3, 4...$) $x_i=400\cdot(i-3)$ м, ($i=5, 6, 7...$) — для II, III, V и VII участков.

В результате решения задачи получены величины фильтрационных потерь воды на 1 км длины каждого участка (рис. 3) и общих потерь воды на фильтрацию из всего водохранилища.

Объем воды на насыщение территории первой очереди водохранилища вычислен по формуле:

$$W_1 = S_1 \cdot (y_2 - y_1) \cdot \mu; \qquad (7)$$

где W_1 — объем воды;

S_1 — площадь территории первой очереди водохранилища;

μ — недостаток насыщения, равный 0,28.

Объем воды на насыщение территории водохранилища, млн. м³	Продолжительность периода, годы	Потери воды на фильтрацию из водохранилища, млн. м³
	Первая очередь	
	0,5	335,44
	1	345,28
	2	356,52
319,20	3	364,25
	4	373,59
	5	381,40
	Вторая очередь	
	5	381,40
	7	534,79
	10	563,00
	12	580,51
	15	599,98
	17	613,55
127,00	20	632,14
	25	660,53
	30	682,96
	35	701,95
	40	725,49
	45	746,14
	50	764,38

После обработки полученных результатов определена скорость изменения объема фильтрационных потерь на 1 км длины каждого участка и по всему водохранилищу (табл. 2).

Вторая очередь (от 5 до 50 лет). В этом случае были взяты такие исходные данные: $y_1=25$ м, $y_2=44$ м, $y_3=50$ м, границы между областями: $x_1=100$ м, $x_i=200\cdot(i-1)$ м, ($i=2, 3, 4...$) — для IV и VI участков и $x_1=100$ м, $x_i=200\cdot(i-1)$ м, ($i=2, 3, 4...$), $x_i=400\cdot(i-3)$ м, ($i=5, 6, 7...$) — для II, III, V и

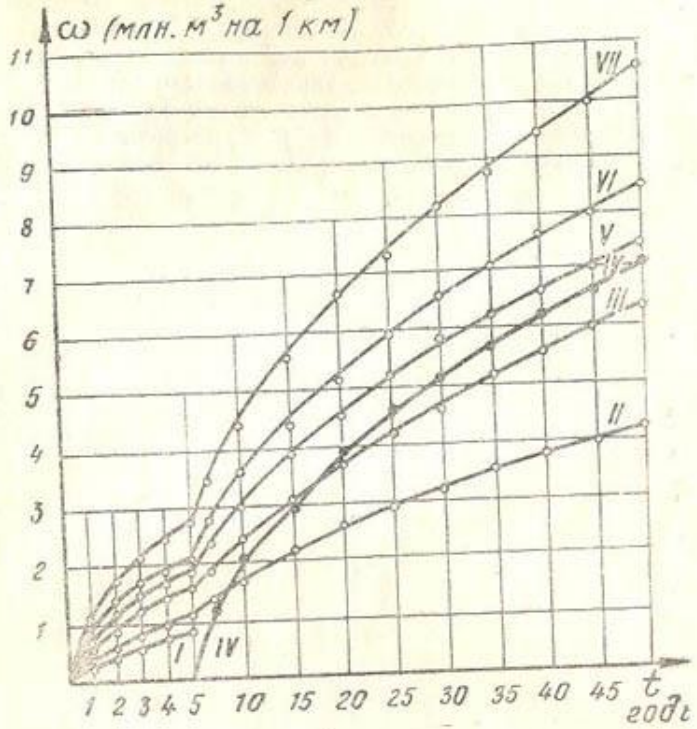


Рис. 3. Потери воды на фильтрацию по участкам Мадауского водохранилища на 1 км длины каждого участка.

VII участков. За начальный уровень грунтовых вод взят тот уровень, который был достигнут через пять лет после пуска воды в водохранилище. В результате решения задачи получены величины фильтрационных потерь воды на 1 км длины каждого участка (см. рис. 3) и общие потери воды на фильтрацию из всего водохранилища.

Объем воды на насыщение присоединенной территории водохранилища вычислен по формуле:

$$W_{II} = (S_{II} - S_I) \cdot (y_2 - y_1) \cdot \mu, \qquad (8)$$

где S_{II} — площадь территории второй очереди водохранилища. От полученной величины вычтен затем расход 6 млн. м³ воды, профильтровавшейся на 1-м участке в течение пяти лет.

Таблица 2

Динамика фильтрационных потерь

Продолжительность периода, годы	Скорость изменения объема фильтрационных потерь воды, л/сек на 1 км участка							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	по всему водохранилищу, л/сек
Первая очередь								
0,5	10,40	13,50	19,30		24,60	28,10	39,40	827,12
1	8,03	10,50	14,50		18,70	21,10	27,90	609,56
2	6,06	6,83	9,08		10,60	12,90	14,80	350,70
3	4,41	5,14	7,47		8,27	10,20	12,20	283,23
4	3,94	5,01	6,25		6,83	8,84	10,80	246,23
5	3,05	3,86	5,75		6,02	7,60	9,65	215,70
Вторая очередь								
6		4,42	6,75	19,20	7,56	12,40	12,10	521,20
8		3,86	5,38	9,47	6,91	7,62	9,23	327,02
10		3,54	5,06	7,89	6,75	6,27	8,05	286,11
15		2,49	4,18	5,86	4,98	4,82	6,59	217,11
20		2,33	3,54	4,82	4,10	4,42	5,62	185,17
25		2,09	3,13	4,20	3,58	4,26	4,90	163,68
30		1,80	2,90	3,53	3,29	3,94	4,65	146,86
40		1,61	2,57	3,30	2,73	3,13	4,10	130,09
49		1,45	2,25	2,90	2,57	2,65	3,94	117,43

К. С. ЮМАТОВ

ОБ АВТОРЕГУЛИРОВАНИИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В эксплуатирующихся межхозяйственных закрытых оросительных системах Туркменской ССР вода транспортируется на расстояния десятков километров по трубам диаметром до 1020 мм при напоре 1÷18 атм. Для подачи воды в закрытые оросительные системы построено 12 насосных станций с забором воды из Каракумского канала. Станции содержат от 3 до 14 насосных агрегатов производительностью 250÷1450 л/сек. При этом суммарная установленная мощность насосных станций превышает 40 Мвт.

В проектных материалах развития орошения в зонах четвертой и последующих очередей Каракумского канала предусмотрено строительство большого количества крупных насосных станций с мощными современными насосными агрегатами для питания закрытых оросительных систем и машинных каналов [1].

Перспективность строительства закрытых оросительных систем доказана многочисленными технико-экономическими расчетами. Поэтому значительная часть воды, подаваемая в западные районы республики по Каракумскому каналу, будет распределяться в хозяйства с транспортированием в трубопроводах.

Улучшения технико-экономических показателей межхозяйственных закрытых оросительных систем можно достичь применением на них средств автоматики. Автоматизация подобных объектов (нефтепроводы, водопроводы) приводит к оптимизации основных показателей этих систем по критерию энергопотребления, то есть удельной трате электроэнергии на каждый т/км перекаченной продукции, увеличению моторесурса оборудования и коэффициента его использования, по сокращению дежурного обслуживающего персонала. Несмотря на это межхозяйственные закрытые оросительные системы нашей республики, являясь наиболее подготовленными к автоматизации и телемеханизации объектами среди всех других сооружений для орошаемого земледелия, не содержат таких средств, если не считать частичную автоматизацию отдельно взятых агрегатов насосных станций.

Как объект для автоматизации межхозяйственная закрытая оросительная система представляет собой комплекс технических средств, выполняющих общую задачу обеспечения водой орошаемых полей. Решение вопросов автоматизации межхозяйственных закрытых оросительных систем надо строить на оптимальной технологии их работы, которая может значительно отличаться от существующей. Технологическая схема работы межхозяйственной закрытой оросительной системы представлена на рис. 1.

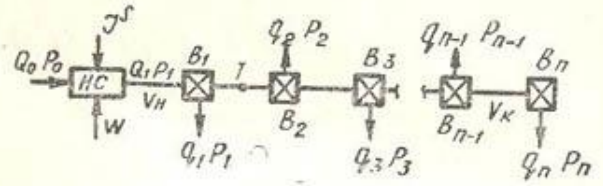


Рис. 1. Технологическая схема работы межхозяйственной закрытой оросительной системы:
Q_0 — общий расход воды, потребляемой насосной станцией; H — горизонт воды в водозаборном канале; HC — насосная станция; W — общая мощность, потребляемая насосной станцией; I^J — интегральное или суммарное управляющее воздействие на насосную станцию; P_1 — давление воды на выходе из насосной станции; Q_1 — производительность насосной станции, м³/сек; $B_1, B_2, \ldots, B_n$ — водовыпускные сооружения из межхозяйственной закрытой оросительной системы в хозяйство; $q_1, q_2, \ldots, q_n$ — соответственно расходы через водовыпуски; $p_1, p_2, \ldots, p_n$ — давления в напорном трубопроводе на уровне расположения водовыпускных сооружений; T — напорный трубопровод; V_H — средняя скорость воды в начале трубопровода; V_k — средняя скорость воды в конце трубопровода.

При такой схеме водораспределения в межхозяйственной закрытой оросительной системе параметры потока в напорном трубопроводе должны поддерживаться по скорости в пределах:

$$V_k^H < V < V_k^b,$$

где V — средняя скорость воды в напорном трубопроводе;

V_k^H — критическая скорость, ниже которой происходит отложение наносов в трубопроводе;

V_k^b — критическая скорость, при превышении которой работа трубопровода становится невыгодной из-за возрастания удельной траты энергии на перекачку жидкости, она обычно принимается равной 3,5 м/сек;

по давлению в пределах, обеспечивающих скорости воды в трубопроводе, равными V.

Упрощенные функциональные зависимости технологических параметров межхозяйственной закрытой оросительной системы имеют вид :

$$Q_1 = Q_0 - Q_c,$$

где Q_c — расход воды на собственные нужды и утечки на насосной станции;

$$Q_1 = q_1 + q_2 + \ldots + q_n,$$

$$Q_0 = f(n;\ H;\ m;\ R;\ W;\ K),$$

где n — число оборотов вала насоса;

m — число включенных агрегатов;

R — гидравлическое сопротивление напорного трубопровода и задвижки или обратного клапана на выходе насосной станции;

K — конструктивная характеристика насосов;

$$V = Q \cdot S^{-1};$$

где Q — расход в любом сечении трубопровода;

S — площадь сечения трубопровода.

Расходы $q_1, q_2, \ldots, q_n$ и давления $p_1, p_2, \ldots, p_n$ в водовыпускных устройствах межхозяйственных закрытых оросительных систем являются взаимозависимыми величинами, а сами расходы $q_1, q_2, \ldots, q_n$ в общем виде определяются зависимостями:

$$q_1 = f_1(\Pi_1;\ B_1;\ B_{n_1};\ K_1;\ M_1;\ T_1);$$

$$q_2 = f_2(\Pi_2\ B_1;\ B_{n_2};\ K_2;\ M_2;\ T_2);$$

. . . . . .

$$n \cdot q_n = f_n\ (\Pi_n;\ B_n;\ B_{n_n};\ K_n;\ M_n;\ T_n),$$

где $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n$ — площади, подключенные к водовыпускным устройствам;

$B_{n_1}, B_2, \ldots, B_n$ — виды культур, выращиваемых в хозяйствах;

$B_{n_1}, B_{n_2}, \ldots, B_{n_n}$ — виды поливов;

$K_1, K_2, \ldots, K_n$ — климатические характеристики земель в хозяйствах;

$M_1, M_2, \ldots, M_n$ — почвенно-мелиоративные характеристики земель в хозяйствах;

$T_1, T_2, \ldots, T_n$ — временные параметры поливов в хозяйствах.

Сложность зависимостей $q_1, q_2, \ldots, q_n$ и управляющих воздействий $I_{упр}$, необходимых для поддержания оптимальных расходов на водовыпускных устройствах межхозяйственных закрытых оросительных систем, известна [3]. Управляющее воздействие на насосную станцию для регулирования водораспределения в простейшем случае может быть представлено суммарной зависимостью:

$$I^S = \sum_1^n I_{упр_n},$$

где $I_{упр_1}, I_{упр_2}, \ldots I_{упр_n}$ — управляющие воздействия по каждому водовыпускному устройству.

Решение этой задачи затруднительно даже с применением ЭВМ, так как число вариаций расчетов весьма велико. Одним из способов рационального решения вопроса регулирования водораспределения в межхозяйственных закрытых оросительных системах можно считать применение на водовыпускных сооружениях диапазонных авторегуляторов расхода без подвижных элементов [2], работающих последовательно с авторегуляторами расходов, имеющими в своей конструкции элементы изменения уставок. Тогда становится возможным плавное изменение уставок постоянных расходов воды, подаваемых из водовыпускных сооружений межхозяйственных закрытых оросительных систем. Одновременно с этим ограничивается диапазон перерегулирования расходов (напоров) во всем напорном транспортирующем трубопроводе, что облегчает расчет величин управляющих воздействий во всей системе.

На насосных станциях межхозяйственной закрытой оросительной системы авторегулирование Q_1 можно производить изменением числа оборотов вала насосов с помощью индукторных муфт скольжения, числа и состава включенных насосных агрегатов и поворотом лопастей—в случае применения осевых насосов. Такое применение средств авторегулирования

водораспределения позволит улучшить основные технико-экономические показатели межхозяйственных закрытых оросительных систем.

Таким образом, на межхозяйственных закрытых оросительных системах, характеризующихся большими расходами и большим количеством водовыпускных устройств, первостепенное значение имеет авторегулирование расходов на водовыпускных сооружениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение объемов автоматизации и телемеханизации объектов Каракумского канала. (Научно-технический отчет). Ашхабад, Туркменниигим, 1971.
2. Хамадов И. Б., Мусаджанова Р. Ю. Устройство для регулирования давления жидкости в трубопроводе. Авторское свидетельство № 215669, класс F06l.
3. Юматов К. С. Некоторые вопросы авторегулирования расходов воды в межхозяйственных закрытых оросительных системах. — В кн.: Вопросы водного хозяйства в Туркменистане. Ашхабад, «Ылым», 1973.

А. Т. БЕЛОУС, А. А. НОВОХАТСКИЙ,
Л. Я. РОГАЧЕВСКИЙ, А. А. ФЕОКТИСТОВ

К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ЧАСТОТНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Ирригационные системы большой протяженности предъявляют специфические требования к датчикам уровня воды и датчикам положения затворов. Это хорошо иллюстрируется на примере Каракумского канала, где изменение горизонтов в голове колеблется в пределах $0 \div 4$ м, в то время как в районе Ашхабада эти изменения не превышают 1 м. Датчик на малые пределы измерения имеет малые габариты и более простое конструктивное исполнение. Поэтому для ирригационных систем большой протяженности целесообразно применение датчиков уровня, имеющих разные пределы измерения и способных обеспечить определенный участок канала, обслуживаемый одной системой телемеханики.

В настоящее время для измерения уровня воды применяются в основном поплавковые [1], акустические [2] датчики и новый способ измерения уровня жидкости, использующий отражение электрического импульса от места закорачивания линии задержки жидкостью [8].

Перечисленные способы измерения уровня воды в открытых водоемах требуют применения демпфирующих колодцев, что в условиях интенсивной деформации русла канала, проходящего в песчаных грунтах, усложняет и удорожает эксплуатацию оборудования. Датчик уровня с жидкостным демпфером не требует применения демпферующих колодцев. Он может устанавливаться в местах обрушения берегов на перемещаемых панелях-постаментах [3].

Точность измерения уровня воды существенно зависит от способа преобразования измеряемой неэлектрической величины в электрическую. Погрешность измерения, удовлетворяющая условиям эксплуатации ирригационных систем, не должна превышать 1 см при любых изменениях уровня воды. Это и определяет требования к вышеуказанным преобразователям.

С помощью датчиков, использующих отражение акустического или электрического импульсов от измеряемого уровня жидкости, можно производить измерения уровня с высокой точностью. При этом для компенсации температурной зависимости скорости распространения акустической волны в воздухе потребуется дополнительное усложнение датчика. Практически датчик может быть осуществлен по блок-схеме, приведенной на рис. 1. Акустические излучатели 1 и 2 запускаются одним и тем же импульсом и работают на два акустических волновода, один из которых имеет эталонную длину, а длина второго определяется измеряемым уровнем жидкости. Отраженные импульсы, осуществляющие перезапуск акустических излучателей, одновременно поступают на счетчики 3 и 4. Импульсы, отраженные от измеряемого уровня, определяют масштаб времени работы счетчика эталонной длины волновода. Если этот масштаб, определяемый количеством импульсов, выражается единицей с нулями, например, 100 импульсов и т. д., то счетчик, производящий отсчет отраженных импульсов волновода эталонной длины, сосчитает количество импульсов, пропорциональное величине измеряемого уровня в десятичном эквиваленте. При этом исключается температурная погрешность, а точность отсчета будет зависеть от выбранного масштаба времени. В зависимости от типа применяемого датчика считываемый код может быть представлен в двоичном или двоично-десятичном виде.

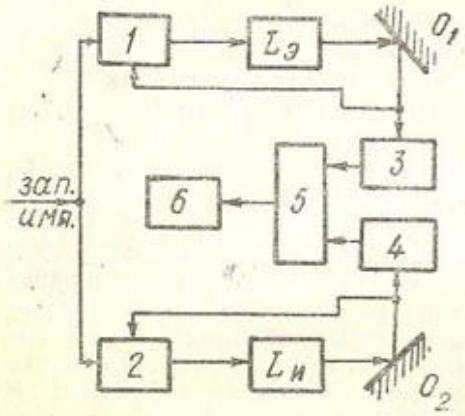


Рис. 1. Блок-схема акустического измерителя уровня жидкостей.

Датчик, использующий отражение электрического импульса от закороченного жидкостью конца линии задержки, для получения того же результата должен содержать стабильный генератор импульсов для определения масштаба времени, однако такой датчик имеет весьма сложную конструкцию линии задержки. К сожалению, датчики, использующие отражение

акустического импульса от поверхности измеряемого уровня, отражение электрического импульса от закороченного жидкостью конца линии задержки, по их конструктивным особенностям мало пригодны для измерения положения затворов гидросооружений. Использование единой системы телемеханики требует применения одинаковых датчиков.

Применение датчиков с жидкостным демпфером предполагает практически безмоментное преобразование измеряемого уровня в электрическую величину. Это требование в значительной мере может быть удовлетворено применением бесконтактных кодовых преобразователей с круговой кодовой шкалой.

Для устранения неопределенности при считывании кода в таких преобразователях часто используются одноперемянные коды (например, код Грея) [7]. Преобразователи, использующие такие коды, имеют кодовую шкалу с числом дорожек, равным числу разрядов кода, что при многоразрядном коде затрудняет их юстировку. Значительное упрощение дает применение кодовых монодромных преобразователей [6], использующих однодорожечные одноперемянные коды. В литературе [11] они известны под названием кольцевых кодирующих устройств. Описанный преобразователь [6] имеет контактное исполнение, что значительно снижает его эксплуатационные характеристики в условиях повышенной влажности и запыленности. Бесконтактное исполнение преобразователя «уголкод» с расширенными пределами измерения лучше удовлетворяет условиям эксплуатации на Каракумском канале. Конструктивное исполнение преобразователя в значительной степени определяется выбранным типом кода. Применение кольцевых кодирующих устройств позволяет упростить конструкцию преобразователя и избежать грубых ошибок при считывании кода, присущих другим типам кода.

Способ построения кольцевых кодирующих устройств подробно рассмотрен в работе [11]. Из литературных источников известно несколько способов построения кольцевых кодирующих устройств, однако общим для всех способов является наличие однодорожечной кодовой шкалы и считывающего кольца, на которых расположены слова длиной p, состоящие из двоичного алфавита. Эти кольцевые кодирующие устройства различаются лишь способом расположения символов I на считывающем кольце (расположением считывающих элементов). Так, устройство, выполненное в соответствии с кодовыми кольцами, предложенными в работе [10], имеет считывающее кольцо, в котором n символов I расположено в смежных разрядах (n— число разрядов кода). В работах [9], [5] предложен способ синтеза кольцевых кодирующих устройств при

$p=10$ и произвольном расположении символов I считывающего кольца, дальнейшим развитием которого является способ синтеза кольцевых кодирующих устройств для любого значения длины слова p и произвольного слова считывающего кольца. И, наконец, в работе [12] предложен способ построения кольцевых кодирующих устройств для случая равномерного расположения символов I считывающего кольца через $\frac{360^\circ}{n}$ градусов, где n—вес слова считывающего кольца. При этом, очевидно, должно соблюдаться условие $\frac{p}{n}=M$, где M—целое число.

Наибольшее практическое значение имеют кольцевые кодирующие устройства, описанные в работах [10] и [12], что обусловливается лучшей технологичностью изготовления считывающего кольца и относительной простотой составления кодового слова однодорожечной кодовой шкалы.

Как уже упоминалось, во избежание грубой ошибки при считывании кодовой комбинации считывающим кольцом однодорожечная кодовая шкала должна содержать кодовое слово длиной p, дающее при считывании одноперемонный код. В работе [12] предложена методика формирования слова однодорожечной кодовой шкалы. Реализация кода сводится к построению $M\times n$-матрицы, в которой M-классов надо выбрать таким образом, чтобы вес комбинаций любых смежных классов (включая последний и первый) отличался на единицу, и исходные комбинации классов так, чтобы смежные комбинации отличались лишь в одном разряде. Упомянутые классы определяются расстоянием между соседними символами I в кодовой последовательности.

Построим $M\times n$-матрицу для $p=100$ и $n=10$.

1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 0 1 0 0 0 0 0 0
1 1 0 1 0 0 1 0 0 0
1 1 0 0 0 0 1 0 0 0
1 0 0 0 0 0 1 0 0 0
1 0 0 0 0 1 1 0 0 0
1 0 0 1 0 1 1 0 0 0
1 0 0 1 0 0 1 0 0 0
1 0 0 1 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Рассмотрим также матрицу, приведенную в цитируемой работе:

1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 0 1 0 0 0 0 0

1 1 1 0 1 0 1 0 0 0
1 1 1 0 1 1 1 0 0 0
0 1 1 0 1 1 1 0 0 0
0 1 0 0 1 1 1 0 0 0
0 1 0 0 0 1 1 0 0 0
0 1 0 0 0 0 1 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0

Обе матрицы при циклической перестановке столбцов позволяют получить сто десятиразрядных кодовых последовательностей одноперемонного кода. Отличие между матрицами состоит в том, что количество столбцов, в которых происходит изменение символов, в первой матрице равно четырем, а во второй — пяти. Назовем эти столбцы значащей частью матрицы. Столбцы с неизменными символами создают необходимые условия для осуществления циклической перестановки.

Выпишем из обеих матриц их значащую часть:

1 0 0 0	1 0 0 0 0
1 1 0 0	1 1 0 0 0
1 1 0 1	1 1 1 0 0
1 0 0 1	1 1 1 0 1
0 0 0 1	1 1 1 1 1
0 0 1 1	0 1 1 1 1
0 1 1 1	0 0 1 1 1
0 1 0 1	0 0 0 1 1
0 1 0 0	0 0 0 0 1
0 0 0 0	0 0 0 0 0

Значащую часть матрицы с меньшим числом цифр, чем четыре, сделать нельзя, так как для записи десятки двоичными символами требуется именно это число символов. Сравнение значащих частей матриц показывает путь практической реализации матрицы с выбранными определенным образом ее свойствами: значащая часть матрицы записывается одноперемонным кодом, и эти столбцы расставляются между столбцами нулей и единиц так, чтобы осуществлялась циклическая перестановка столбцов в матрице и соблюдалась одноперемонность кода при циклической перестановке столбцов.

Для лучшего понимания сущности предлагаемого метода рассмотрим несколько простых примеров составления $M\times n$-матрицы, позволяющей получить код с определенными свойствами. Пусть требуется получить одноперемонный однодорожечный десятиразрядный код на сто уровней квантования с весом строк $4\leqslant g\leqslant 6$. Дополнительное требование — код должен быть дешифрован при минимальных аппаратурных затратах. На основании заданных требований может быть составлена значащая часть матрицы: с точки зрения минимальных аппаратурных затрат она должна содержать минимальное число символов, то есть четыре.

Второе требование может быть выполнено лишь при условии, что значащая часть матрицы будет иметь заданный вес. Обозначим буквами столбцы значащей части матрицы и запишем ее:

```
А Б В Г
1 1 0 1
1 1 0 0
1 1 1 0
0 1 1 0
0 1 1 1
0 1 0 1
0 0 0 1
1 0 0 1
1 0 0 0
1 0 1 0
```

В значащей части матрицы одноперемепные значения кода выбраны таким образом, чтобы отсутствовали комбинации 0000 и 1111, что и позволяет получить код с заданным весом. Кроме того, первая и последняя строки подобраны так, чтобы при циклической перестановке столбцов соблюдалась одноперемепность кода. Для получения кода с заданным весом $4 < g < 6$ требуется расположить значащую часть матрицы между шестью столбцами нулей и единиц, причем число нулей и единиц должно быть равным трем. Для наглядности составим циклическую матрицу, в которой произвольным образом между шестью столбцами нулей и единиц расположим значащую часть матрицы.

```
1 А 1 Б 0 0 В 1 Г 0
А 1 Б 0 0 В 1 Г 0 1
1 Б 0 0 В 1 Г 0 1 А
Б 0 0 В 1 Г 0 1 А 1
0 0 В 1 Г 0 1 А 1 Б
0 В 1 Г 0 1 А 1 Б 0
В 1 Г 0 1 А 1 Б 0 0
1 Г 0 1 А 1 Б 0 0 В
Г 0 1 А 1 Б 0 0 В 1
0 1 А 1 Б 0 0 В 1 Г
```

Здесь каждая строка включает в себя десять столбцов, из которых под цифрами 1 и 0 подразумеваются столбцы единиц и нулей, а под буквами А, Б, В, Г — столбцы значащей части матрицы. Это значит, что каждая строка циклической матрицы дает матрицу $M \times n$, а вся циклическая матрица — полную совокупность кодовых последовательностей.

По первой строке циклической матрицы запишем $M \times n$-матрицу:

```
1 1 1 1 0 0 0 1 1 0
1 1 1 1 0 0 0 1 0 0
1 1 1 1 0 0 1 1 0 0
```



```
1 0 1 1 0 0 1 1 0 0
1 0 1 1 0 0 1 1 1 0
1 0 1 1 0 0 0 1 1 0
1 0 1 0 0 0 0 1 1 0
1 1 1 0 0 0 0 1 1 0
1 1 1 0 0 0 0 1 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 0 0
```

Перестановка столбцов этой матрицы в соответствии с циклической матрицей позволяет получить полную кодовую последовательность на сто уровней квантования. При добавлении одного разряда этот код позволяет производить простую проверку на четность для обнаружения одиночной ошибки. Добавление двух символов позволяет обнаружить ошибку любой кратности, кроме парной, т. е. такой, когда одновременно происходит изменение противоположных символов. Дополнительным преимуществом данного кода является то, что его дешифрация может быть осуществлена в два этапа: по четырем столбцам нулей и единиц дешифруются десятки, а единицы десятков дешифруются по значащей части матрицы. Это значительно упрощает аппаратуру дешифратора.

Приведем пример циклического одноперемепного кода однодорожечной шкалы, в котором значащая часть матрицы составляет пять столбцов для $p=100$, $n=10$ и дополнительных условий:

а) минимальная длина пачек обоих символов равна пяти символам;

б) вес кодовых последовательностей равен пяти или шести.

Составим значащую часть матрицы, вес смежных строк в которой отличается на единицу:

```
А Б В Г Д
0 0 0 1 1
1 0 0 1 1
1 0 0 1 0
1 1 0 1 0
1 1 0 0 0
1 1 1 0 0
0 1 1 0 0
0 1 1 0 1
0 0 1 0 1
0 0 1 1 1
```

Для выполнения условия «а» число символов пачек внутри столбцов значащей части матрицы не должно быть меньше пяти. Условие «б» будет выполнено, если значащую часть матрицы с весом строк два и три разместить между двумя столбцами нулей и тремя столбцами единиц. С учетом требования «а» и соблюдения одноперемепности кода при циклической перестановке столбцов первую строку циклической матрицы можно записать:

1 0 А Б 0 В 1 Г 1 Д

Подставляя значения столбцов А, Б, В, Г, Д значащей части матрицы, получим матрицу $M \times n$:

1 0 0 0 0 0 1 1 1 1
1 0 1 0 0 0 1 1 1 1
1 0 1 0 0 0 1 1 1 0
1 0 1 1 0 0 1 1 1 0
1 0 1 1 0 0 1 0 1 0
1 0 1 1 0 1 1 0 1 0
1 0 0 1 0 1 1 0 1 0
1 0 0 1 0 1 1 0 1 1
1 0 0 0 0 1 1 0 1 1
1 0 0 0 0 1 1 1 1 1

Циклическая перестановка столбцов слева направо позволяет получить требуемый код. Путем добавления одного разряда этот код позволяет обнаружить ошибку любой кратности (кроме парной) простой проверкой на четность.

Выше приведены примеры составления однопеременных кодов однодорожечной шкалы на сто уровней квантования. Составление кодов такой сложности иногда удается осуществить эвристическим методом, чего практически нельзя сделать при составлении кода на значительное число уровней квантования, так как без принятия определенных мер происходит замыкание кодовых последовательностей внутри такого многоуровневого кода. Поэтому представляется целесообразным дать общий метод (алгоритм) составления таких кодов.

1. Общий метод составления циклических однопеременных кодов однодорожечной шкалы

Введем следующие обозначения: l — число символов значащей части матрицы; m — число символов постоянной части матрицы. При этих обозначениях длина кодовой комбинации, определяющей один уровень квантования, $n=l+m$.

Назовем матрицей переходов матрицу, составленную из каждой строки циклической матрицы при записи ее начального и конечного значений. Например, начальное значение первой строки обозначается $А_1^1\ Б_1^1\ В_1^1 \ldots Ф_1^1\ Х_1^1\ Ц_1^1\ Ч_1^1$, а ее конечное значение $А_1^M\ Б_1^M\ В_1^M \ldots Ф_1^1\ Х_1^1\ Ц_1^1\ Ч_1^1$, где А, Б, В ... — значащая часть матрицы, Ф, Х, Ц, Ч — постоянная ее часть.

Запишем поэтапно операции, необходимые для составления однопеременного циклического кода однодорожечной шкалы.

1. По заданному значению p определяем разрядность кода: $n=\log_2 p$, n — целое положительное число.

2. Находим размер переходов М (число строк в одном переходе):

$$M=\frac{p}{n},\ M \text{ — целое число.}$$

Если М получается дробным, подбираем n (или p) таким образом, чтобы оно было целым и соблюдалось условие $n>\log_2 p$.

3. Определяем минимально необходимое число символов значащей части матрицы:

$l>\log_2 M$, l — целое, положительное.

4. Число символов постоянной части матрицы m равно $n-l$.

5. По циклической матрице записываем матрицу переходов, на основании которой составляем $2n$ уравнений типа $А_1^1=б$, $В_1^1=б$, $А_1^M=б$, $Б_1^M=б$, ..., $Ф=б$, $Х=б$, $Ц=б$, $Ч=б$, ... (где $б$ принимает значение 0 или 1) для определения каждого из n-символов начального и конечного слов $M \times n$-матрицы, а также начального и конечного слов l-разрядных комбинаций, удовлетворяющих условиям циклической перестановки.

6. По матрице переходов выявляем l-разрядные кодовые комбинации, которые при добавлении m-разрядов постоянной ее части и циклической перестановке дают одинаковые слова.

7. Исключаем из l-разрядных комбинаций значащей части матрицы, непригодные для данного кода S комбинаций, и проверяем, достаточно ли оставшихся комбинаций для образования кода:

$$2^l - S > M.$$

8. При невыполнении этого условия изменяем величины l и m. Если и при этом условие $2^l - S > M$ не выполняется, увеличиваем значение n.

9. Из оставшихся $2^l - S$ l-разрядных комбинаций составляем однопеременный код с числом строк, равным M.

10. Размещая l-символы значащей части матрицы между m-символами постоянной ее части, записываем $M \times n$-матрицу в соответствии с любой строкой циклической матрицы.

Проиллюстрируем метод составления циклических одноперемен-

ременных кодов однодорожечной шкалы на конкретном примере. Пусть требуется составить код на 500 уровней квантования с минимальными значениями n и l.

1. Определяем разрядность кода:

$$n > \log_2 p;\ n > \log_2 500;\ n > 8{,}99.$$

Принимаем $n=10$.

2. Определяем размер переходов:

$$M = \frac{p}{n};\ M = 50.$$

3. Определяем минимально необходимое число символов l значащей части матрицы:

$$l > \log_2 M;\ l > \log_2 50;\ l > 5{,}63.$$

Принимаем $l=6$.

4. Число символов постоянной части матрицы:

$$m = n - l;\ m = 10 - 6;\ m = 4.$$

5. По циклической матрице, записанной произвольно,

А	Б	В	Г	Д	Е	Ф	Х	Ц	Ч
Б	В	Г	Д	Е	Ф	Х	Ц	Ч	А
В	Г	Д	Е	Ф	Х	Ц	Ч	А	Б
Г	Д	Е	Ф	Х	Ц	Ч	А	Б	В
Д	Е	Ф	Х	Ц	Ч	А	Б	В	Г
Е	Ф	Х	Ц	Ч	А	Б	В	Г	Д
Ф	Х	Ц	Ч	А	Б	В	Г	Д	Е
Х	Ц	Ч	А	Б	В	Г	Д	Е	Ф
Ц	Ч	А	Б	В	Г	Д	Е	Ф	Х
Ч	А	Б	В	Г	Д	Е	Ф	Х	Ц

составляем матрицу переходов:

Переходы

10 — —

A_1^1 $Б_1^1$ $В_1^1$ $Г_1^1$ $Д_1^1$ $Е_1^1$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$

A_1^{50} $Б_1^{50}$ $В_1^{50}$ $Г_1^{50}$ $Д_1^{50}$ $Е_1^{50}$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$

1 — —

$Б_2^1$ $В_2^1$ $Г_2^1$ $Д_2^1$ $Е_2^1$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_2^1

$Б_2^{50}$ $В_2^{50}$ $Г_2^{50}$ $Д_2^{50}$ $Е_2^{50}$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_2^{50}

Переходы

2 — —

$В_3^1$ $Г_3^1$ $Д_3^1$ $Е_3^1$ $Ф_1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1Ч^1$ A_3^1 $Б_3^1$

$В_3^{50}$ $Г_3^{50}$ $Д_3^{50}$ $Е_3^{50}$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_3^{50} $Б_3^{50}$

3 — —

$Г_4^1$ $Д_4^1$ $Е_4^1$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_4^1 $Б_4^1$ $В_4^1$

$Г_4^{50}$ $Д_4^{50}$ $Е_4^{50}$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_4^{50} $Б_4^{50}$ $В_4^{50}$

4 — —

$Д_5^1$ $Е_5^1$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_5^1 $Б_5^1$ $В_5^1$ $Г_5^1$

$Д_5^{50}$ $Е_5^{50}$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_5^{50} $Б_5^{50}$ $В_5^{50}$ $Г_5^{50}$

5 — —

$Е_6^1$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_6^1 $Б_6^1$ $В_6^1$ $Г_6^1$ $Д_6^1$

$Е_6^{50}$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_6^{50} $Б_6^{50}$ $В_6^{50}$ $Г_6^{50}$ $Д_6^5$

6 — —

$Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_7^1 $Б_7^1$ $В_7^1$ $Г_7^1$ $Д_7^1$ $Е_7^1$

$Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_7^{50} $Б_7^{50}$ $В_7^{50}$ $Г_7^{50}$ $Д_7^{50}$ $Е_7^{50}$

7 — —

$Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_8^1 $Б_8^1$ $В_8^1$ $Г_8^1$ $Д_8^1$ $Е_8^1$ $Ф_1^1$

$Х_1^1$ $Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_8^{50} $Б_8^{50}$ $В_8^{50}$ $Г_8^{50}$ $Д_8^{50}$ $Е_8^{50}$ $Ф_1^1$

8 — —

$Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_9^1 $Б_9^1$ $В_9^1$ $Г_9^1$ $Д_9^1$ $Е_9^1$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$

$Ц_1^1$ $Ч_1^1$ A_9^{50} $В_9^{50}$ $Б_9^{50}$ $Г_9^{50}$ $Д_9^{50}$ $Е_9^{50}$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$

9 — —

$Ч_1^1$ A_{10}^1 $Б_{10}^1$ $В_{10}^1$ $Г_{10}^1$ $Д_{10}^1$ $Е_{10}^1$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$

$Ч_1^1$ A_{10}^{50} $Б_{10}^{50}$ $В_{10}^{50}$ $Г_{10}^{50}$ $Д_{10}^{50}$ $Е_{10}^{50}$ $Ф_1^1$ $Х_1^1$ $Ц_1^1$

10 — —

По этой матрице определяем начальное и конечное слова $M \times n$-матрицы, а также начальное и конечное слова l-разрядных комбинаций, удовлетворяющие условиям циклической перестановки, для чего определим значение параметра $б$ в уравнениях (п. 5). Правило их определения вытекает из условия получения одноперемененного кода при переходах (внутри переходов одноперемененность кода обеспечивается одно-

переменностью значащей части матрицы). Выберем три любых соседних перехода, например, 1—2—3, 2—3—4 и т. д. и будем рассматривать:

а) из первого перехода слово М,
б) из второго перехода Г и М,
в) из третьего перехода слово 1.

Слово М первого перехода и слово 1 второго перехода отличаются друг от друга одним двоичным символом в месте перехода. Запишем эти слова и выберем произвольно место перехода:

$$А_1^М\ Б_1^М\ В_1^М\ Г_1^М\ Д_1^М\ Е_1^М\ Ф\ Х\ Ц\ Ч$$
$$Б_2^1\ В_2^1\ Г_2^1\ Д_2^1\ Е_2^1\ Ф\ Х\ Ц\ Ч\ А_2^1$$

Пусть, например, в первом слове Х=0, тогда для образования одноперемепного кода при переходе во втором слове Ц=1. Здесь и будет осуществляться одноперемепность кода при переходе. Уравнения (п. 5) примут вид:

$$А_1^М = Б_2^1 = \sigma \qquad Е_1^М = Ф = \sigma$$
$$Б_1^М = В_2^1 = \sigma \qquad Ф = Х = \sigma$$
$$В_1^М = Г_2^1 = \sigma \qquad Х = 0;\ Ц = 1$$
$$Г_1^М = Д_2^1 = \sigma \qquad Ч = А_2^1 = \sigma$$
$$Д_1^М = Е_2^1 = \sigma \qquad Ц = Ч = \sigma$$

Из записанных равенств имеем:

$$Е_1^М = Ф = Х = 0, \qquad А_2^1 = Ч = Ц = 1.$$

Так как остальные уравнения являются независимыми, то значениями А, Б, В, Г, Д задаемся произвольно.

Пусть

$$А_1^М = Б_2^1 = 0,$$
$$Б_1^М = В_2^1 = 1,$$
$$В_1^М = Г_2^1 = 0,$$
$$Г_1^М = Д_2^1 = 0,$$
$$Д_1^М = Е_2^1 = 1$$

Тогда на основании матрицы переходов имеем: слово М первого перехода

0 1 0 0 1 0 0 0 1 1;

слово 1 второго перехода

0 1 0 0 1 0 0 1 1 1.

Но так как для переходов $А_1^1 = А_2^1 = А_3^1 \ldots$, $В_1^1 = В_2^1 = В_3^1 \ldots$, то первая строка каждого перехода определяется по такой же строке любого перехода. Следовательно, первая строка первого перехода запишется:

1 0 1 0 0 1 0 0 1 1.

Для получения М×n-матрицы между первой и М-й строкой одного перехода записывается значащая часть матрицы одноперемепным кодом, состоящим из l-символов. Эти слова определяются начальным и конечным словами одного перехода. Пользуясь полученными словами для первого перехода, запишем начальное и конечное слова l-разрядных комбинаций:

1 0 1 0 0 1;
0 1 0 0 1 0.

6. По матрице переходов выявляем l-разрядные кодовые комбинации значащей части матрицы, которые при добавлении m-разрядов постоянной ее части и циклической перестановке дают одинаковые слова. Процедура определения этих слов вытекает из построения циклической матрицы. Так, например, рассматривая одноименные строки этой матрицы во всех переходах, можно заметить, что постоянная часть матрицы Ф, Х, Ц, Ч в одинаковом порядке находится в разных положениях в строке. Это и приводит при определенных кодовых комбинациях значащей части матрицы к возникновению одинаковых кодовых слов в разных переходах. Для выявления этих слов можно воспользоваться следующим несложным правилом.

Выписываем попарно одноименные строки из разных переходов: (1—2), (1—3), ..., (2—3), (2—4), ..., (3—4), (3—5), ..., и т. д.

(1— 2)

$А^1_1$ $Б^1_1$ $В^1_1$ $Г^1_1$ $Д^1_1$ $Е^1_1$ Ф Х Ц Ч

$Б^1_2$ $В^1_2$ $Г^1_2$ $Д^1_2$ $Е^1_2$ Ф Х Ц Ч $А^1_2$

(1— 3)

$А^1_1$ $Б^1_1$ $В^1_1$ $Г^1_1$ $Д^1_1$ $Е^1_1$ Ф Х Ц Ч

$В^1_3$ $Г^1_3$ $Д^1_3$ $Е^1_3$ Ф Х Ц Ч $А^1_3$ $Б^1_3$

— — — — — — — — — —

— — — — — — — — — —

(1—10)

$А^1_1$ $Б^1_1$ $В^1_1$ $Г^1_1$ $Д^1_1$ $Е^1_1$ Ф Х Ц Ч

Ч $А^1_{10}$ $Б^1_{10}$ $В^1_{10}$ $Г^1_{10}$ $Д^1_{10}$ $Е^1_{10}$ Ф Х Ц

(2— 3)

$Б^1_2$ $В^1_2$ $Г^1_2$ $Д^1_2$ $Е^1_2$ Ф Х Ц Ч $А^1_2$

$В^1_3$ $Г^1_3$ $Д^1_3$ $Е^1_3$ Ф Х Ц Ч $А^1_3$ $Б^1_3$

— — — — — — — — — —

— — — — — — — — — —

(2—10)

$Б^1_2$ $В^1_2$ $Г^1_2$ $Д^1_2$ $Е^1_2$ Ф Х Ц Ч $А^1_2$

Ч $А^1_{10}$ $Б^1_{10}$ $В^1_{10}$ $Г^1_{10}$ $Д^1_{10}$ $Е^1_{10}$ Ф Х Ц

. . . . . .

. . . . . .

и т. д.

Для определения непригодных l-слов подставим значения постоянной части матрицы Ф, Х, Ц, Ч, которые были определены выше:

А Б В Г Д Е 0 0 1 1

Б В Г Д Е 0 0 1 1 А

Так как символы Х для первого перехода и Ц для второго перехода не изменяются на протяжении всего перехода, то в этих переходах одинаковых слов не будет.

Можно видеть, что для рассматриваемой матрицы аналогичная картина будет наблюдаться в переходах (1—3), (1—4), (1—8), (1—9), (1—10).

Рассмотрим поэтому переходы (1—5), (1—6), (1—7).

(1—5)

$А^1_1$ $Б^1_1$ $В^1_1$ $Г^1_1$ $Д^1_1$ $Е^1_1$ 0 0 1 1

$Д^1_5$ $Е^1_5$ 0 0 1 1 $А^1_5$ $Б^1_5$ $В^1_5$ $Г^1_5$

Из сопоставления этих строк видим, что при $В=0$, $Г=0$, $Д^1_1=1$, $Е^1_1=1$, $А^1_5=0$, $Б^1_5=0$, $В^1_5=1$, $Г^1_5=1$ и $А^1_1=Д^1_5$, $Б^1_1=Е^1_5$ могут получиться одинаковые слова. Запишем эти слова и определим l-слова значащих комбинаций:

(1—5)

0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 — 0 0 0 0 1 1

0 0 0 0 1 1 0 0 1 1

0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 — 0 1 0 0 1 1

0 1 0 0 1 1 0 0 1 1

(1—5)

1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 — 1 1 0 0 1 1

1 1 0 0 1 1 0 0 1 1

1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 — 1 0 0 0 1 1

1 0 0 0 1 1 0 0 1 1

Аналогично для (1—6):

$А^1_1$ $Б^1_1$ $В^1_1$ $Г^1_1$ $Д^1_1$ $Е^1_1$ 0 0 1 1

$Е^1_6$ 0 0 1 1 $А^1_6$ $Б^1_6$ $В^1_6$ $Г^1_6$ $Д^1_6$

При $Б^1_1=0$, $В^1_1=0$, $Г^1_1=1$, $Д^1_1=1$, $Б^1_6=0$, $В^1_6=0$, $Г^1_6=1$, $Д^1_6=1$, $А^1_1=Е^1_6$ $Е^1_1=А^1_1$ могут получиться одинаковые слова.

Как и ранее, запишем эти слова и определим l-слова значащих комбинаций:

(1—6)

0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 — 0 0 0 1 1 0

0 0 0 1 1 0 0 0 1 1

1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 — 1 0 0 1 1 0

1 0 0 1 1 0 0 0 1 1

1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 — 1 0 0 1 1 1

1 0 0 1 1 1 0 0 1 1

0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 — 0 0 0 1 1 1

0 0 0 1 1 1 0 0 1 1

Для перехода (1—7) получаем:

$А^1_1$ $Б^1_1$ $В^1_1$ $Г^1_1$ $Д^1_1$ $Е^1_1$ 0 0 1 1

0 0 1 1 $А^1_7$ $Б^1_7$ $В^1_7$ $Г^1_7$ $Д^1_7$ $Е^1_7$

При $А^1_1=0$, $Б^1_1=0$, $В^1_1=1$, $Г^1_1=1$, $В^1_7=0$, $Г^1_7=0$, $Д^1_7=1$, $Е^1_7=1$, $Д^1_1=А^1_7$ $Б^1_7=Е^1_1$ могут получиться одинаковые слова.

Выпишем их:

0 0 1 1 0 0 0 0 1 1	0 0 1 1 0 0
0 0 1 1 0 0 0 0 1 1	
0 0 1 1 1 0 0 0 1 1	0 0 1 1 1 0
0 0 1 1 1 0 0 0 1 1	
1—7)	
0 0 1 1 1 1 0 0 1 1	0 0 1 1 1 1
0 0 1 1 1 1 0 0 1 1	
0 0 1 1 0 1 0 0 1 1	0 0 1 1 0 1
0 0 1 1 0 1 0 0 1 1	

Выпишем отдельно непригодные l-разрядные комбинации:

0 0 0 0 1 1	0 0 0 1 1 0	0 0 1 1 0 0
0 1 0 0 1 1	1 0 0 1 1 0	0 0 1 1 1 0
1 1 0 0 1 1	1 0 0 1 1 1	0 0 1 1 1 1
1 0 0 0 1 1	0 0 0 1 1 1	0 0 1 1 0 1

Эти комбинации должны быть исключены из числа 64, образуемых шестиразрядным двоичным кодом. Если оставшиеся 52 комбинации позволят образовать 6-разрядный однопеременный код на 50 уровней квантования, в котором начальное и конечное слова определены ранее, поставленная задача будет решена.

Для рассматриваемого нами случая начальное слово 101001, а конечное — 010010. Матрица M×n приведена ниже:

1. 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1	10. 0 1 0 1 1 1 0 0 1 1
2. 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1	11. 1 1 0 1 1 1 0 0 1 1
3. 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1	12. 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1
4. 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1	13. 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1
5. 1 1 1 0 1 1 0 0 1 1	14. 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1
6. 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1	15. 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1
7. 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1	16. 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1
8. 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1	17. 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1
9. 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1	18. 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1
19. 1 0 0 1 0 1 0 0 1 1	35. 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1
20. 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1	36. 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1
21. 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1	37. 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1
22. 1 0 0 0 0 1 0 0 1 1	38. 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1
23. 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1	39. 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1
24. 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1	40. 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
25. 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1	41. 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1
26. 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1	42. 1 0 0 0 1 0 0 0 1 1
27. 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1	43. 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1
28. 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1	44. 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1
29. 0 1 0 1 1 0 0 0 1 1	45. 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1
30. 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1	46. 1 1 1 0 1 0 0 0 1 1
31. 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1	47. 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1
32. 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1	48. 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1
33. 1 0 1 1 0 0 0 0 1 1	49. 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1
34. 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1	50. 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1

II. Аппаратура, разработанная на основе применения однопеременных циклических кодов однодорожечной шкалы

Полученные на основе разработанного алгоритма построения однопеременных циклических кодов однодорожечной шкалы кодовые последовательности на различное число уровней квантования измеряемой величины (уровня воды) позволили на их базе разработать целый ряд узлов аппаратуры для преобразования измеряемого параметра в цифровую форму кодирования, передачи, декодирования и дешифрации цифровой информации, а также индикацию ее в десятичной системе счисления.

Преобразователь «угол-код» и телеметрический преобразователь. Оба эти устройства органически соединены как одно целое, что обусловлено необходимостью синхронизации для считывания, кодирования и усиления информации, передаваемой с контролируемого пункта (КП) на диспетчерский пункт (ДП). Конструктивно преобразователь «угол-код» выполнен как кольцевое кодирующее устройство, кодовая шкала которого содержит однодорожечный однопеременный циклический код такой же, как приводившийся ранее в этой статье. В качестве чувствительных элементов использованы фоторезисторы, и, следовательно, устройством считывания является оптрон. Размеры кодовой шкалы выбраны таким образом, чтобы погрешность считывания не превышала ±0,5 см. Вращение кодовой шкалы осуществляется поплавковым датчиком, размещаемым в специальном демпферующем колодце. В связи с тем, что такой преобразователь практически не обладает моментом трения, он пригоден и для работы с жидкостным демпфером, который одновременно в данном случае выполняет функцию привода вращения. При необходимости создания температурной защиты для аппаратуы телеметрического преобразователя преобразователь «угол-код» может быть с помощью кабеля вынесен на расстояние до 20 м. Вся аппаратура телеметрического преобразователя смонтирована на трех плитах размером 157×111 мм.

В другой конструкции преобразователя «угол-код» используется специальное устройство считывания кода. Это устройство представляет собой магнито-механический триггер и позволяет считывать только экстремальные значения двоичных символов [4]. Чувствительным элементом в этом преобразователе может служить как фоторезистор, так и геркон.

Приемное устройство бинарного кода и дешифратор. Бинарные частотные импульсы с линии телемеханики поступают на вход усилителя-ограничителя УО (см. блок-схему, рис. 2),

на выходе которого включены два фильтра, настроенные на соответствующие сигналам частоты. Выходы фильтров Ф-1, Ф-2 подключены к детекторам огибающей ДО-1, ДО-2. Видео-

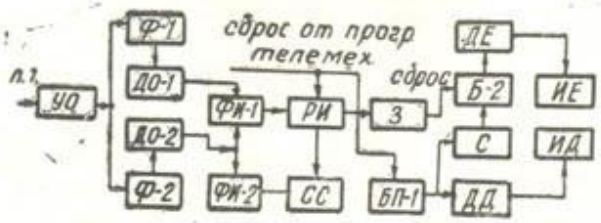


Рис. 2. Блок-схема приемного устройства телемеханики и дешифратора.

импульсы с этих детекторов поступают на вход формирования импульсов ФИ-1, а выходные сигналы фильтра Ф-1, означающие символ-единица, поступают также на формирователь импульсов ФИ-2. Импульсы с формирователя импульсов Ф-1 поступают на распределитель импульсов РИ, откуда подаются на вход схемы сравнения СС. На вход этой же схемы поступают импульсы от ФИ-2. При совпадении этих импульсов символ-единица запоминается в блоке памяти БП-1.

Последним импульсом принятой кодовой последовательности осуществляется сброс блока памяти БП-2. Этот импульс снимается с распределителя импульсов РИ, подается на устройство задержки З и далее идет на сброс БП-2. Так как в преобразователе «угол-код» применен код, позволяющий производить раздельно дешифрацию десятков и единиц, то в дешифраторе эта операция также осуществляется раздельно. Поэтому сигналы с БП-1 поступают на дешифратор десятков ДД, с которого непосредственно поступают на цифровой десятичный индикатор десятков ИД. Сигналы с БП-1 одновременно поступают на сдвигатель, куда также поступают сигналы с ДД. Со сдвигателя С сигналы поступают в блок памяти БП-2 после сигнала сброса, поступающего с З. Сигналы с БП-2 поступают на дешифратор единиц ДЕ, с которого непосредственно поступают на цифровой десятичный индикатор единиц ИЕ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агейкин Д. И., Костина Е. Н., Кузнецова Н. Н. Датчики контроля и регулирования. М., «Машиностроение», 1965.

2. Акустический частотно-импульсный телеизмеритель уровня воды. Фрунзе, КиргНИИВХ, 1970.

3. Белоус А. Т. Датчик уровня. Акцептованная заявка № 1678323.

4. Белоус А. Т. [и др.]. Бесконтактное устройство считывания двоичного кода. Заявка № 1773163.

5. Дегтярев О. Н. Об одной группе кодовых колец для двоично-десятичных цифраторов перемещения.— «Автометрия», 1968, № 4.

6. Кодовый монодромный преобразователь угловых перемещений. Фрунзе, КиргНИИВХ, 1970.

7. Кондалев А. И. Преобразователи формы информации. Киев, «Наукова думка», 1965.

8. Линдстрем [и др.]. Новые приборы для измерения уровня жидкости.— «Приборы для научных исследований», 1970, № 7.

9. Олейников А. Р., Ордынцев В. М., Синяговская В. В. Синтез контактных двоичных кодов.— «Автоматика и телемеханика», 1967, № 4.

10. Радченко А. Н. Кодовые кольца как способ представления кодовых множеств.— «Автоматика и телемеханика», 1959, № 7.

11. Шарин Ю. С. Способ построения кольцевых кодирующих устройств.— «Автометрия», 1970, № 4.

12. Шарин Ю. С. О конструкции шкал преобразователей угла поворота в код.— «Приборостроение», 1969, № 5.

А. Т. БЕЛОУС

КОДОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Учет воды на оросительных системах является важнейшим мероприятием при их эксплуатации, позволяющим управлять водозабором и водораспределением, обеспечивать плановую подачу воды потребителям и своевременно заполнять водохранилища. Важное значение приобретает учет воды на оросительных системах большой протяженности, где время добегания ее от источника орошения до потребителей составляет несколько десятков суток.

Устройство учета воды на оросительных системах включает две самостоятельные части: водомерные гидротехнические сооружения и измерительные приборы, в качестве которых используются измерители скорости потока и уровнемеры. В трубопроводных системах учет воды осуществляется измерителями скорости потока, в то время как на открытых оросительных системах используются оба типа приборов. Дополнительные трудности при учете воды в открытых оросительных системах с земляными руслами возникают в связи с деформацией их в процессе эксплуатации системы. При этом для учета воды требуется измерение сечения русла и средней скорости потока.

Существенное значение имеет время, затрачиваемое на измерение, особенно при осуществлении диспетчерского управления с помощью устройства телемеханики или при измерении большого числа технологических параметров в АСУТП. В этой связи особое значение приобретают экспрессные методы учета воды, осуществляемые по измерению единственного параметра.

Водомерные гидротехнические сооружения позволяют вести учет воды по измерению одного параметра — уровня или перепада давлений [1]. Поэтому массовыми экспрессными приборами для учета воды являются уровнемеры, позволяющие

измерять уровни воды с точностью ±1 см и преобразовывать значения измеряемых уровней в электрический сигнал для передачи его по линиям связи телемеханики. В связи с тем, что изменение уровней воды на разных оросительных системах в процессе их эксплуатации неодинаково, обоснованный выбор пределов измерения для датчиков уровня позволит упростить водоучет. Многолетними исследованиями, проводимыми ТуркменНИИГиМом на Головном сооружении Каракумского канала, установлено, что

а) максимальный диапазон измерений горизонтов верхнего бьефа:

$$\Delta H_{в.б}=H_{макс}-H_{мин}=4\ м;$$

б) максимальный диапазон измерений горизонтов верхнего бьефа:

$$\Delta H_{н.б}=h_{макс}-h_{мин}=2\ м;$$

в) максимальный диапазон величины поднятия затворов ГТС:

$$\Delta a=a_{макс}-a_{мин}=3\ м.$$

На каждом участке канала, обслуживаемом районным диспетчерским пунктом, уклон в среднем составляет 6—8 м. Этими характеристиками и определяются пределы измерения датчиков телеизмерения уровней воды. Так, например, при измерении только абсолютных изменений уровня диспетчеру необходимо знать отметки мест установки датчиков. При этом полученная величина при измерениях должна суммироваться со значением отметок мест установки датчиков, либо с условным нулем отсчета, выбранным для системы в целом. Это в значительной мере усложняет аппаратуру диспетчерского пункта, которая должна содержать запоминающее устройство с большим объемом памяти. Применение датчиков с пределами измерений, охватывающими диапазон изменения измеряемых значений уровня с учетом уклона на данном участке канала, обслуживаемом районным диспетчерским пунктом, позволило бы хранить в запоминающем устройстве лишь принятые начала отсчета для каждого района. Второй очевидный путь состоит в выборе единого начала отсчета для всей системы в целом. Такой путь предполагает применение датчиков, охватывающих диапазон измерений с учетом уклона на всем протяжении канала. При этом целесообразно использовать датчики с различными началами отсчета и диапазонами измерений, например, 0—4 м, 3—7 м, 6—9 м и т. д. При

этом за счет увеличения разрядности кода увеличится время на передачу измеряемого параметра.

На примере Каракумского канала рассмотрим применение нескольких вариантов датчиков на разные пределы измерения.

Случай 1. Для канала, как системы в целом, используется единое начало отсчета. В этом случае для измерения уровня с погрешностью, не превышающей ±1 см, потребуется 14-разрядный код двоичного алфавита. Датчики будут иметь различные начала отсчета и диапазоны измерений, например, 0—4 м, 3—7 м, 75—77 м и т. д.

Случай 2. Для каждого района эксплуатации, обслуживаемого системой телемеханики, принимается свое начало отсчета. Пусть на данном участке канала разность горизонтов составляет 8 м, а пределы изменения уровня воды — 0—3 м. Эти условия приведены на рис. 1а, из которого видно, что диапазон измерений по данному участку канала с учетом уклона составляет 11 м. Для обеспечения измерений заданного

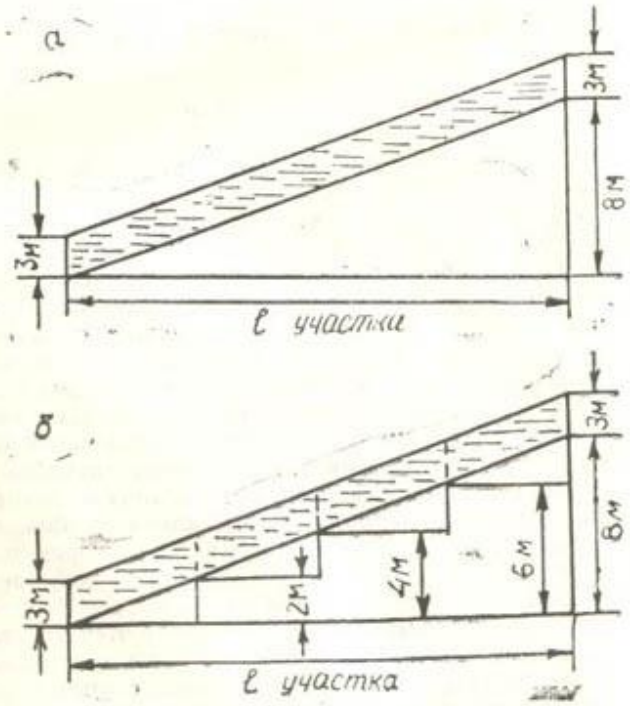


Рис. 1. Схематическое изображение:
а—участок канала; б — деление участка канала на части.

диапазона с погрешностью, не превышающей ±1 см, требуется 11-разрядный двоичный код. При этом на центральном диспетчерском пункте требуется иметь отметки начала диапазона измерений каждого района. Датчики, как и в приведенном выше примере, могут иметь разные пределы измерений при различных началах отсчета.

Случай 3. Каждый район эксплуатации, обслуживаемый системой телемеханики, имеет свое начало отсчета и дополнительно делится на несколько равных по уклону участков, для каждого из которых принимается свое начало отсчета относительно начала отсчета данного района. Для измерения используется единый датчик уровня воды. Примем условия предыдущего примера, а измерения будем осуществлять датчиком с пределами 0—5 м.

Для облегчения рассуждений обратимся к рис. 1б, на котором ступенчатая кривая делит выбранный участок канала на четыре части с равной величиной уклона. Из рисунка видно, что на первом участке измерения уровней воды обеспечиваются датчиком с выбранными пределами измерения. Второй участок будет обеспечен, если к результатам измерений, получаемых с помощью датчика, добавить постоянную величину, равную 2 м, на третьем — 4, на четвертом — 6 м. Диапазон измерений в 5 м с погрешностью, не превышающей ±1 см, обеспечивается 9-разрядным двоичным кодом, постоянные значения, дополняемые к измерениям, можно обеспечить двухразрядным двоичным числом, если принять, например, что 00—0, 01—2, 10—4, 11—6.

Таким образом, на центральный диспетчерский пункт необходимо передать 11-разрядное слово двоичного алфавита, подлежащее в дальнейшем дешифрации по частям с последующим их сложением, что усложняет аппаратуру диспетчерского пункта. Отметим, что применение датчика с меньшими пределами измерения для рассматриваемого участка канала нецелесообразно. Так, например, датчик с пределами измерений 0—4 м потребовал бы разбивки выбранного участка канала на восемь частей. Для передачи этих сведений потребовались бы три двоичные единицы, в то время как основной код имел бы девять разрядов.

Приведенные выше соображения легли в основу разработки датчиков уровня воды и положения затворов ГТС, обеспечивающих требуемый диапазон измерений на Каракумском канале. В результате разработки и испытаний различных конструкций датчиков предпочтение было отдано двум типам кодовых преобразователей, в которых, во избежание грубой ошибки при считывании, использованы одноперемен-ные коды.

Кодовый преобразователь уровня жидкостей на основе кодовой линейки. Применяемые в настоящее время датчики уровней воды содержат поплавковый датчик, поступательное движение которого, вызываемое изменением уровня, с помощью троса, намотанного на барабан, и противовеса, преобразуется во вращательное движение барабана, который через редуктор соединяется с преобразователем измеряемого уровня в электрический сигнал. Так, например, в датчиках ДУЧ-1, используемых совместно с частотными устройствами телеизмерения [1], применяется преобразователь «вал-частота», в кодовых монодромных преобразователях угловых перемещений [2] — преобразователь «вал-код». В этих устройствах поплавок и противовес располагаются в специальном колодце-успокоителе, служащем одновременно для сглаживания колебаний поверхности измеряемого уровня и средством механической защиты.

Недостатком указанных датчиков является сложность их кинематической схемы, обусловленная применением механизма преобразования поступательного движения поплавка и редуктора во вращательное движение преобразователей «вал-частота» или «вал-код». Кроме того, эти датчики не обеспечивают диапазон измерений на объектах Каракумского канала с требуемой точностью. Разработанный в ТуркменНИИГиМе кодовый преобразователь уровня жидкостей на основе кодовой линейки [3] свободен от этих недостатков. Отличительной особенностью этого преобразователя является то, что информация об измеряемых уровнях воды получается без промежуточных механизмов преобразования видов движения, непосредственно за счет перемещения троса, соединенного с поплавком и со считывающим устройством, перемещающимся по направляющим кодовой линейки при воздействии на поплавок изменяющегося уровня жидкости. В этом преобразователе считывающее устройство служит противовесом поплавку. Для изменения пределов измерения преобразователя и начала отсчета шкалы без конструктивных изменений кодовая линейка набирается из отдельных секций с продолжением кода.

Преобразователь уровня жидкости на основе кодовой линейки изображен на рис. 2.

Колодец-успокоитель *1* состоит из двух камер: камеры *2*, заполняемой жидкостью через отверстие *3* и камеры *4*, изолированной от жидкости. В камере, заполняемой жидкостью, размещен поплавок *5*, соединенный тросом *6* с устройством считывания кода *7* через блок *8*. Регулируемый конец троса закреплен зажимом *9* к кронштейну *10*, прикрепленному к корпусу колодца-успокоителя. Движение троса осуществля-

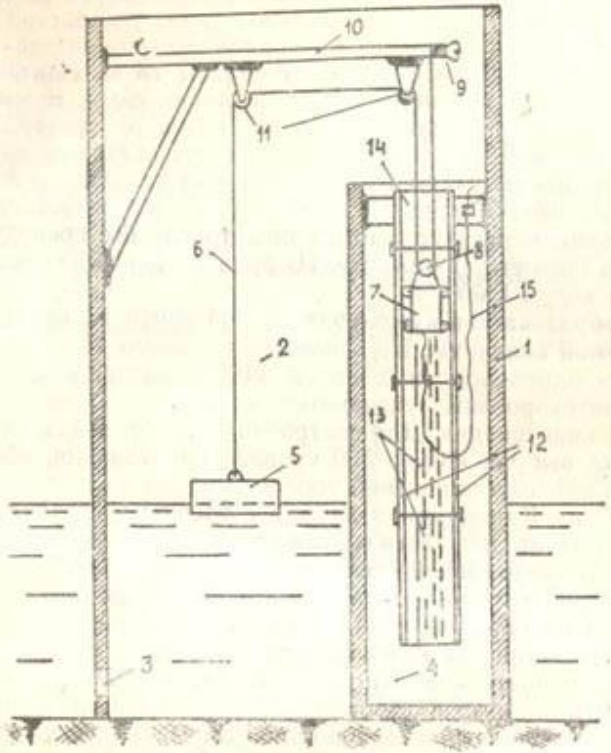


Рис. 2. Преобразователь уровня жидкости в код Грея на основе секционной кодовой линейки.

ется по блокам *11*, установленным на кронштейне. Устройство считывания кода, являющееся одновременно и противовесом поплавку, выполнено в виде каретки, перемещающейся тросом с помощью соединенного с нею блока по направляющим *12* кодовой линейки *13*, набранной из отдельных секций с продолжением кода и размещенной в изолированной от жидкости камере колодца-успокоителя. Гибкий провод *15*, подсоединенный к считывающему устройству, обеспечивает подачу питания и вывод сигналов устройства считывания кодов.

Работа кодового преобразователя уровня жидкости может быть уяснена из рассмотрения того же рисунка.

Изменение уровня жидкости в камере *2* колодца-успокоителя ведет к перемещению поплавка *5*. При этом устройство считывания кода *7*, связанное тросом *6* с поплавком через блок *8*, при движении поплавка вверх под действием собст-

венного веса перемещается вниз по направляющим *12* кодовой линейки *13*. При движении поплавка вниз устройство считывания кода под действием веса поплавка перемещается вверх. Считываемые сигналы гибким проводом *15* выводятся для преобразования или передачи их по линии связи телемеханики. Изменение пределов измерения кодового преобразователя и (или) начала отсчета шкалы осуществляется добавлением или исключением соответствующих секций кодовой линейки. Установка начала отсчета на объекте осуществляется перемещением регулируемого конца троса *6* с последующим закреплением его зажимом *9*. Цифровая запись на шкале выполнена кодом Грея.

Преобразователь «угол-код» на 500 уровней квантования измеряемой величины. На основе полученного алгоритма построения однопеременных кодов однодорожечной шкалы [4] были синтезированы указанные коды на различное число уровней квантования. Для построения преобразователя «угол-код» был выбран код на 500 уровней квантования, обеспечивающий пределы измерений уровней воды и положений затворов ГТС на Каракумском канале с требуемой точностью, а также сравнительно легко дешифруемый в десятичный эквивалент. Отличительной особенностью этого преобразователя является то, что его шкала выполнена в виде винтовой дорожки на кодовом барабане. В предложенной конструкции полная совокупность кодов записана на пяти витках дорожки, а затем повторена еще на пяти витках. Это позволило уменьшить диаметр кодового барабана в пять раз при сохранении разрешающей способности. Элементы считывающего устройства расположены на подвижной каретке равномерно по винтовой дорожке того же шага, что и шаг винтовой дорожки кодовой шкалы на барабане — через $\frac{360°m}{n}$, где m — однократное число витков кодовой дорожки барабана, n— число разрядов кода. Для конкретного случая $m=5$, $n=10$, поэтому считывающие элементы располагаются через 180° по пять штук на одной прямой справа и слева от кодового барабана. Каретка со считывающими элементами перемещается вдоль оси барабана за один его оборот на один шаг винтовой дорожки [5].

Кинематическая схема преобразователя «угол-код» и принцип его работы легко могут быть уяснены из чертежа, приведенного на рис. 3.

На вращающемся барабане *9*, соединенном с приводом вращения *2*, расположена винтовая дорожка *10*, на которой нанесена дважды последовательно вся совокупность кодо-

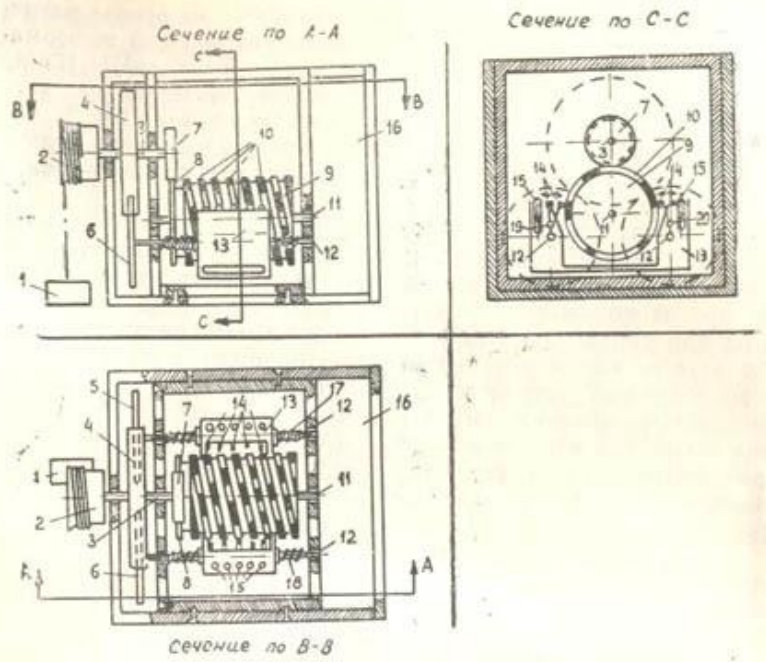


Рис. 3. Преобразователь «угол-код» на 500 уровней квантования.

вых комбинаций. Шестерня *8*, жестко соединенная с барабаном, образует с шестернями *7*, *4*, *5* и *6* редуктор, приводящий во вращении винты *17* и *18*, перемещающие считывающие устройство *13* вдоль оси барабана. На осях *19* и *20* вращаются считывающие элементы *14*. Магнитоуправляемые контакты *15* также расположены на считывающем устройстве.

Преобразователь «угол-код» работает следующим образом. Привод *2* приводит во вращение барабан *9*, на котором расположена винтовая дорожка *10* с нанесенной на ней кодовой шкалой. Этот привод вращает шестерню *4*, приводящую во вращение шестерни *5* и *6*, жестко соединенные с винтами *17* и *18*, неподвижные гайки которых перемещают считывающее устройство *13* вдоль оси вращения барабана. Передаточное отношение между шестернями *8*, *7*, *4*, *5*, *6* и шаг винтов *17* и *18* подобраны так, что за один оборот барабана считывающее устройство перемещается на один шаг его винтовой дорожки. С помощью расположенных на считывающем устройстве элементов считывания *14* путем последовательной их коммутации производится считывание кода.

Бесконтактные считывающие устройства на основе магнитоуправляемых контактов. Для считывания кодовой информации со шкал кодовых преобразователей в ТуркменНИИГиМе были разработаны магнитомеханические считывающие устройства на основе магнитоуправляемых контактов [6, 7].

При разработке считывающих устройств основное внимание было уделено надежности их работы в условиях высокой влажности и запыленности.

В основу создания таких устройств была положена идея использования скачкообразно перемещающегося магнита для управления магнитоуправляемыми контактами (герконами). В противоположность существующим устройствам, в которых для управления магнитоуправляемыми контактами используется медленное перемещение положения магнитов, в предложенных устройствах, благодаря скачкообразному изменению положения магнитов, происходит такое же изменение величины магнитного поля, действующего на магнитоуправляемый контакт, что создает условия, при которых на указанный контакт действует либо поле $B_{мин}$ и тогда контакт разомкнут, либо поле $B_{макс}$, при котором он замкнут.

Хотя наиболее простым и очевидным способом является перемещение магнита по диамагнитным направляющим, нашими исследованиями установлено, что предпочтительным способом является размещение магнитов на коромыслах (рычагах), совершающих угловое перемещение на оси. На этой основе предложены две конструкции бесконтактных магнитомеханических считывающих устройств: симметричные относительно оси вращения считывающие устройства с двумя постоянными магнитами и асимметричные устройства с одним магнитом.

Симметричное магнитомеханическое устройство является механическим аналогом электрического триггера и для его работы требуется нанесение ферромагнитным материалом двух кодовых дорожек прямой и обратной кодовыми последовательностями, над которыми располагаются магниты, установленные на равноплечем коромысле.

Схематически это устройство изображено на рис. 4. Над кодовой шкалой *1*, состоящей из двух кодовых дорожек *2* с с прямой и обратной кодовыми последовательностями, расположено равноплечее коромысло *3* с осью вращения *4*. Магниты *5* укреплены на коромысле симметрично относительно оси. Над каждым из магнитов размещен магнитоуправляемый контакт *6* на расстояниях, обеспечивающих поочередное их замыкание и размыкание при переброске коромысла магнитами.

Благодаря такой конструкции считывающее устройство

в любой момент может находиться только в одном из двух устойчивых положений равновесия, которые и определяют значения считывающих кодовых символов (0 или 1).

Асимметричные магнитомеханические считывающие устройства содержат один магнит, укрепленный на рычаге, способном вращаться вокруг оси. Для работы такого устройства достаточно одной кодовой дорожки, на которой один сорт

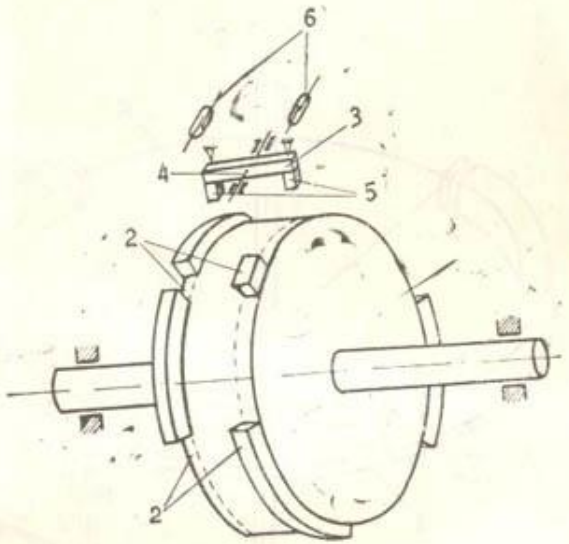


Рис. 4. Симметричное магнитомеханическое считывающее устройство.

символов нанесен ферромагнитным материалом, а концы ферромагнитных участков кодовой шкалы фиксированы постоянными магнитами для улучшения разрешающей способности (идеальной для этого устройства была бы шкала, на которой противоположные двоичные символы были бы нанесены магнитами противоположной полярности). Так как это устройство несимметрично, то для его работы небезразлично положение рычагов относительно вертикали. Поэтому при использовании асимметричного считывающего устройства желательна вертикальная ориентация его рычагов.

Асимметричное считывающее устройство изображено на рис. 5. На диск *1* нанесена кодовая шкала, состоящая из ферромагнитных участков *3* и свободных промежутков *10*, определяющих сорта кодовых символов. Ферромагнитные участки фиксированы постоянными магнитами *4*, отталкивающими

магнит *5* от своих полюсов. При вращении диска *1* вокруг оси *2* магнит *5*, взаимодействуя с ферромагнитными участками *3* кодовой шкалы, определяет одно из двух устойчивых положений рычага *6*, качающегося на оси *7*. Магниты *9* управляют герконом *8* и, взаимодействуя с ним, совместно с силой тяжести, определяют второе устойчивое положение. Упоры *а* и *б* создают необходимый для управления герконом диапазон качания рычага 6.

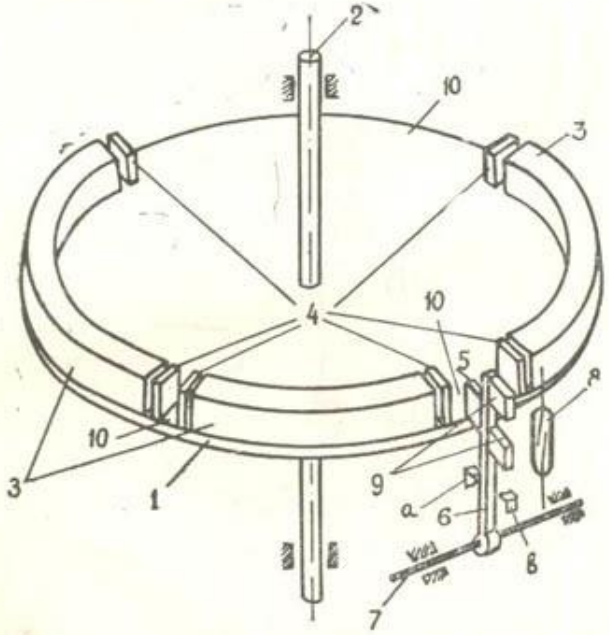


Рис. 5. Асимметричное магнитомеханическое считывающее устройство.

В описанных выше кодовых преобразователях используются асимметричные магнитомеханические считывающие устройства. Для стыковки кодовых преобразователей с частотными системами телемеханики разработан телеметрический преобразователь, выходным сигналом которого являются бинарные частотные кодовые последовательности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкарев Я. В., Гапкин М. З., Овчаров Е. Е. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации. М., «Колос», 1969.

2. Акустический частотно-импульсный телеизмеритель уровня воды. ММиВХ СССР, КиргНИИВХ, 1970.

3. Белоус А. Т. Заявка № 2017228/18—10. Кодовый преобразователь уровней жидкостей.

4. Белоус А. Т. [и др.]. К вопросу построения цифровых датчиков для частотных систем телемеханики. — В кн.: Повышение эффективности гидромелиоративных систем. Ашхабад, «Ылым», 1976.

5. Белоус А. Т. [и др.]. Заявка № 1773163/18—24. Бесконтактное устройство считывания двоичного кода.

6. Белоус А. Т., Новохатский А. А., Феоктистов А. А. Авторское свидетельство № 410434. Преобразователь «угол-код».

7. Белоус А. Т., Рогачевский Л. Я. Авторское свидетельство № 449362. Преобразователь «угол-код» на магнитоуправляемых контактах с магнитной коррекцией шкалы.

Б. К. БАЛАКАЕВ, Н. АГАБАЕВ, Н. Н. ВЕРИН

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛОТКОВОЙ СЕТИ В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

Дальнейшее развитие орошения в стране требует высокой степени регулирования стока рек и перераспределения его по территории страны, что обусловливает необходимость исследования вопросов оптимального распределения наносов как на самых крупных ирригационных каналах, так и на оросительных системах, подведенных к ним.

Решение проблемы регулирования наносов особенно остро ощущается на таких реках, как Амударья, воды которой несут большое количество наносов. Так, в створе Кизыл-Аяк сток наносов составляет 180 млн. м³ в год. Учитывая это были проведены исследования изучению оптимального распределения наносов на оросительных системах, расположенных в зоне Каракумского канала.

В зоне орошения Каракумского канала проектируются и строятся оросительные системы, состоящие из железобетонных лотков, закрытых трубопроводов (напорные и самонапорные) и гибких шлангов. В связи с этим в наших исследованиях основное внимание уделено транспортирующей способности закрытых трубопроводов, железобетонных лотков и гибких шлангов.

Натурные исследования по условиям транспортирования наносов в лотковой сети проводились в хлопководческих совхозах «Теджен» и «Путь ленинизма», расположенных в зоне орошения канала.

Хлопководческий совхоз «Теджен» расположен в Тедженском районе в 20 км юго-восточнее районного центра. Схема расположения оросительной сети в нем приведена на рис. 1 (массивы X, XI, XII).

Распределительная оросительная сеть выполнена из железобетонных лотков параболического сечения марки Лс-80, Лс-100. Поскольку уклоны местности в Тедженском оазисе,

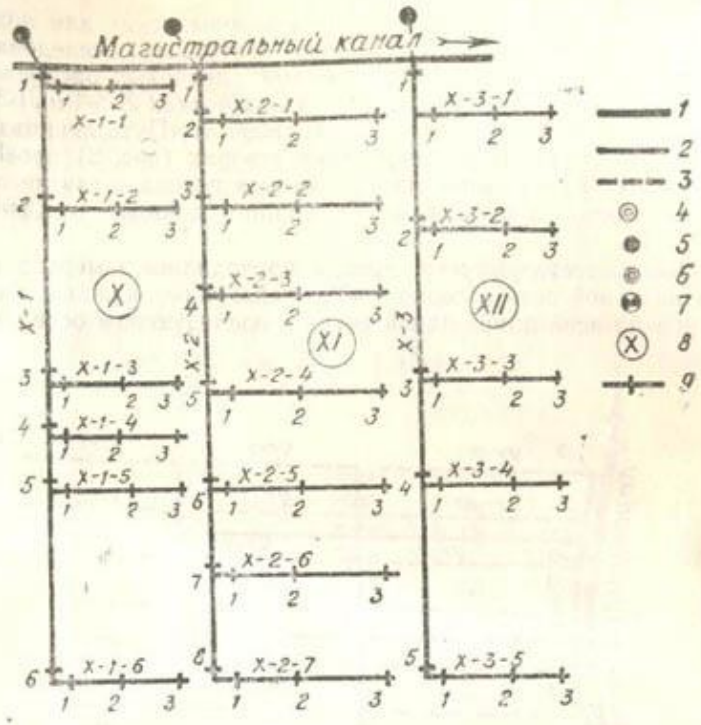


Рис. 1. Выборочная схема оросительной сети хлопководческого совхоза «Теджен» в зоне орошения Каракумского канала:
1—бетонный канал; 2—лотковый распределитель; 3—трубопровод; 4—водозабор из Каракумского канала в бетонный канал; 5—водозабор из бетонного канала в лоток; 6—водозабор из лотка в трубопровод; 7—насосная станция; 8—номер поливного массива; 9—закрепленный гидрометрический створ и его номер.

где расположен совхоз «Теджен», составляют $i=0{,}0006$, лотки-каналы построены с механическим подъемом воды [3]. Для того, чтобы провести поливы по гибким шлангам, лотки были подняты на высоту от 1,0 до 2,5 м. Лотковая сеть оборудована подпорными и распределительными сооружениями и трубчатыми переездами. Для подачи воды в гибкие шланги по длине распределителя вмонтированы гидранты-водовыпуски.

Хлопководческий совхоз «Путь ленинизма» расположен в Ашхабадском районе в 50 км юго-восточнее г. Ашхабада. Уклоны местности в рассматриваемом совхозе ($i=0{,}005$) позволили строить оросительную сеть самонапорной [4]. Конструкция лотков-каналов такая же, как в совхозе «Теджен», только вода из распределителя подается в закрытые трубопроводы,

в которые вмонтированы гидранты-водовыпуски для подачи воды в гибкие поливные шланги. Натурные исследования проводились на внутрихозяйственных лотковых распределителях Л-5 и Л-3 и на отходящих от них лотках Л-5-1 и Л-3-1.

На лотковой сети совхозов «Теджен» и «Путь ленинизма» в определенных гидрометрических створах (рис. 2) проводились замеры гидравлических элементов потока и взятие проб на мутность и механический анализ донных отложений (табл. 1).

После вегетационного периода проводились замеры заиления лотковой сети в совхозе «Теджен»: через каждые десять лотков по всей длине одной ветви с последующим осреднени-

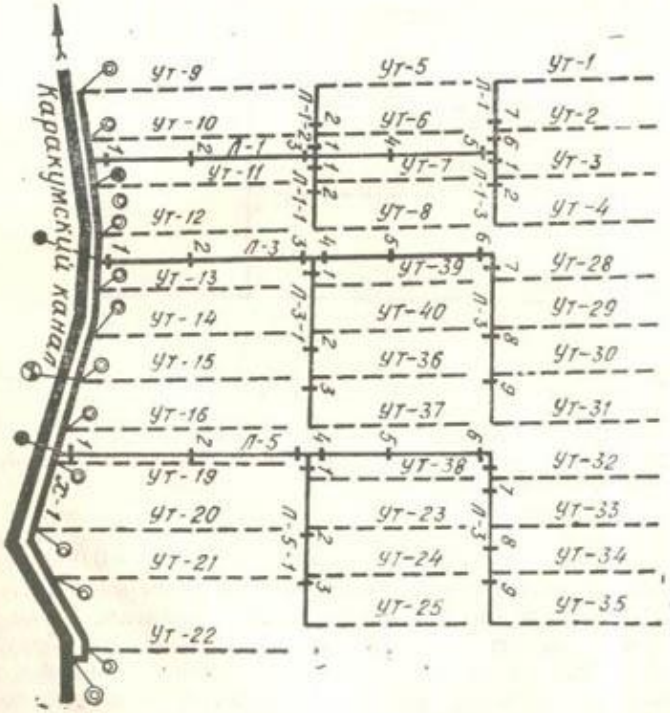


Рис. 2. Выборочная схема оросительной сети хлопководческого совхоза «Путь ленинизма» в зоне орошения Каракумского канала: 1—бетонный канал; 2—лотковый распределитель; 3—трубопровод; 4—водозабор из Каракумского канала в бетонный канал; 5—водозабор из бетонного канала в лоток; 6—водозабор из лотка в трубопровод; 7—насосная станция; 8—номер поливного массива; 9—закрепленный гидрометрический створ и его номер.

Таблица 1

Механический состав взвешенных наносов и донных отложений в лотковой сети хлопководческих совхозов «Теджен» и «Путь ленинизма»

Лоток	Марка лотка	Содержание фракций, %			Средний диаметр частиц, мм
		Песчаные частицы 1,0—0,05 мм	Пылеватые частицы 0,05—0,005 мм	Глинистые частицы <0,005 мм	
Взвешенные наносы					
Совхоз «Теджен»					
Х-1	Лс-100	64,78	23,04	12,18	0,061
Совхоз «Путь ленинизма»					
Л-1	Лр-100	11,10	21,90	67,00	0,033
Донные отложения					
Совхоз «Теджен»					
Х-1-2	Лс-80	67,52	25,86	6,62	0,060
Х-1	Лс-80	91,50	4,94	3,56	0,068
Х-1-3	Лс-80	79,20	16,80	4,72	0,061
Х-1-6	Лс-80	13,84	64,70	21,46	0,031
Х-2	Лс-100	61,76	25,00	13,34	0,057
Х-2-1	Лс-80	28,62	41,34	30,04	0,44
Х-2-3	Лс-80	11,41	67,85	20,74	0,022
Х-2-6	Лс-80	2,02	58,94	39,04	0,018
Х-3	Лс-100	70,02	20,66	9,32	0,079
Х-3-1	Лс-80	43,66	45,50	10,84	0,048
Х-3-5	Лс-00	1,08	57,92	41,00	0,016
Совхоз «Путь ленинизма»					
Л-5-1	Лр-100	11,60	47,94	37,46	0,33

ем значений глубины и ширины заиления по отдельным ветвям (табл. 2).

Исследования показали, что, несмотря на небольшую мутность воды (ρ=0,300—0,400 кг/м³), пропускаемой по лотковой сети в совхозе «Теджен», и небольшую крупность взвешенных наносов, заиление происходит (рис. 3).

В совхозе «Путь ленинизма» заиление происходило в конце лоткового распределителя Л-5-1, который имеет уклон (i=0,00052) почти в десять раз меньший, чем внутрихозяйственный лотковый распределитель Л-5 [1].

Наносы в лотках-каналах осаждались соответственно их крупности: более крупные частицы — в начальных участках лотковой сети, более мелкие — в конечных (см. табл. 1). Так, во внутрихозяйственном лотковом распределителе Х-1 содер-

Таблица 2

Объемы заиления лотковой сети в хлопководческом совхозе «Теджен» за 1971 г.

Наименование лотка	Марка лотка	Длина заиления, м	Средняя глубина заиления, см	Средняя ширина заиления, см	Средняя площадь заиления		Объем заиления, м³
					см²	м²	
Х-1	Лс-100	1494	14,6	57,3	557	0,0557	83,0
Х-1-2	Лс-80	1578	15,7	50,0	526	0,0525	82,8
Х-1-3	Лс-80	1656	8,5	36,5	206	0,0206	34,2
Х-1-4	Лс-80	1656	6,8	27,0	124	0,0124	20,6
Х-1-5	Лс-80	1638	4,3	22,5	62	0,0065	10,1
Х-1-6	Лс-80	1782	5,1	33,8	115	0,0115	20,5
Х-2	Лс-100	3270	11,8	38,0	896	0,0896	98,1
Х-2-1	Лс-80	1656	2,7	18,0	32	0,0032	5,32
Х-2-2	Лс-80	1150	15,3	44,0	410	0,044	74,0
Х-2-3	Лс-80	1668	12,6	43,2	364	0,0364	60,6
Х-2-4	Лс-80	1590	4,16	21,2	58,6	0,0059	9,4
Х-2-5	Лс-80	900	6,0	31,0	124	0,0124	11,2
Х-2-6	Лс-80	1620	3,11	19,7	40,7	0,0011	6,64
Х-2-7	Лс-80	1692	2,37	16,5	26,0	0,0026	4,4
Х-3	Лс-100		вода				
Х-3-1	Лс-80	1740	9,0	34,3	205	0,0205	37,5
Х-3-2	Лс-80	900	11,0	40,2	295	0,0295	26,5
Х-3-3	Лс-80	1650	8,9	34,7	205	0,0205	33,8
Х-3-4	Лс-80		вода				
Х-3-5	Лс-80	1644	2,65	18,1	31,8	0,0032	5,26

жание песчаных частиц составляет 91,50%, пылеватых и глинистых — 3,56%; в лотковом распределителе Х-1-6: песчаных частиц — 13,84%, пылеватых — 64,70 и глинистых — 21,46%.

Одной из основных причин заиления является то, что оросительные каналы работают при неустановившемся режиме, и поэтому трудно обеспечить их полную незаиляемость.

По результатам натурных наблюдений лотковой оросительной сети в совхозах «Теджен» и «Путь ленинизма» были определены расчетные значения транспортирующей способности лотков-каналов. При этом, допуская, что физические закономерности транспортировки наносов в лотковой сети и земляных каналах идентичны, для предварительного расчета были приняты за основу расчетные эмпирические формулы транспортирующей способности открытых земляных каналов:

Формула А. Г. Гостунского:

$$\rho_r = 1500 \frac{n V^3}{H^{1,5} \overline{\omega_0}}, \text{ кг/м}^3, \qquad (1)$$



Рис. 3. Заиление лотков-каналов.

где n — коэффициент шероховатости русел в лотковых каналах, $n=0{,}0100$ [2];
V — средняя скорость течения потока, м/сек;
H — глубина воды, м;
$\overline{w_0}$ — средняя гидравлическая крупность наносов, м/сек.

Формула Е. А. Замарина:

$$\rho_r = 11 \sqrt{\frac{RVi}{\omega_0}}, \text{ кг/м}^3, \qquad (2)$$

где R — гидравлический радиус, м;
i — уклон канала.

Формула С. Х. Абальянца:

$$\rho_r = 0{,}0018 \frac{V^3}{R\overline{\omega_0}}, \text{ кг/м}^3 \qquad (3)$$

Формула А. Г. Хачатряна:

$$\rho_T = 0{,}69 \frac{V^{7/6}}{(R\omega_0)^{1/4}}, \text{ кг/м}^3. \quad (4)$$

Анализ расчетных значений транспортирующей способности лотковой сети в хлопководческих совхозах «Теджен» и «Путь ленинизма» показал [1], что при одинаковых элементах потока и при одной и той же величине гидравлической крупности эти значения по формулам (1), (2) и (3) резко различаются между собой. Это объясняется тем, что формулы транспортирующей способности потока обычно основываются на данных натурных исследований.

Выводы

Результаты натурных исследований транспортирующей способности лотковой оросительной сети в хлопководческих совхозах «Теджен» и «Путь ленинизма» показали, что, несмотря на небольшую мутность (ρ достигает 0,500 кг/м³) и соответственно крупность наносов, заиление происходит. Одна из основных причин заиления — неустановившийся режим работы оросительных каналов, что не позволяет обеспечить их полную незаиляемость.

Расчетные значения транспортирующей способности лотковой оросительной сети в хлопководческих совхозах «Теджен» и «Путь ленинизма», вычисленные по различным формулам, характеризуются большим разбросом. В дальнейшем следует уточнить применимость расчетных формул транспортирующей способности открытых земляных каналов для лотковой оросительной сети и условия заиления лотковой сети при неустановившемся режиме ее работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакаев Б. К. Разработать методы расчета оптимального распределения наносов по оросительной сети. (Научно-технический отчет ТНИИГиМа). Ашхабад, 1971.
2. Мумамеджанов Ф. Ш. Определение коэффициента шероховатости русел в лотках-каналах. (Научно-технический отчет «Средазгипроводхлопок»). Ташкент, 1967.
3. Орошение земель хлопководческого совхоза «Теджен» в Тедженском районе Марыйской области ТССР. [Проектное задание «Туркменгипроводхоза»]. Ашхабад, 1961.
4. Орошение и освоение земель хлопководческого совхоза № 1 в Гяурской долине. [Проектное задание «Туркменгипроводхоза»]. Ашхабад, 1965.

Р. И. КОВАЛЕНКО

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДИНАМИКИ ОСАЖДЕНИЯ НАНОСОВ В ГОЛОВНЫХ ОТСТОЙНИКАХ

В настоящее время для определения динамики осаждения взвешенных наносов в головных ирригационных отстойниках широко применяется метод расчета А. Г. Хачатряна, основанный на использовании предельных гидравлических крупностей состава наносов и учете закономерности их распределения в турбулентной среде [2, 4, 5]. Преимущество этого метода перед другими, например, перед известным методом А. Н. Гостунского, основанным на учете средней гидравлической крупности, в большей точности результатов расчета вследствие применения минимальной и максимальной крупностей наносов.

Расчет осаждения взвешенных наносов, по А. Г. Хачатряну, сводится к следующему. По данным о начальной мутности и крупности наносов источника орошения, о гидравлических элементах отстойника — расходе, глубине и средней скорости воды, уклоне водной поверхности, шероховатости и ширине русла — определяются:

наибольшая взвешивающая скорость потока:

$$U_в = 0{,}065\ (v - 0{,}05)\ I^{1/4} \text{ м/сек}, \quad (1)$$

где v и I — соответственно продольная скорость и уклон поверхности воды;

наибольшая гидравлическая крупность наносов избыточной мутности у дна на расстоянии L_x от начала отстойника:

$$\omega_н = \frac{q}{L_x} \text{ м/сек}, \quad (2)$$

где q — удельный расход, м²/сек.

По полученным значениям $U_в$ и $\omega_н$ в зависимости от рас-

четной области с помощью уравнений динамики осаждения наносов вычисляется мутность в конце каждого расчетного участка или на выходе из отстойника:

для первой области, при $w_н > w_{n+1}$,

$$\rho_{вых\,I} = \rho_{gI} - \frac{I}{2w_н}(a_0\, d_0 - a_т\, d_т), \qquad (3)$$

для второй области, при $w_{n+1} > w_н > U_н$

$$\rho_{вых\,II} = \rho_{gII} - \frac{1}{2w_н}(a_0\, b_0 - a_т\, d_т) \qquad (4)$$

для третьей области, при $U_н > w_н$

$$\rho_{вых\,III} = \rho_{gIII} - \frac{1}{2w_н}(a_0\, b_0 - a_т\, d_т), \qquad (5)$$

где ρ_{gI}, ρ_{gII}, ρ_{gIII} — мутность потока у дна, кг/м³; b_0, $b_т$, d_0 и $d_т$ — параметры, учитывающие состав, наибольшую и наименьшую гидравлические крупности наносов и взвешивающую скорость потока.

После замены величин ρ_g, a_0, $d_т$, b_0, $b_т$, d_0 и $d_т$ соответствующими значениями уравнения (3), (4) и (5) значительно усложняются и для выполнения по ним полного цикла расчетов выходящей мутности, даже при наличии хорошей натренированности в счете, необходимо затратить сравнительно много времени. Между тем для определения основных параметров головных отстойников при проектировании или для нахождения объемов заиления и очистки в процессе их эксплуатации очень важно находить мутность в конце любого расчетного участка или на выходе из отстойника, хотя бы с известным приближением, в возможно короткий срок и без особых вычислений. Для этой цели вместо аналитического весьма целесообразно использовать графический метод расчета, с помощью которого выходящая мутность определяется за 1—2 мин. Предлагаемый графический метод расчета динамики осаждения взвешенных наносов основан на использовании вышеуказанных уравнений (1)—(5) А. Г. Хачатряна, приведенных к виду, удобному для номографирования.

Для определения наибольшей взвешивающей скорости потока номографирована формула (1), имеющая после некоторого преобразования следующий вид:

$$U_н = 0{,}065\left(\frac{q}{h} - 0{,}05\right)\sqrt{\frac{q \cdot n}{h^{1/6}}}, \qquad (6)$$

где q и h — соответственно погонный расход (м²/сек) и глубина воды (м) в отстойнике; коэффициент шероховатости русла, принятый нами равным 0,0225 [3].

При заданных значениях q и h взвешивающая скорость потока $U_н$ легко определяется по номограмме 1. Для нахождения наибольшей гидравлической крупности наносов у дна на некотором расстоянии от начала отстойника служит номограмма 2, составленная по уравнению (2) и имеющая общую с номограммой 1 вертикальную шкалу q. Правила пользования этими номограммами аналогичны. Для определения мутности потока на выходе из отстойника или в конце любого расчетного участка предлагается номограмма 3, построенная на основе уравнений (4), (5), приведенных к виду:

$$\rho_{вых} = \rho'_{вых} + \rho''_{вых}, \qquad (7)$$

где $\rho'_{вых} = C_0\left(l_n \frac{w_н}{0{,}000042} - \frac{w_н - 0{,}000042}{0{,}012} - \right.$

$$\left. - \frac{C_0\,(w_н - 0{,}000042)\quad (0{,}023958 - w_н)}{0{,}024\ w_н}\right); \qquad (8)$$

для второй расчетной области, при $U_н < w_н < w_{n+1}$,

$$\rho''_{вых} = 100\ \frac{U_b^2 - 0{,}000084\ U_н}{w_н}; \qquad (9)$$

для третьей расчетной области, при $U_н > w_н$,

$$\rho''_{вых} = 200\ U_b\left(l_n \frac{U_н}{w_н} - \frac{U_н - w_н}{U_н}\right) +$$

$$+ 100\ \frac{(w_н - 0{,}000042)\,(2U_н - w_н - 0{,}000042)}{w_н}; \qquad (10)$$

C_0 — постоянная кривой распределения наносов начальной мутности ρ_0, кг/м³:

$$C_0 = \frac{\rho_0}{l_n \frac{w_{n+1}}{w_1} - \frac{w_{n+1} - w_1}{w_{n+1}}} \qquad (11)$$

Для принятого нами среднего состава взвешенных наносов в среднем течении Амударьи, имеющего, по данным А. Г. Хачатряна и наших исследований, минимальную гидравлическую крупность 0,042 мм/сек и максимальную — 12 мм/сек [1, 4], уравнение (11) примет вид:

$$C_0 = 0{,}214\rho_0.$$

По найденным значениям C_0, $w_н$ и $U_в$ определяются: на шкалах I и III номограммы 3— $\rho'_{вых}$ и $\rho''_{вых}$, а на шкале II — их суммарное значение, соответствующее общей мутности на выходе из отстойника или в конце любого расчетного участка ($\rho_{вых}$).

Порядок расчета осаждения наносов с помощью номограмм 1—3 (рис. 1) иллюстрируется приведенным ниже примером.

Пример. Требуется определить мутность на выходе из головного отстойника, имеющего расход воды Q=39,0 м³/сек, глубину наполнения h=2,5 м, ширину b=30,0 м и длину L=3500 м. Начальная мутность источника орошения ρ_0=5,14 кг/м³.

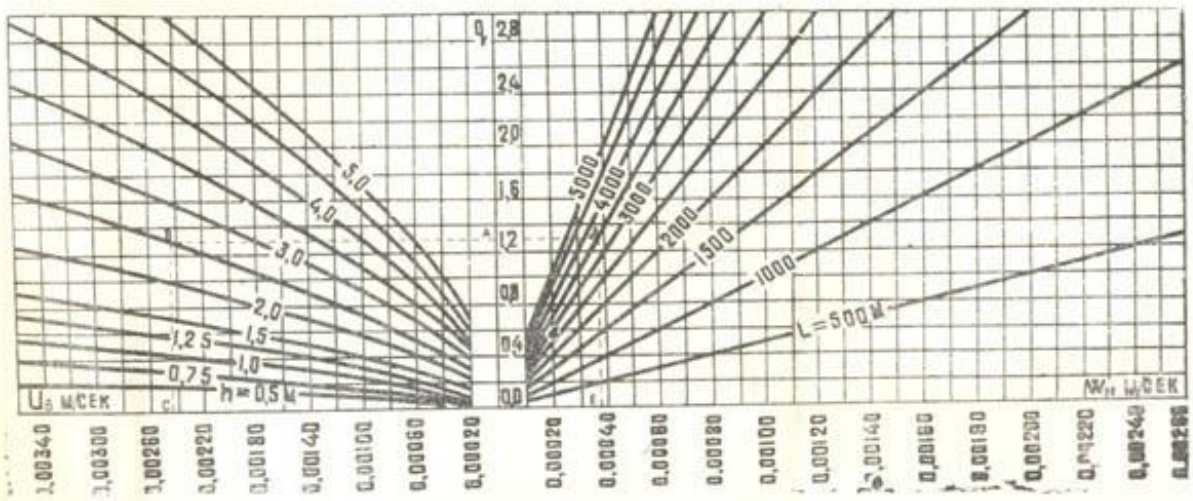
Предварительно найдем удельный расход $q=Q/b=39{,}0/30{,}0=1{,}30$ м²/сек и постоянную кривой распределения наносов начальной мутности, которая, согласно уравнению (12), будет равна: $C_0=0{,}214\ \rho_0=0{,}214\ 5{,}14=1{,}10$ кг/м³.

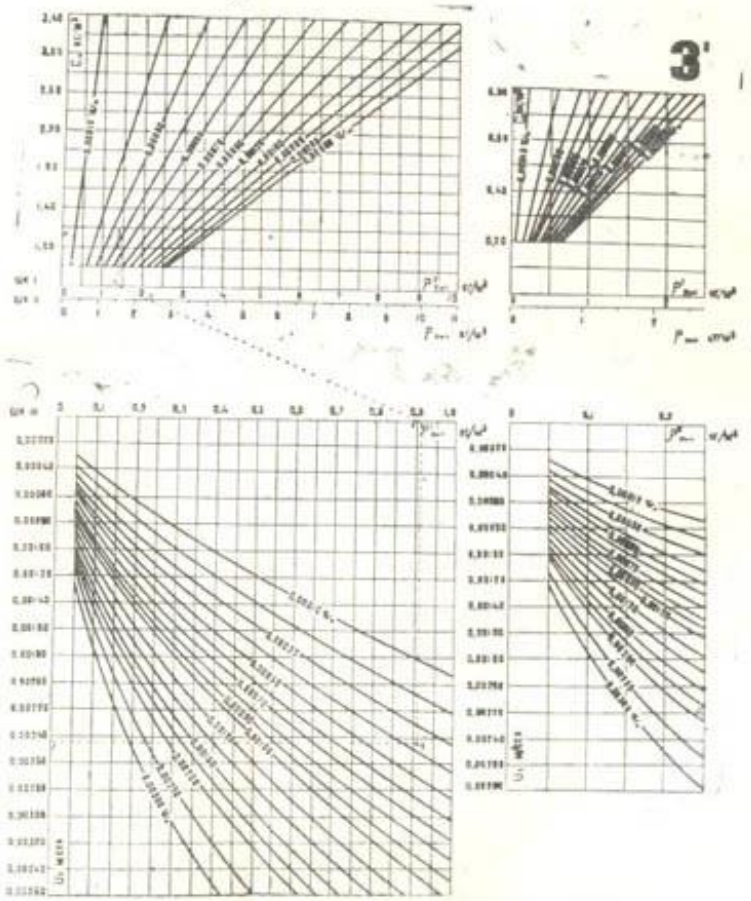
На оси ординат номограмм 1 и 2 отложим отрезок q=1,30 м²/сек и из его вершины А влево проведем прямую параллельно оси абсцисс до пересечения в точке В номограммы 1 с кривой, соответствующей h=2,5 м. Спроектировав точку В на ось абсцисс, найдем в точке C значение $U_н$ равное 0,00244 м/сек.

Продолжив прямую ВА вправо до пересечения в точке Д номограммы 2 с линией, соответствующей L=3500 м, и спроектировав точку Д также на ось абсцисс, получим в точке Е величину w равную 0,00037 м/сек.

Аналогично предыдущему на соответствующих шкалах основной номограммы 3 отложим найденные значения $C_0=1{,}10$ кг/м³ и $U_в=0{,}00244$ м/сек. Через полученные точки d и f проведем прямые, параллельные осям абсцисс, до пересечения одной в точке b, другой — в точке g с линиями, соответствующими $w_н=0{,}00037$ м/сек. Спроектировав точку b на шкалу I, а точку g на шкалу III, получим в точках c и l соответственно $\rho'_{вых}=1{,}40$ и $\rho''_{вых}=0.91$ кг/м³. Точка пересечения d

1 2 3





Номограммы 1 и 2 — для определения наибольшей взвешивающей скорости потока ($U_в$, м/сек) и наибольшей гидравлической крупности наносов у дна на некотором расстоянии x от начала участка ($W_н$, м/сек). Номограммы 3 и 3′ — для нахождения выходящей мутности ($\rho_{вых}$, кг/м³) по данным C_0, $U_м$ и $U_н$.

линии *cl* с суммарной шкалой II дает искомое значение выходящей мутности $\rho_{вых}$, равной 2,31 кг/м³.

Величина выходящей мутности, вычисленная непосредственно по формулам (1), (2) и (5), $\rho_{вых}$ равна 2,30 кг/м³. Следовательно, расхождение результатов расчета, полученных по номограммам и непосредственным вычислением, составляет 0,01 кг/м³, или 0,4%. Кроме того, и в других 42 расчетах отклонение графических значений $\rho_{вых}$ от вычисленных по уравнениям не превышает ±7,2%.

В случаях, когда $C_0 \leqslant 0{,}80$ кг/м³ и $U_н \leqslant 0{,}00280$ м/сек, при определении $\rho_{вых}$ необходимо пользоваться дополнительной номограммой 3′ (справа от основной), выполненной для получения более точных результатов расчета в более крупном масштабе.

Выводы

Для расчета динамики осаждения взвешенных наносов в головных ирригационных отстойниках как при проектировании, так и в период эксплуатации последних, весьма целесообразно применять графический метод расчета, основанный на использовании уравнений А. Г. Хачатряна (1)—(5). Графический метод по сравнению с аналитическим позволяет в 5—10 раз быстрее и с удовлетворительной точностью (не более 10%) находить расчетную мутность в любом сечении отстойника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Р. И. Исследование методов регулирования заиления в головных отстойниках Амударьинских оросительных систем. (Научно-технический отчет Туркменского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации за 1966—1968 гг.). Ашхабад, 1969.
2. Материалы к техническим условиям и нормам проектирования оросительных систем. Отстойники на оросительных системах. М., Гипроводхоз, 1964.
3. Справочник по гидротехнике. М., Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1955.
4. Хачатрян А. Г. Отстойники на оросительных системах. М., Сельхозгиз, 1957.
5. Хачатрян А. Г., Шапиро Х. Ш., Шарова З. И. Заиление и промыв ирригационных отстойников и водохранилищ. М., «Колос», 1966.

Р. И. КОВАЛЕНКО

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЖИМА НАНОСОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЗОНЫ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

В связи с заилением Келифских озер, выполняющих роль внутрисистемных отстойников, мутность воды Каракумского канала в недалеком будущем значительно возрастет. Увеличение твердого стока оросительных систем, забирающих воду из Каракумского канала, может привести к заилению оросительных каналов. Поэтому вопросы изучения режима наносов и транспортирующей способности оросительных систем зоны Каракумского канала приобретают актуальное значение.

В 1972—1973 гг. ТуркменНИИГиМом проведены полевые исследования режима наносов оросительных каналов Магаллак Тедженского и Аки-Бай Марыйского районов как наиболее типичных для зоны орошения Каракумского канала.

Межхозяйственный канал Магаллак имеет общую длину 39 км, среднюю ширину по зеркалу воды 7,0 м, глубину наполнения до 2 м. Он орошает земли (площадь 10,7 тыс. га) семи хлопкосеющих колхозов. Жидкий сток канала 210—215 млн. м³ в год. Наибольшие расходы воды (до 13 м³/сек) по каналу подаются в предпосевной период (в феврале—марте) и во время прохождения паводков на р. Теджен — в мае. Русло канала почти на всем своем протяжении не зарастает.

На магистральном канале отмечаются неблагоприятные русловые процессы, протекающие в нижних бьефах вододелительных узлов. Ввиду больших перепадов и недостаточного по длине и мощности крепления водобойной части в нижних бьефах гидроузлов образовались воронки размывов, превышающие в 8—10 раз первоначальную ширину каналов. Деформация нижних бьефов гидроузлов является одной из причин образования наносов и заиления оросительных каналов. Для устранения явлений размыва нижних бьефов гидроузлов канала Магаллак необходимо крепление водобойной части сооружений и придание ей оптимальных размеров.

Межхозяйственный канал Аки-Бай берет начало на 383-м километре Каракумского канала и подает воду на орошаемые земли Марыйского и Сакар-Чагинского районов Марыйской области. Общая площадь земель, прилегающих к каналу, около 15 тыс. га. Годовой сток воды достигает 240 млн. м³. На магистральной части канала имеется четыре гидроузла.

Старые, не отвечающие пропускаемым расходам вододелительные узлы и обводные каналы на магистральном канале затрудняют плановое водораспределение и точный учет воды на Аки-Бае. Не менее отрицательное явление, нарушающее нормальную работу канала, зарастание его русла тростником и рогозом. Произрастающие вдоль берегов растения покрывают в общей сложности до $^2/_3$ водной поверхности, снижая пропускную способность канала. До настоящего времени никаких мер борьбы с зарастанием канала Аки-Бай не принималось.

Исследования показали, что количество наносов, транспортируемых по каналам Магаллак и Аки-Бай, зависит преимущественно от мутности источников орошения (р. Теджен и Каракумский канал) и в небольшой степени — от деформации собственных русел.

Начальный сток наносов канала Магаллак складывается из стоков, формирующихся в р. Теджен ниже II Тедженского водохранилища и в Хауз-Ханском магистральном канале. Поскольку на рассматриваемом участке реки и в Хауз-Ханском канале мутность воды в разрезе года сравнительно стабильна, то и в канале Магаллак больших сезонных колебаний мутности также не отмечено. Аналогичная картина наблюдается и на канале Аки-Бай, в который из Каракумского канала поступает лишь небольшое, довольно постоянное количество наносов, формирующихся в основном на участке аллювиально-дельтовых отложений р. Мургаб, — от 307-го километра Каракумского канала до водозабора в Аки-Бай. Поэтому на Аки-Бае, как и на канале Магаллак, величина начального стока наносов в течение года изменяется незначительно.

Исследования, выполненные в поливном сезоне 1973 г., показали, что начальная мутность канала Магаллак находилась в пределах от 0,239 до 0,385 кг/м³, а расход наносов — от 2,42 до 4,86 кг/сек. Наибольшая мутность на магистральной части канала была отмечена на гидроузле № 5 (0,846 кг/м³, рис. 1а), а наименьшая — на головном сооружении (0,239 кг/м³). Средняя мутность за период исследований на участке от Головного до узла № 6— 0,576 кг/м³.

Согласно наблюдениям, мутность воды вниз по течению канала Магаллак систематически возрастала. Среднее ее значение на гидроузле № 5 в 2,1—2,85 раза выше, чем на Голов-

ном сооружении. Такое распределение мутности по длине указывает на то, что в русле канала имели место в основном размывы ложа и русловые деформации нижних бьефов вододелительных узлов. В отличие от мутности расход наносов вследствие водоотбора убывал вниз по течению. Расход наносов на узле № 6 составлял 35—40% головного расхода.

Мутность воды во временной сети оросительной системы Магаллак изменялась в довольно широких пределах: в оросителях — от 0,025 до 0,926 кг/м³, в поливных бороздах — от 0,04 до 0,10 кг/м³.

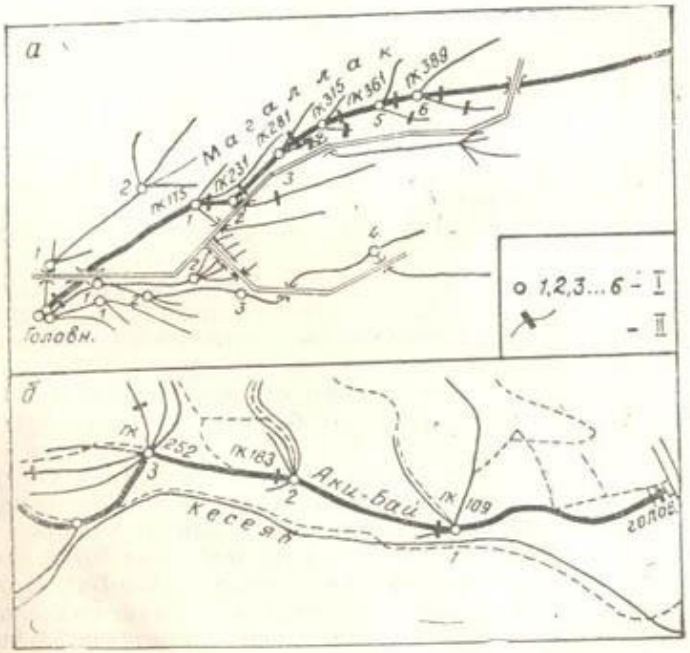


Рис. 1. Схемы оросительных систем:
а—Магаллак; б—Аки-Бай; I—вододелительные узлы, их номер; II—гидростворы на каналах.

В обычных условиях работы оросительных систем величина мутности временной сети зависит от режима наносов каналов старшего порядка и формируется под его влиянием. Во временную сеть подается такое количество наносов, которое при заданных гидравлических элементах каналов может свободно транспортироваться на поля, не вызывая заиления сети, и способствовать повышению плодородия почвы. Однако

при существующей планировке полей и технике полива хлопчатника подача нужного количества воды в борозды осуществляется созданием подпоров во временных оросителях на период поливов и устройством транзитных пропусков воды на большие расстояния. Поэтому во временной сети, как правило, интенсивное выпадение наносов периодически сменяется усиленными размывами отложений, то есть здесь происходят местные колебания мутности, мало зависящие от режима наносов каналов старшего порядка.

Аналогичная картина изменения мутности наблюдается и в бороздах во время полива. Наибольшая мутность в них наблюдается в момент пуска воды из временных оросителей или выводных борозд. В дальнейшем, по мере заполнения борозд водой и выполаживания гидравлического уклона, размывы поля постепенно затухают и совершенно прекращаются после наполнения борозд. Интенсивность размыва зависит от превышения уровня воды во временном оросителе над оголовками борозд, а также от общего уклона поверхности поля. Таким образом, мутность воды в поливных бороздах еще в меньшей мере, чем во временных оросителях, зависит от режима наносов старших каналов и формируется в основном под влиянием местных уклонов и периодически создаваемых подпоров.

По данным исследований 1973 г., в голову канала Аки-Бай поступало 0,152—0,219 кг/м³ наносов. В магистральной части происходили в основном размывы отложений. Средняя по длине и по времени мутность в канале — 0,171 кг/м³. Наибольшее значение мутности было отмечено на гидроузле № 3 — 0,220 кг/м³ (рис. 1б).

Исследования твердого стока временной сети системы Аки-Бай были выполнены на каналах с расходами воды от 20 до 202 л/сек. В зависимости от скорости течения мутность потока в каналах изменялась от 0,123 до 0,568 кг/м³, а расход наносов — от $44 \cdot 10^{-5}$ до $78 \cdot 10^{-3}$ кг/сек.

Мутность воды в бороздах колебалась в довольно широких пределах: от 0,006 до 0,350 кг/м³ в начале борозды и от 0,005 до 0,820 кг/м³ — в конце борозды. Такой широкий диапазон изменения мутности объясняется тем, что отборы проб воды производились в различные стадии полива: от момента пуска воды в борозду до полного заполнения ее водой и прекращения течения.

Во временной сети оросительной системы Аки-Бай, как и на Магаллаке, при поливах устраиваются перемычки, прокопы, влияющие на гидравлический уклон и скорость потока. Во временных каналах смывы отложений чередуются с осаждением наносов, поэтому для Аки-Бая, как и для Магаллака,

можно сделать вывод о том, что мутность временной сети каналов зависит прежде всего от местных условий: качества спланированности полей, организации и техники поливов и в небольшой мере — от режима наносов в каналах старшего порядка.

По крупности частиц взвешенные наносы каналов Магаллак и Аки-Бай относятся к мелкопесчаным составам. Содержание частиц диаметром менее 0,05 мм в начальных составах взвешенных наносов Магаллака и Аки-Бая равно соответственно 72,8 и 57%, а крупнее 0,05 мм — 27,2 и 43%.

Размывы ложа магистральных каналов Магаллак и Аки-Бай показывают, что фактическая мутность, равная, согласно исследованиям, 0,152—0,846 кг/м³, ниже транспортирующей способности потока. Произведем расчет транспортирующей способности каналов Магаллак и Аки-Бай, используя известные формулы:

В. В. Поспавского: $\rho_т = \varphi \cdot R \cdot i$, (1)

где φ — опытный коэффициент, равный 17000—24000;
R и i — гидравлический радиус и уклон;

С. Г. Чекулаева: $\rho_т = \alpha \sqrt{Rvi}$, (2)

где α — коэффициент, учитывающий состав взвешенных наносов, равный для условий Амударьи 450;
v — скорость потока, м/сек;

Г. О. Хорста: $\rho_т = 45 \frac{v^{3/2} R^{1/4} i}{\overline{w_0}}$, (3)

где $\overline{w_0}$ — средняя гидравлическая крупность взвешенных наносов, м/сек;

А. Г. Хачатряна: $\rho_т = 0{,}69 \frac{\tau^{3/2}}{(R \cdot w_0)^{1/2}}$, (4)

$$\rho_т = C_т \left(ln \frac{U_в}{w_1} - \frac{U_в - w_1}{U_в} \right), \quad (5)$$

где $C_т$ — постоянная кривой распределения наносов при полном насыщении потока, кг/м³;
$U_в$ — наибольшая взвешивающая скорость, равная

$$U_в = 0{,}065 (v - 0{,}05) \cdot i^{1/4} \text{ м/сек};$$

Е. А. Замарина: $\rho_т = 11v \sqrt{\frac{Rvi}{\overline{w_0}}}$; (6)

Е. А. Замарина с поправкой А. В. Ефремова:

$$\rho_т = 11v \sqrt{\frac{Rvi}{\overline{w_0}} \left(\frac{400}{Q} \right)^{0{,}2}}; \quad (7)$$

И. И. Горошкова:

$$\rho_т = 6420 \frac{i^{3/4} R^{1/4} \left(1 - \frac{v_0}{v}\right) \cdot \left(\frac{R}{h_{ср}}\right)^4}{\overline{w_0}}; \quad (8)$$

С. А. Гиршкана:

$$\rho_т = \frac{\alpha}{\overline{w_0}} \zeta^{0{,}4} i_0, \quad (9)$$

где α — коэффициент, зависящий от величины расхода, равный 0,55—0,85;
$i_0 = 10000i$ — уклон водной поверхности;

П. В. Михеева:

$$\rho_т = 430i \left(\frac{2U_в - \overline{w_0}}{U_в} + \frac{U_в - \overline{w_0}}{U_в + \overline{w_0}} \right), \quad (10)$$

где $U_в$ и $U_н$ —вертикальные восходящая и нисходящая скорости потока, равные соответственно

$$12{,}5 \left(\frac{R}{v_0} \right)^{1/10} (Ri)^{1/2} \text{ и } 0{,}11 \left(\frac{v_0}{R} i \right)^{1/4} \text{ м/сек,}$$

где v_0 —средняя продольная скорость потока, м/сек.

Гидравлические крупности начального состава взвешенных наносов w_1, w_{n+1} и $\overline{w_0}$ определим по известным уравнениям А. Г. Хачатряна*. В расчете используем данные наблюдений за режимом наносов 1973 г.

Произведя вычисления по формулам (1—10), найдем, что средняя расчетная мутность магистральной части канала Магаллак изменяется от 1,49 до 6,75 кг/м³, а на канале Аки-Бай— от 1,91 до 7,65 кг/м³ (таблица). Расчетная мутность превышает измеренную на Магаллаке от 3-х до 12 раз, а на Аки-Бае — от 11 до 45 раз. Большинство формул (1, 3—5, 8, 10) показывает, что при существующих гидравлических элементах каналов и фракционном составе взвешенных наносов Ма-

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

Таблица

Результаты расчета мутности по формулам транспортирующей способности потока каналов Магаллак и Аки-Бай

Место отбора проб (гидроузлы)	Q, м³/сек	v, м/сек	h, м	R, м	i	Измеренная мутность (1973 г.)	Мутность, рассчитанная по формулам								
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Магаллак, при $\overline{w_0}=2{,}14$; $w_1=0{,}06$; $w_{n+1}=21{,}0$ мм/сек																
Головное	12.20	0,92	1,37	1,22	$4{,}39\cdot10^{-3}$	0,30	9,10	9,98	9,20	4,52	6,54	4,82	9,86	—	3,08	8,30
1	10,20	0,91	1,62	1,22	$0{,}23\cdot10^{-3}$	0,50	4,75	7,20	4,55	4,31	5,07	3,42	7,03	2,94	1,66	3,48
2	7,75	0,70	1,48	1,23	$0{,}21\cdot10^{-3}$	0,51	4,26	5,91	2,72	2,84	3,32	2,32	5,00	3,38	1,20	3,14
3	4,16	0,74	1,10	0,86	$0{,}29\cdot10^{-3}$	0,61	4,51	6,30	3,85	3,60	4,30	2,32	6,16	4,25	1,42	3,98
4	3,02	0,94	0,85	0,65	$0{,}35\cdot10^{-3}$	0,65	3,65	6,61	5,52	4,90	6,35	3,25	8,55	4,90	1,44	3,71
5	3,01	0,56	0,79	0,72	$0{,}33\cdot10^{-3}$	0,72	3,99	5,89	2,99	2,98	2,99	1,55	4,20	7,09	1,27	4,17
6	1,98	0,78	0,70	0,56	$0{,}33\cdot10^{-3}$	0,72	3,19	5,28	4,54	4,75	4,85	2,12	6,45	3,49	1,07	4,40
Среднее						0,57	4,78	6,74	4,77	3,88	4,77	2,87	6,75	4,34	1,49	4,47
Временный ороситель	0,12	0,13	0,36	0,20	$1{,}08\cdot10^{-3}$	0,31	3,70	3,22	3,91	3,20	1,42	0,91	5,25	2,62	1,14	—
Аки-Бай, при $\overline{w_0}=1{,}81$; $w_1=0{,}017$; $w_{n+1}=21{,}5$ мм/сек																
Головное	15,80	0,59	1,68	1,59	$0{,}25\cdot10^{-3}$	0,18	6,80	6,90	4,52	2,22	3,80	2,36	4,50	8,35	2,30	5,70
1	9,65	0,44	1,81	1,50	$0{,}28\cdot10^{-3}$	0,17	6,05	5,66	2,25	1,51	2,73	1,50	3,12	3,52	1,84	5,80
2	5,67	0,51	1,19	1,05	$0{,}46\cdot10^{-3}$	0,16	8,30	5,10	4,50	2,10	4,10	2,16	5,10	11,10	2,82	9,45
3	3,68	0,47	1,19	1,02	$0{,}46\cdot10^{-3}$	0,16	7,82	4,77	3,74	1,84	3,58	3,58	4,60	6,15	2,34	9,74
Среднее						0,17	7,20	5,60	3,76	1,91	3,56	2,40	4,34	6,30	2,33	7,65
Временный ороситель	0,13	0,34	0,23	0,18	$1{,}65\cdot10^{-3}$	0,24	3,75	4,50	4,97	2,39	2,66	2,65	—	3,65	2,25	—

таллак может транспортировать до 4,8, а Аки-Бай до 4,0 кг/м³ наносов.

Транспортирующая способность временных оросителей каналов Магаллак и Аки-Бай равна соответственно 2,5 и 3,0 кг/м³.

Выводы

1. Полевые исследования показали, что мутность магистральных каналов Магаллак и Аки-Бай зоны Каракумского канала сравнительно невелика—0,152—0,846 кг/м³ и имеет тенденцию в основном к возрастанию вниз по течению воды. Мутность воды временной сети в зависимости от рельефных условий и хозяйственной деятельности водопользователей колеблется от 0,03 до 0,93 кг/м³. Надежной связи режима наносов временной сети с режимом постоянно действующих каналов в поливное время не обнаруживается.

2. Взвешенные наносы каналов Магаллак и Аки-Бай характеризуются мелкопесчаными составами. Согласно анализам механического состава наносов, в пробах содержится 60—70% частиц диаметром менее 0,05 мм: мелкой пыли, ила и глины.

3. Расчеты по известным формулам показали, что транспортирующая способность каналов Магаллак и Аки-Бай выше измеренной мутности. При существующих гидравлических элементах и фракционном составе взвешенных наносов канал Магаллак может транспортировать в среднем 4,8, а Аки-Бай—4,0 кг/м³ наносов. Транспортирующая способность временных оросителей в зависимости от организации и техники поливов, применяемых в хозяйствах, — 2,5—3,0 кг/м³.

Б. Т. КИРСТА

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕК ТУРКМЕНИИ

Гранулометрический состав взвешенных наносов является одной из характеристик, необходимых при решении некоторых гидротехнических вопросов, связанных с руслоформирующими процессами. Особенно большой интерес представляет механический состав наносов для тех рек, воды которых используются на орошение. Он в значительной степени определяет распределение отложений наносов по акватории водохранилищ и заиление оросительных каналов, в связи с чем в ряде случаев, кроме количественных характеристик стока взвешенных наносов, требуются и данные об их крупности. Несмотря на это до настоящего времени вопрос о гранулометрическом составе взвешенных наносов рек Туркмении недостаточно освещен в литературе. Приводимые в работах Г. И. Шамова [8], В. Л. Шульца [10] и некоторых других авторов сведения о гранулометрическом составе взвешенных наносов на основании небольшого числа анализов являются приближенными. Наблюдения последних лет позволяют дать более полную его характеристику, что и является основной задачей данной работы. В ней рассматривается гранулометрический состав взвешенных наносов Мургаба, Теджена и Атрека. По Амударье детальный механический состав взвешенных наносов не приводится, так как сведения о нем опубликованы [3].

Для характеристики крупности наносов использованы опубликованные в гидрологических ежегодниках [1] материалы наблюдений (в основном с 1950 г.). Данные за более ранний период отличаются относительной точностью. Это объясняется главным образом тем, что пробы всего брались батометром Жуковского, батометром-тахиметром и вертикально опускаемой бутылкой, которые занижают количество фракци >0,05 мм [7, 9]. Использовались также некоторые материалы из архивов Управления гидрометеорологической

службы Туркменской ССР и Туркменского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации.

Состав взвешенных наносов, как известно, определяется характером почвогрунтов и пород, слагающих поверхность водосбора и русло реки, и интенсивностью процессов эрозии. При этом в ряде случаев большое влияние на него будут оказывать местные особенности геологического строения, водный режим потока и другие факторы. В частности, многие реки Туркмении на отдельных участках протекают у отвесных берегов. Даже при небольшом подмыве таких берегов происходит обрушение значительных масс грунта, что вызывает не только увеличение мутности потока, но и изменение фракционного состава наносов.

Гранулометрический состав взвешенных наносов будет зависеть в основном от крупности частиц, поступающих в реку в результате поверхностного смыва с водосбора, и механического состава размываемых в русле пород и грунтов. Оказывает влияние на его колебания и величины расхода и общей мутности воды, фазы режима, местные деформации русла, обрушение берегов, наличие заросшей поймы и т. д., причем влияние ряда указанных факторов весьма значительно изменяется во времени. Вследствие этого каждый анализ механического состава наносов характеризует по существу их крупность только в какой-то непродолжительный отрезок времени. Содержание отдельных фракций различной крупности значительно колеблется даже в течение одного дня. Еще более четко выражено непостоянство гранулометрического состава наносов смежных дней, что хорошо видно из табл. 1, хотя данные таких наблюдений ограничены.

Колебания крупности наносов характерны для больших и малых рек. Они хорошо прослеживаются на р. Обойчай, водосбор которой составляет 184 км² и сложен в основном более или менее однородными по механическому составу суглинистыми и глинистыми почвогрунтами. Пробы здесь отбирались через 2—6 часов во время прохождения кратковременных дождевых паводков.

Анализ материалов наблюдений над гранулометрическим составом взвешенных наносов и данные табл. 1 позволяют сделать вывод, что характер слагающих поверхность водосбора и русло почвогрунтов определяют только основные черты механического состава наносов, например, преобладание частиц той или иной крупности. Однако под влиянием особенностей формирования стока в период, предшествующий отбору пробы на анализ, и фазы гидрологического режима (межень, половодье, паводок, подъем или спад), а также под воздействием местных факторов процентное содержание фракций раз-

Таблица 1

Гранулометрический состав взвешенных наносов по данным отдельных анализов

Время взятия пробы	Расход воды, м³/сек		Содержание частиц различного диаметра, % по весу								Диаметр наиболее крупной частицы, мм
	измеренный	среднесуточный	0,5—0,2	0,2—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005	>0,05	<0,05	
р. Мургаб — г. Тахта-Базар											
1966 16/IV	55,2	48,4	0,7	0,3	14,0	39,2	19,5	26,3	15,0	85,0	0,3
17/IV	53,2	48,4	0,3	0,4	10,4	48,5	1,5	38,9	11,1	88,9	0,4
р. Кашан — аул Кульджа											
1966 26/IV	10,0	10,0	0,3	1,1	12,9	46,4	9,8	29,5	14,3	85,7	0,4
27/IV	28,9	25,5	0,5	0,6	1,0	46,1	20,8	31,0	2,1	97,9	0,4
28/IV	16,0	18,6	0,3	0,2	16,3	49,5	8,4	25,3	16,8	83,2	0,4
р. Теджен — мост Пуль-и-Хатум											
1967 28/IV	418,0	245,0	0,2	1,6	3,1	50,6	2,3	42,2	4,9	95,1	0,3
28/IV		245,0	0,2	4,1	8,9	37,2	16,4	33,2	13,2	86,8	0,3
р. Теджен — аул Ата											
1957 30/III	126,0	123,0	0,2	2,0	13,4	34,7	12,5	37,2	15,6	84,4	0,3
31/III	103,0	102,0		1,4	9,2	19,4	19,3	50,7	10,6	89,4	0,2
1963 15/IV	15,8	10,3		0,2	0,3	13,5	30,7	55,3	0,5	99,5	0,3
16/IV	36,1	20,8		0,2	7,2	31,9	13,4	47,3	7,4	92,6	0,3
17/IV	4,7	8,6		1,2	6,8	15,1	18,9	58,0	8,0	92,0	0,2
18/IV	88,8	70,9		0,3	1,7	28,4	21,2	48,4	2,0	98,0	0,3
1967 17/IV	40,4	37,5	0,2	0,7	1,1	25,6	21,0	51,4	2,0	98,0	0,3
18/IV	73,6	70,6	0,2	0,2	0,3	22,3	19,5	52,5	0,7	99,3	0,4
р. Атрек — г. Кизыл-Атрек											
1957 16/V	—	17,9	—	0,1	0,8	34,2	19,5	45,4	0,9	99,1	0,2
16/V	—	17,9	—		0,1	27,4	18,3	54,2	0,1	99,9	0,2
р. Обойчай — аул Обой (Копетдаг)											
1954 11/VII*	—	—	0,1	0,8	7,6	40,3	18,2	33,0	8,5	91,5	—
11/VII	—	—		0,2	4,0	33,0	20,3	(42,5)	4,2	(95,8)	—
11/VII	—	—		0,1	1,1	12,9	19,9	(66,0)	1,2	(98,8)	—
27/VII	—	—		0,6	5,3	20,3	17,6	(56,2)	5,9	(94,1)	—
27/VII	—	—		0,1	2,7	30,4	18,9	47,9	2,8	97,2	—
27/VII	—	—		0,6	1,3	11,5	21,1	65,5	1,9	98,1	—
1955 1/I	—	—		0,4	3,2	18,2	21,1	57,1	3,6	96,4	—
1/I	—	—		0,0	0,2	8,1	18,9	72,8	0,2	99,8	—
1/I	—	—		0,0	0,2	17,4	0,7	81,7	0,2	99,8	—

* Ориентировочные значения мутности воды в момент отбора проб 11/VII соответственно составляли 391, 250 и 40 тыс. г/м³.

личной крупности может изменяться в весьма значительных пределах.

В связи со значительными колебаниями фракционного состава взвешенных наносов рек Туркмении во времени и возможными ошибками отдельных анализов[1] более надежными, по нашему мнению, являются средние месячные характеристики гранулометрического состава, полученные как среднее арифметическое из всех анализов за данный месяц. Следует отметить, что для получения надежных средних характеристик механического состава наносов рек Туркмении необходимо бо́льшее количество анализов, чем на реках других районов[2]. Из-за недостаточности анализов, приводимых для некоторых пунктов, среднемесячные значения крупности взвешенных наносов следует считать ориентировочными (р. Мургаб — аул Соиналы, р. Кушка—ж.-д. мост и урочище Палач-Пая, р. Теджен—аул Атаяб и развалины с. Яш-Гуч и другие). Но, как нам кажется, несмотря на это, они будут более верно отражать гранулометрический состав наносов, чем данные отдельных анализов.

Средний месячный гранулометрический состав взвешенных наносов рек Туркмении приведен в табл. 2. Его значения получены как среднее арифметическое из всех анализов за все годы за данный месяц. В ряде случаев по отобранным пробам проводился неполный гранулометрический анализ взвешенных наносов, а только определялось содержание более крупных фракций и суммарное количество частиц $<0{,}05$ мм. Как правило, эти пробы по механическому составу взвешенных наносов довольно значительно отличаются по сравнению с остальными анализами, а поэтому общее количество частиц $<0{,}05$ мм нельзя распределить пропорционально содержанию более мелких фракций в других пробах, по которым проводился полный гранулометрический анализ наносов. Для подсчета средних значений содержания более мелких фракций (0,05—0,01; 0,01—0,005 и $<0{,}005$ мм) нередко использовались не все имеющиеся анализы, а только те из них, в которых количество этих частиц определялось. В таких случаях полученные средние проценты содержания отдельных фракций $<0{,}05$ мм приводятся в скобках и, как правило, их общая сумма не равна процентному количеству частиц $<0{,}05$ мм, вычисленному из всех анализов.

Во взвешенных наносах рек Туркмении, как видно из табл. 2, преобладают частицы $<0{,}05$ мм: для Мургаба и его

[1] Как считает Д. Я. Раткович [5], только в зависимости от методики выполнения анализа процент содержания фракций $>0{,}05$ и $<0{,}01$ мм может изменяться в 2,9—3,4 раза.

[2] Вследствие значительных колебаний крупности наносов как по длине рек, так и во времени для одного и того же участка.

притоков они составляют примерно 60—80% и только в октябре их содержание снижается до 50%; для Теджена — в среднем не менее 78%, а в июле и ноябре — даже 91 и 98%, примерно, столько же или немного больше содержится их во взвешенных наносах Атрека.

Фракции $<0{,}005$ мм составляют в среднем: для Мургаба—16—30%, Кашана и Кушки — 20—40, Теджена и Атрека — 30—50%. Содержание частиц $>0{,}05$ мм во взвешенных наносах р. Теджен обычно не превышает 20% у моста Пуль-и-Хатум и 15% — у аула Ата. В наносах р. Мургаб их несколько больше, особенно в осенне-зимние месяцы, когда у Тахта-Базара они достигают 30—50%. В наносах Атрека на них приходится $\approx$2—10%. Наибольший диаметр частиц в большинстве случаев не превосходит 0,4—0,5 мм. Частицы большего размера встречаются только в отдельных анализах, а в наносах Атрека их вообще нет.

Для детального анализа сезонного хода изменения крупности взвешенных наносов рек Туркмении данных недостаточно, так как нет уверенности в том, что полученные по различному числу анализов средние месячные значения содержания отдельных фракций вполне сопоставимы между собой. Особенно это относится к рекам, для режима которых свойственно прохождение нескольких дождевых паводков. Однако можно отметить, что на реках Мургаб и Атрек достаточно ясно выражена тенденция увеличения частиц $>0{,}05$ мм в осенне-зимний период. В половодье их количество уменьшается.

Несколько особо стоит вопрос об определении среднего многолетнего содержания частиц различной крупности для годового периода. Подсчет среднего годового гранулометрического состава взвешенных наносов как среднего арифметического из средних месячных значений, как это было сделано для Амударьи [3], не учитывает внутригодовой неравномерности стока взвешенных наносов. По-видимому, более верным является его (с учетом внутригодового распределения стока взвешенных наносов) вычисление как среднего взвешенного значения (табл. 3). Как видно из табл. 3, расхождения между средними годовыми значениями процентного содержания фракций различной крупности, вычисленными как среднее арифметическое и среднее взвешенное, достаточно существенны[1].

Вопрос об изменении крупности взвешенных наносов рек Туркмении вниз по течению на основании имеющихся материалов наблюдений окончательно решить невозможно. Исходя из данных табл. 2 и 3 на р. Мургаб между аулом Соиналы

[1] В табл. 3 включены заимствованные из работы [3] характеристики крупности наносов по Амударье в пределах Туркмении.

Таблица 2

Средний гранулометрический состав взвешенных наносов

Диаметр частиц, мм	Содержание частиц различного диаметра, % по весу											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
р. Мургаб — аул Сонналы (1964—1970 гг.)												
Число анализов	2	3	5	6	5	4	3	3	4	1	2	1
1,0 —0,5										8,0		0,2
0,5 —0,2	1,7	0,6	0,1	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,2	0,1	8,1	1,7
0,2 —0,1	6,5	4,4	2,3	1,8	4,4	2,7	1,1	3,1	2,6	18,0	20,6	5,6
0,1 —0,05	20,6	12,9	13,6	15,7	14,6	15,8	22,6	14,1	17,0	31,0	12,5	13,6
0,05—0,01	—	(49,6)	53,3	45,8	(42,8)	(46,2)	(50,4)	(47,5)	(50,2)	—	(38,9)	48,7
0,01—0,005	—	(10,1)	13,9	12,5	(13,7)	(8,3)	(10,6)	(10,8)	(14,1)	-	(22,1)	8,2
<0,005	—	(15,5)	16,8	23,9	(25,4)	(25,6)	(16,9)	(15,2)	(20,0)	—	(30,1)	22,0
>0,05	28,8	17,9	16,0	17,8	19,3	19,0	24,0	17,6	19,8	57,1	41,2	21,1
<0,05	71,2	82,1	84,0	82,2	80,7	81,0	76,0	82,4	80,2	42,9	58,8	78,9
р. Мургаб — г. Тахта-Базар (1951, 1953—1970 гг.)												
Число анализов	13	21	20	29	17	16	12	8	5	9	9	5
1,0 —0,5					0,0		0,1		0,0			
0,5 —0,2	2,3	1,2	0,7	0,4	0,7	0,3	0,6	1,6	1,4	6,2	2,4	2,0
0,2 —0,1	6,6	5,3	5,3	2,4	7,4	5,2	5,2	3,1	8,0	6,8	9,0	3,4
0,1 —0,05	18,8	15,3	16,6	16,9	19,2	19,1	21,9	18,5	22,1	35,0	18,9	30,8
0,05—0,01	(37,9)	(37,0)	(41,4)	44,4	(38,4)	(47,0)	(32,2)	(42,7)	—	—	—	(26,4)
0,01—0,005	(13,4)	(14,1)	(13,8)	13,4	(15,2)	(9,7)	(19,7)	(13,4)	—	—	—	(14,6)
<0,005	(29,8)	(31,5)	(28,2)	22,4	(22,2)	(20,8)	(19,5)	(26,5)	—	—	—	(22,0)
>0,05	27,7	21,8	22,6	19,7	27,3	24,6	27,8	23,2	31,5	48,0	30,3	36,2
<0,05	72,3	78,2	77,4	80,3	72,7	75,4	72,2	76,8	68,5	52,0	69,7	63,8
р. Кашан — аул Кульджа (1951, 1953—1970 гг.)												
Число анализов	13	13	21	29	10	3	2			7	7	8
1,0 —0,5			0,0									
0,5 —0,2	4,0	1,5	0,8	0,3	1,2	1,1	2,4			0,0	0,0	0,0
0,2 —0,1	10,5	7,2	4,8	2,7	3,9	4,8	8,2			0,9	4,9	4,4
0,1 —0,05	14,8	12,8	12,6	17,1	19,3	20,2	10,6			4,1	13,0	10,1
0,05—0,01	(27,5)	(28,7)	(38,1)	(42,7)	(37,9)	40,4	31,4			17,9	19,7	15,6
0,01—0,005	(12,1)	(12,2)	(13,4)	(12,0)	(12,2)	10,2	12,5			(27,3)	(37,2)	(24,6)
<0,005	(22,9)	(37,8)	(32,1)	(28,3)	(29,7)	23,3	34,9			(13,6)	(13,1)	(16,0)
>0,05	29,3	21,5	18,2	20,1	24,4	26,1	21,2			(40,8)	(21,9)	(29,3)
<0,05	70,7	78,5	81,8	79,9	75,6	73,9	78,8			22,9	34,6	30,1
										77,1	65,4	69,9
р. Кушка — ж.-д. мост (1962, 1963, 1965—1970 гг.)												
Число анализов	5	5	5	6	4							2
0,5 —0,2	0,5	0,6	1,0	0,4	0,2						—	0,3
0,2 —0,1	2,7	8,8	3,3	4,2	1,6						—	4,8
0,1 —0,05	16,6	30,8	14,4	20,0	10,3						—	13,9
0,05—0,01	(22,8)	(20,4)	(32,9)	(28,2)	34,5						—	37,8
0,01—0,005	(20,9)	(12,6)	(22,1)	(15,3)	30,5						—	10,6
<0,005	(44,4)	(36,4)	(32,2)	(28,8)	22,9						—	32,6
>0,05	19,8	40,2	18,7	24,6	12,1						—	19,0
<0,05	80,2	59,8	81,3	75,4	87,9						—	81,0
р. Кушка — уроч. Палач-Пая (1951, 1953—1962 гг.)												
Число анализов	5	7	13	6	4					1	1	—	4
0,5 —0,2	(1,5)	(1,5)	(0,6)	(1,0)	0,2					0,2	0,1	—	(0,8)
0,2 —0,1	(2,0)	(8,3)	(3,4)	(5,3)	5,1					10,5	7,9	—	(4,7)
0,1 —0,05	(15,7)	25,6	23,6	25,1	22,5					43,5	45,2	—	12,8
0,05—0,01	(22,0)	(32,2)	(30,5)	(34,0)	(26,1)					—	25,7	—	(17,0)
0,01—0,005	(13,4)	(12,2)	(12,7)	(13,2)	24,2					—	6,0	—	(17,3)
<0,005	(31,1)	(18,5)	(28,0)	(23,0)	21,9					—	15,1	—	(51,3)
>0,05	26,3	35,4	27,6	31,4	27,8					54,2	53,2	—	18,3
<0,05	73,7	64,6	72,4	68,6	72,2					45,8	46,8	—	81,7

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
р. Теджен —мост Пуль-и-Хатум (1953—1969 гг.)												
Число анализов	8	19	21	34	27	5	1				3	4
1,0 —0,5	0,3	0,0		0,0	0,0	0,1	0,3					
0,5 —0,2	1,3	0,7	0,9	0,9	1,4	3,5	0,7				0,3	0,4
0,2 —0,1	2,6	3,0	3,9	3,0	3,0	6,7	2,6				0,6	4,5
0,1 —0,05	10,8	10,6	12,2	12,9	11,9	11,9	5,8				1,6	8,5
0,05—0,01	(22,3)	(29,4)	(29,6)	35,8	(36,3)	(21,8)	30,6				(16,9)	(20,2)
0,01—0,005	(15,3)	(16,6)	(15,4)	14,2	(17,0)	(9,4)	34,6				(24,5)	(12,2)
⩽0,005	(46,8)	(42,0)	(36,8)	33,2	(30,9)	(41,4)	25,4				(55,2)	(51,1)
⩾0,05	15,0	14,3	17,0	16,8	16,3	22,2	9,4				2,5	13,4
⩽0,05	85,0	85,7	83,0	83,2	83,7	77,8	90,6				97,5	86,6
р. Теджен — аул Атаяб (1949—1951, 1953—1954 гг.)												
Число анализов	2	3	7	8	5	5					—	—
⩾0,05	19,1	2,6	8,9	13,7	7,5	22,1					—	—
⩽0,05	80,9	97,4	91,1	86,3	92,5	77,9					—	—
р. Теджен — аул Ата (1954—1970 гг.)												
Число анализов	8	11	25	42	30	12	1				1	5
0,5 —0,2	0,6	0,5	0,3	0,1	0,2	0,4						1,0
0,2 —0,1	3,2	2,8	1,5	0,5	1,4	1,4	3,0				0,3	2,6
0,1 —0,05	10,4	7,4	28,3	7,4	11,0	11,3	9,2				7,8	13,7
0,05—0,01	(25,2)	(28,2)	29,3	33,7	36,7	(28,8)	—				16,3	—
0,01—0,005	(29,3)	(29,3)	19,8	18,8	15,5	(17,1)	—				47,0	—
⩽0,005	(34,6)	(36,1)	41,4	39,5	35,2	(40,8)	—				28,6	—
⩾0,05	14,2	10,7	10,5	8,0	12,6	13,1	12,2				8,1	17,3
⩽0,05	85,8	89,3	89,5	92,0	87,4	86,9	87,8				91,9	82,7

р. Теджен — развалины с. Яш-Гуч (1961—1963 гг.)												
Число анализов	1	2	4	2	2	—	2	2	1	—	1	1
0,5 —0,2		2,0	0,1		0,2	—	0,0	1,2	0,7	—		0,1
0,2 —0,1	17,7	14,8	6,0	5,9	10,6	—	9,2	13,7	14,0	—	0,2	0,5
0,1 —0,05	45,4	23,6	26,7	26,8	51,0	—	50,4	28,4	40,1	—	3,8	3,3
⩾0,05	63,1	40,4	32,8	32,7	61,8	—	59,6	43,3	54,8	—	4,0	3,9
⩽0,05	36,9	59,6	67,2	67,3	38,2	—	40,4	56,7	45,2	—	96,0	96,1
р. Атрек — г. Кизыл-Атрек (1953—1960, 1963—1964 гг.)												
Число анализов	4	7	8	11	15	9	2	3	4	4	5	2
0,5 —0,2	0,0		0,0	0,1	0,1	0,0	0,0		0,1	0,1	0,4	
0,2 —0,1	0,1	0,6	0,3	0,1	0,8	0,3	0,0	0,3	0,7	1,9	2,6	0,1
0,1 —0,05	10,2	9,2	6,8	4,4	4,2	2,4	5,9	1,2	3,9	8,4	4,9	14,2
0,05—0,01	42,8	(34,6)	33,9	37,8	(29,3)	(27,9)	(43,0)	(16,8)	(30,6)	24,4	26,3	39,2
0,01—0,005	15,1	(18,2)	14,2	19,2	(20,8)	(16,6)	(12,9)	(32,6)	(20,8)	17,1	20,3	10,2
⩽0,005	31,8	(38,5)	44,8	38,4	(45,3)	(53,8)	(39,4)	(50,6)	(42,0)	48,1	45,5	36,3
⩾0,005	10,3	9,8	7,1	4,6	5,1	2,7	5,9	1,5	4,7	10,4	7,9	14,3
⩽0,05	89,7	90,2	92,9	95,4	94 9	97,3	94,1	98,5	95,3	89,6	92,1	85,7

Таблица 3

Средний годовой гранулометрический состав взвешенных наносов, %

Диаметр частиц, мм	р. Амударья		р. Мургаб		р. Кашаи аул Кульджа	р. Кушка		р. Теджен				р. Атрек-г. Кизыл-Атрек
	Керки	кишлак Ильчик	аул Соина-лы	Тахта-Базар		ж.-д. мост	урочище Палач-Пая	мост Пуль-и-Хатум	аул Атаяб	аул Ата	развалины с. Яш-Гуч	
Число анализов	236	195	39	164	113	27	41	122	30	135	18	74
1,0—0,5	0,3*	0,0	0,7	0,0	0,0			0,1				
	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0				
0,5—0,2	4,6	3,6	1,2	1,7	2,2	0,5	(0,7)	1,1	—	0,3	0,4	0,1
	3,1	2,1	0,4	0,6	0,8	0,5	(0,8)	1,2		0,2	0,4	0,1
0,2—0,1	15,2	10,0	6,1	5,6	6,6	4,2	(6,1)	3,3	—	1,9	9,3	0,6
	12,5	7,1	3,0	4,6	3,9	4,8	(4,8)	3,2		1,1	9,2	0,5
0,1—0,05	11,9	13,6	17,0	21,1	16,0	17,7	(27,5)	9,6	—	9,7	29,9	6,3
	11,3	12,6	15,2	17,7	16,6	20,1	(24,3)	12,2		9,2	32,8	4,6
0,05—0,01	41,3	33,4	(43,4)	(35,7)	(33,1)	(28,2)	(25,9)	(26,6)	—	(27,5)	—	(32,1)
	45,0	36,8	(45,8)	(40,5)	(38,5)	(27,6)	(31,8)	(34,8)		(33,8)		(30,7)
0,01—0,005	12,2	14,0	(11,7)	(13,0)	(12,5)	(17,9)	(13,7)	(18,1)	—	(24,9)	—	(18,2)
	13,7	15,0	(12,4)	(13,5)	(12,1)	(17,3)	(13,7)	(15,7)		(18,4)		(19,6)
<0,005	14,5	25,4	(19,9)	(22,9)	(29,6)	(31,5)	(26,1)	(41,2)	—	(35,7)	—	(42,7)
	14,2	26,4	(23,2)	(23,1)	(29,1)	(29,7)	(24,6)	(33,0)		(37,3)		(44,5)
>0,05	32,0	27,2	25,0	28,4	24,8	22,4	34,3	14,1	12,3	11,9	39,6	7,0
	27,1	21,8	18,6	22,9	21,3	25,4	29,9	16,6	10,4	10,5	42,4	5,2
<0,05	68,0	72,8	75,0	71,6	75,2	77,6	65,7	85,9	87,7	88,1	60,4	93,0
	72,9	78,2	81,4	77,1	79,7	74,6	70,1	83,4	89,6	89,5	57,6	94,8
В среднем	0,034	0,010	0,046	0,043	0,042	0,032	0,042	0,028	—	0,023	—	0,018
	0,055	0,011	0,033	0,036	0,035	0,035	0,040	0,031		0,022		0,017

* В числителе — значения среднего годового гранулометрического состава взвешенных наносов, вычисленные как среднее арифметическое из средних месячных значений, в знаменателе — как средняя взвешенная величина по отношению к процентному распределению твердого стока. Для увязки при расчете среднего годового содержания фракций 0,05—0,01, 0,01—0,005 и <0,005 мм в средние значения, полученные не по всем, а только по полным анализам, вводились поправки пропорционально весу каждой из них.

и Тахта-Базаром (расстояние 70 км) суммарное содержание частиц >0,05 мм вниз по течению, по-видимому, несколько возрастает. Причиной этого, вероятно, является влияние впадающего выше Тахта-Базара притока р. Кашан или некоторый размыв русла, который, возможно, имеет место на этом участке. Увеличивается содержание более крупных фракций и на р. Кушке между ж.-д. мостом и урочищем Палач-Пая (расстояние 34 км). Однако не исключено, что это вызывается несинхронностью периодов изучения гранулометрического состава наносов и малым количеством анализов. На р. Теджен до водохранилищ, наоборот, вниз по течению содержание частиц >0,05 мм между Пуль-и-Хатумом и Ата (расстояние 160 км) существенно уменьшается. Одной из основных причин этого, вероятно, является осаждение части наносов (главным образом более крупных фракций) на заросшей пойме, которая заливается во время прохождения значительных расходов воды [2]. Возможно, некоторую роль в этом играет и обрушение берегов, сложенных глинистыми грунтами.

По р. Атрек крупность наносов также, по-видимому, уменьшается вниз по течению. Так, по данным трех проб, взятых в 93 км выше от Кизыл-Атрека (ниже устья его правого притока р. Сумбар), в апреле 1967 г. среднее содержание фракций >0,05 мм составило 7,9%, причем в двух из них имелись частицы размером 1,0—0,5 мм. У Кизыл-Атрека в апреле в среднем фракций >0,05 мм содержится 4,6% (см. табл. 2), а частицы >0,5 мм вообще отсутствовали.

Особый интерес представляют данные о фракционном составе взвешенных наносов р. Теджен у развалин с. Яш-Гуч, расположенного примерно в 60 км ниже плотины Второго Тедженского водохранилища. Практически все наносы р. Теджен задерживаются в водохранилищах. Так, например, в 1964 г. средняя годовая мутность воды в нижнем бьефе Второго Тедженского водохранилища составляла 34 г/м³, ее максимальное значение не превышало 240 г/м³, средний годовой расход наносов равнялся 0,63 кг/сек, а выше водохранилищ, у аула Ата, значения этих показателей были соответственно равны 21 900 г/м³, 150 000 г/м³ и 570 кг/сек [6].

У с. Яш-Гуч в 1961, 1963 гг. максимальная мутность воды достигала 5400 г/м³, а характеристики твердого стока соответственно составляли: средняя годовая мутность — 833 и 531 г/м³, средний годовой расход взвешенных наносов — 16 и 13 кг/сек. Можно считать, что эти наносы образовались за счет размыва русла, так как величина их стока, поступающего в нижний бьеф Второго Тедженского водохранилища, не выходит за пределы точности подсчета твердого стока. Различие в гранулометрическом составе взвешенных наносов у аула Ата и развалин с. Яш-Гуч, где содержание частиц >0,05 мм в четыре раза выше, вызвано именно тем, что у последнего пункта взвешенные наносы имеют исключительно русловое происхождение.

Зависимость между содержанием фракций <0,05 мм и величинами расходов воды, характерная для Амударьи [3, 8], на остальных реках Туркмении ясно не прослеживается, не выражена она даже на р. Теджен у развалин с. Яш-Гуч, где взвешенные наносы формируются только за счет размыва русла. Это подтверждает многочисленность факторов, влияющих на гранулометрический состав наносов, в частности местных гидравлических особенностей потока, возникающих на отдельных участках реки в различные фазы режима.

Крайне мало сведений о гранулометрическом составе взвешенных наносов малых рек северо-восточного склона Копетдага и логов Юго-Западной Туркмении. По большинству из них вообще нет никаких данных. В течение большей части года мутность воды непересыхающих рек северо-восточного склона Копетдага, имеющих в основном подземное питание, незначительна [2], поэтому можно предполагать, что в их наносах должны преобладать мелкие фракции. Во время прохождения паводков мутность воды значительно возрастает и может достигать 10 000—100 000 г/м³ и больших значений. Однако и во время паводков в наносах большей части рек будут, по-видимому, преобладать частицы <0,05 мм. Это подтверждается данными табл. 4, в которой собраны известные автору данные по гранулометрическому составу взвешенных наносов малых рек и логов Туркмении. Только при катастрофических паводках селевого типа, когда в отдельных случаях максимальные расходы воды могут достигать 100 м³/сек и более, происходят значительные деформации русла и берегов, за счет чего, вероятно, должно повышаться содержание более крупных фракций во взвешенных наносах некоторых рек.

По данным наблюдений на р. Обойчай (см. табл. 1), наибольшее содержание крупных фракций в наносах наблюдается в начале паводка, а затем их количество постепенно уменьшается. Нам кажется, что такое положение правомерно и для большей части паводков на других малых реках и логах. Все более или менее значительные паводки формируются ливнями большой интенсивности, чаще всего выпадающими на сухую почву. Подъем уровня и увеличение расходов происходит быстро и резко. Паводок как бы «идет валом» высотой до одного метра, а иногда и выше. Паводочная волна быстро насыщается наносами, унося с собой свободно лежащие на поверхности продукты денудации. После их смыва формирование

Таблица 4

Гранулометрический состав взвешенных наносов Сумбара, водотоков северо-восточного склона Копетдага и лога Змеиного (Юго-Западная Туркмения)

Площадь водосбора, км²	Время взятия пробы, г.		Мутность, г/м³	Содержание частиц различного диаметра, % по весу									Диаметр наиболее крупной частицы, мм
				1,0–0,5	0,5–0,2	0,2–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	<0,005	>0,05	<0,05	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				р. Сумбар — аул Шарлоук									
7120	1964	20/V	—		0,1	0,1	0,7	24,0	20,7	54,4	0,9	99,1	0,2
				р. Сумбар, устье									
8270	1937	Среднее из 4 проб за апрель	—	0,1	0,9	4,4	7,3	25,5	21,6	40,2	12,7	87,3	0,5
		Наибольшее	—	0,3	2,8	9,5	15,2	37,9	25,6	47,5	27,6	95,1	0,9
		Наименьшее	—		0,1	1,5	3,2	11,9	17,9	34,2	4,9	72,4	0,2
				р. Обойчай — аул Обой									
178	1954 1955	Среднее из 10 проб	—		0,0	0,3	2,7	22,0	20,6	(54,4)	3,0	(97,0)	—
		Наибольшее	391000		0,1	0,8	7,6	40,3	49,1	81,7	5,9	99,8	—
		Наименьшее	—			0,0	0,2	8,1	0,7	21,1	0,2	94,1	—
				р. Фирюзинка — с. Фирюза									
361	1957 1958	9/V	—	5,6	5,7	2,7	6,9	35,1	14,5	29,5	20,9	79,1	2,1
		·/III	—				0,2	35,5	19,6	44,7	0,2	99,8	0,2
				Лог Змеиный*, 0,09 км от устья									
0,071	1962 1964 1967	Среднее из 22 проб	—	0,0	0,4	3,3	18,0	22,9	11,1	44,3	21,7	78,3	0,3
		Наибольшее	—	0,2	3,9	17,0	57,9	46,5	25,3	82,4	62,1	99,2	0,6
		Наименьшее	—			0,1	0,5	8,4	2,9	13,6	0,8	39,9	0,1
				р. Аджидере**, у выхода из гор									
(2790)	1972	7/V	147000	0,1	0,6	0,2	0,4	3,7	2,4	89,0	0,9	99,1	—
—	1972	7/V	146000	0,1	1,3	7,7	2,0	2,1	0,5	86,3	9,1	90,9	—
				Кизыл-Арват**									
—	1972	6/V	46900	0,7	5,5	12,8	8,0	8,8	15,2	49,0	19,0	81,0	—
		7/V	16700	0,1	0,1	9,7	0,8	4,3	75,2	9,8	9,9	90,1	—
				Лог Уч-Гез**									
—	1972	8/V	75500	23,3	14,0	10,6	5,0	4,3	10,2	32,6	47,9	52,1	—
				Лог Орта-Гез**									
—	1972	13/V	3664	3,2	1,6	5,8	5,0	7,4	11,3	65,7	10,6	89,4	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			р. Арваз**, у выхода из гор										
(445)	1972	20/V	328000	0,1	5,1	7,4	13,5	19,3	9,8	44,8	12,6	87,4	—
—		24/V	17140	0,1	0,8	12,2	8,4	27,7	8,2	42,6	13,1	86,9	—
			Дегирменджик**, в горах										
—	1972	18/V	8790	0,0	0,5	0,1	7,1	14,2	12,5	65,6	0,6	99,4	—
			Дегирменджик**, у выхода из гор										
377	1972	18/V	11330	3,4	2,1	0,1	4,6	11,2	11,9	66,7	5,6	94,4	—
			Келатчай (Душак)**, у выхода из гор										
455	1972	27/V	4466	0,0	0,1	19,1	9,0	7,9	16,6	47,3	19,2	80,8	—

* Подсчитаны по данным наблюдений Западно-Туркменской водобалансовой станции [4].
** По данным института «ТуркменНИИГиМ». Пробы по всем водотокам, кроме р. Арваз (20/V 1972 г.), брались на спаде паводков. По р. Аджидере они взяты одна за другой почти в одно и то же время.

твердого стока будет происходить в основном за счет размыва почвогрунтов, причем в первую очередь вымываются мелкие частицы, а поэтому должно уменьшаться содержание в наносах более крупных фракций. Это, по-видимому, относится главным образом к паводкам относительно небольших размеров. При прохождении значительных расходов воды начнется интенсивный размыв русла и подмыв берегов, за счет чего, как уже указывалось, содержание крупных фракций может увеличиваться. На спаде паводка происходит уменьшение стока, а значит и снижение транспортирующей способности потока, вследствие чего начинается осаждение более крупных фракций.

Все высказанные соображения о характере колебаний гранулометрического состава наносов в течение паводка на малых реках могут быть отнесены и к логам. Для проверки их правильности и соответствия действительно имеющим место на тех или других водотоках закономерностям изменения механического состава наносов требуется проведение специальных исследований. На основании же имеющихся материалов наблюдений можно только отметить, что во взвешенных наносах малых рек и логов Туркмении во время паводков преобладают в основном частицы $<0{,}05$ мм, а процентное содержание отдельных фракций различной крупности значительно колеблется. Однако не исключено, что на некоторых водотоках в отдельные фазы происхождения паводков содержание фракций $>0{,}05$ мм может достигать 40—50%. Это, например, наблюдалось на логе Орта-Гез.

Выводы

1. На реках Туркмении во взвешенных наносах преобладают частицы $<0{,}05$ мм, содержание которых составляет в среднем от 70 до 95%.

2. Средний взвешенный диаметр взвешенных наносов рек Туркмении находится в пределах 0,017—0,040 мм, а по Амударье у Керки достигает 0,055 мм.

3. Вследствие значительной изменчивости гранулометрического состава взвешенных наносов во времени, для получения его надежных средних многолетних значений за отдельные месяцы необходимо не менее 10—20 анализов. Характеристика фракционного состава наносов по отдельным пробам может приводить к значительным погрешностям.

4. Для средней годовой характеристики гранулометрического состава взвешенных наносов необходимо использовать не средние арифметические, а средние взвешенные значения процентного содержания фракций различной крупности, полу-

ченные с учетом внутригодового распределения твердого стока.

5. По р. Теджен вниз по течению до водохранилищ крупность наносов значительно уменьшается (за счет осаждения во время прохождения паводков части наносов на заросшей пойме). Ниже водохранилищ наносы имеют в основном только русловое происхождение, в связи с чем их крупность увеличивается.

6. По рекам Мургаб (на участке Соиналы—Тахта-Базар) и Кушка (на участке ж.-д. мост — Палач-Пая) вниз по течению под влиянием местных особенностей крупность наносов, по-видимому, несколько увеличивается.

7. В гранулометрическом составе взвешенных наносов большей части малых рек и временных водотоков Копетдага и Западной Туркмении во время прохождения паводков преобладают фракции $<0{,}05$ мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрологические ежегодники, т. 5, вып. 4, 9 за 1949—1970 гг.
2. Кирста Б. Т. Сток взвешенных наносов рек Туркмении. Ашхабад, «Ылым», 1970.
3. Кирста Б. Т. Гранулометрический состав взвешенных наносов и донных отложений Амударьи и Каракумского канала.—В кн.: Вопросы водного хозяйства в Туркменистане. Ашхабад, «Ылым», 1973.
4. Материалы наблюдений Западно-Туркменской воднобалансовой станции Бекибент, вып. 3. Ташкент, 1970.
5. Ратькович Д. Я. К методике гранулометрического анализа речных наносов. — Труды Гидропроекта, вып. 4. Гидрология и водное хозяйство. М., 1960.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики, т. 14. Средняя Азия, вып. 4. Туркмения. Л., Гидрометеоиздат, 1967.
7. Семенова Е. С. Сравнительная оценка приборов для взятия проб взвешенных наносов. — Труды ГГИ, вып. 36 (90). Л., Гидрометеоиздат, 1952.
8. Шамов Г. И. Гранулометрический состав наносов рек СССР. — Труды ГГИ, вып. 18 (72). Л., Гидрометеоиздат, 1951.
9. Шамов Г. И. Речные наносы. Л., Гидрометеоиздат, 1959.
10. Шульц В. Л. Реки Средней Азии. Л., Гидрометеоиздат, 1965.

В. С. АЛТУНИН, С. А. АННАЕВ,
С. А. АШИРОВ, Ю. В. ПИСАРЕВ

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К РАСЧЕТУ ПЛАНОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЛЕГКОРАЗМЫВАЕМЫХ БЕРЕГОВ

Для изучения локального явления — дейгиша и выработки рациональных мероприятий по защите берегов в зоне его образования в меженный период (январь—февраль 1971 г.) было проведено обследование среднего течения Амударьи (от г. Керки до гидропоста Ильчик), где в отдельных местах наблюдались интенсивные локальные деформации левого берега. Наиболее крупным районом образования дейгиша является участок выше гидропоста Ильчик. Район наблюдения охватывает участок Амударьи длиной 6 км.

Первоначально дейгиш на этом участке образовался в мае—июне 1969 г. и нанес большой ущерб колхозу им. В. И. Ленина Дейнауского района, территория которого примыкает к левому берегу Амударьи. Только за 1970—1971 гг. рекой смыто земель площадью 144 га, из них 80 га — орошаемых, занятых под хлопчатник. Кроме того, под угрозой разрушения и смыва оказалась шоссейная дорога и линия ЛЭП.

Натурные наблюдения за развитием дейгиша на рассматриваемом участке в период летнего паводка 1970—1971 гг. показали, что деформация левого берега Амударьи была вызвана образованием осередка (островка). Осередок шириной 1,3 и длиной 3,8 км стеснил ширину речного русла $B_р$ = $=2{,}25$ км в начале криволинейного участка, на котором наблюдался дейгиш, до $B_д=300$ м. Отношение $\frac{R_д}{B_д}=7{,}5$ ($R_д$ — радиус кривизны динамической оси потока при дейгише; $B_д$ — ширина речного русла при дейгише. Угол свала потока $\alpha_д=52°$).

Интенсивность размыва берега была велика, достигая

0,4—0,5 м вглубь и 15—20 м по длине за 30 мин. Продукты размыва откладывались ниже по течению на расстоянии 2,5—4,5 км, образовывая новые осередки меньших размеров, расположенных в шахматном порядке между первым осередком, вызвавшим дейгиш, и размываемым берегом. По мере размыва берега размеры этих осередков увеличивались.

Для ликвидации возникшего дейгиша было решено отвлечь основную часть расхода воды от левого берега посредством русловыправительных работ. Предусматривалось устройство прорези в виде Пионерной траншеи шириной 80 м, средней глубиной 4 м и длиной 4 км, перекрытие основного русла реки шириной 400 м и сооружение дамбы обвалования длиной 2 км. Объем всех работ составил около 1,5 млн. м³.

Строительство прорези было выполнено в ускоренном темпе в течение 4 месяцев (октябрь 1970 г. — начало февраля 1971 г.). Продольный уклон ее был равен 0,00029, первоначальная пропускная способность — около 35% общего расхода реки. Эксплуатация прорези обеспечила резкое снижение интенсивности размыва левого берега. Для защиты берега от дальнейшего размыва одновременно были возведены три каменнонабросные шпоры (длиной около 30 м).

Постепенное уширение прорези за счет больших уклонов по сравнению с основным руслом увеличило ее пропускную способность: в период летнего паводка 1971 г. через нее проходило примерно 50% общего расхода. В период с 20 февраля до 20 мая прорезь уширялась в среднем на 0,5 м/сутки. Ширина ее после уширения составила 145 м. С апреля до середины сентября по прорези осуществлялось судоходство. С начала эксплуатации прорези до осени 1971 г. в ее головной и концевой части режим работы поддерживался землесосами. С прекращением работы землесосов пропускная способность прорези начала несколько падать и в концевой части образовался подпор из-за интенсивного отложения продуктов размыва верхних участков. К началу ноября продольный уклон прорези уменьшился до 0,00012, пропускная способность — до 20% расхода реки.

Осенью нормальные условия эксплуатации прорези нарушились вследствие прекращения работы землесосов, и приостановленный размыв левого берега возобновился.

На опытном участке Ильчик ТуркменНИИГиМом была создана база для наблюдений за дейгишем. В период с июня по август 1971 г. экспедиции ТуркменНИИГиМа и его Чарджоуской опытно-мелиоративной станции при участии кафедры гидравлики Московского института инженеров железнодорожного транспорта провели натурные гидрометрические измерения с плановой съемкой этого участка с целью изучения процесса интенсивного размыва берега во времени.

Результаты наблюдений по обрушению берега во время дейгиша приведены в табл. 1.

Номера промерных створов указаны на плане рассматриваемого участка. Наиболее интенсивный размыв берега в 1971 г. наблюдался в сентябре — 11,2 м/сутки. Явление дейгиша здесь продолжается и в настоящее время, только его эпицентр сместился вниз по течению.

Таблица 1

Интенсивность деформаций берега при дейгише

Дата наблюдений	Расход воды, м³/сек			Интенсивность размыва берега по створам, м/сутки			
	максимальный	средний	минимальный	1	2	3	4
6—11/VIII	3310	2840	2480	—	—	—	4,6
30/VI—6/VIII	3624	2170	1031	0,19	0,05	—	—
15—18/IX	1096	1038	933	—	—	1,03	2,23
18—22/IX	951	825	699	—	—	0,75	7,25
22—23/IX	730	715	699	—	—	2,4	11,2

На вертикали с максимальной глубиной потока на участке дейгиша 10,7 м эпюра распределения продольных скоростей имеет характерный вид. Донная скорость на глубине $0{,}98h_{макс}$ несколько выше ($u_{дон}$ =0,46 м/сек), чем продольная скорость u_b при глубине погружения вертушки на $0{,}8h_{макс}$ (u_b= =0,41 м/сек). На остальной части потока по вертикали распределение продольных скоростей, осредненных во времени, подчиняется показательной формуле.

План участка р. Амударьи в зоне дейгиша можно представить в виде типичной схемы, по которой возникает явление дейгиша. При этом длина береговой зоны деформаций $Z_д$ изменялась в пределах $Z_д$=1200÷2850 м, углы атаки $\alpha_д$=22°÷56°, радиусы кривизны динамической оси $R_д$= =960÷3880 м, ширина речного потока на входе $B_д$=300÷450 м, ширина стесненного русла при возникновении явления дейгиша $B_с$=200÷910 м, ширина речного потока на выходном участке $B_н$=310÷450 м (табл. 2).

Морфометрические характеристики русла Амударьи на участке дейгиша в меженный период при общем расходе речного потока 400 м³/сек приведены в табл. 3.

Изучение большого количества теоретических и экспериментальных данных о движении водного потока на прямолинейных и криволинейных участках позволило разработать схемы возникновения интенсивных деформаций легкоразмываемых берегов (явление дейгиша). На основе натурных исследований интенсивных деформаций легкоразмываемых берегов получены схемы свала потока применительно к условиям Амударьи, иллюстрирующие проявление этих локальных явлений за определенный период времени, так как при продвижении русловой формы вниз по течению подобные деформации берегов могут возникнуть ниже, по тем же плановым схемам.

Примем за основную форму размыва берега в плане — параболическую. Известно, что процесс местного размыва наблюдается на прямолинейных и вогнутых берегах. При этом интенсивность деформации определяется быстротой перемещения границы размыва в сторону берега. Уравнение границы размыва циркульной формы в плане на участке прямолинейного берега получим сложением двух симметричных парабол (рис. 1 а):

$$b = al^2 - c\,|\,-(al^2 - c), \qquad (1)$$

где

$$a > 0,\ c = 0.$$

Величины $l_д$ и $b_д$, определяющие плановые размеры зоны размыва (длину и ширину), найдем из уравнения (1) с помощью выражений

$$l_д = 2\sqrt{\frac{c}{a}};\quad b_д = 2c. \qquad (2)$$

Очевидно, перемещение границы размыва в сторону берега является процессом, затухающим во времени, причем интенсивность этого процесса на различных этапах времени (от начала размыва до стабилизации) будет неодинакова. Как показали исследования, процесс формирования местных деформаций в плане может быть описан выражениями

$$\eta_{ij} = \eta_{i1} \cdot k_1^{\tau_1 - 1}, \qquad (3)$$

Таблица 2

Морфометрические характеристики дейгиша по участкам Амударьи

Показатели	Гурленский район (1965 г.)	Чарджоу (1968 г.)	Керки (1970 г.)	Колхоз им. Ленина		Максимальные	Минимальные
				1970 г.	1971 г.		
l, м	2850	2500	1400	2700 2250 1250	2200	2850	1200
$\alpha^0_д$	22	33	56	22 52 35	45	56	22
P, м	1630	1860	960	3850 2250 3880	1260	3880	960
$B_{вх}$, м	450	340	—	300	300	450	300
B_c, м	910	200	—	540	330	910	200
$B_{вых}$, м	310	340	—	330	450	450	310
$l:R$	1,71	1,34	1,46	0,70 1,00 0,31	1,74	1,74	0,31
$l:B_c$	3,13	12,50	—	5,00 4,17 2,22	6,60	12,50	2,22
$R:B_c$	1,80	9,40	—	7,15 4,17 7,20	3,60	9,40	1,80
$B_c:B_{вх}$	2,02	0,59	—	1,80	1,17	2,02	0,59
$B_c:B_{вых}$	2,92	0,59	—	1,62	0,78	2,92	0,59
$B_{вх}:B_{вых}$	1,45	1,00	—	0,92	0,67	1,45	0,67
$l:B_{вых}$	9,20	7,35	—	8,20 6,80 3,63	4,90	9,20	3,63
$l:B_{вх}$	6,35	7,35	—	9,00 7,50 4,00	7,35	9,00	4,00
$R:B_{вых}$	5,35	5,50	—	11,00 7,50 11,50	2,80	11,50	2,8
$R:B_{вх}$	3,70	5,50	—	12,80 6,85 12,65	4,20	12,80	3,70

Таблица 3

Морфометрические характеристики русла Амударьи на участке дейгиша в меженный период ($Q=400$ м³/сек)

Створ	B, м	$h_{макс}$, м	$h_{макс.\ пр}$, м	$h_{ср}$, м	$h_{мин}$, м	$\frac{B^{0.5}}{h_{ср}} = \Gamma$	$\frac{B^{0.5}}{h_{ср}} = \Gamma_1$	$\frac{h_{макс}}{h_{ср}}$
1	300	4,0	4,0	2,0	1,3	8,67	3,01	2,0
2	180	4,6	—	2,0	1,2	6,72	2,33	2,3
3	190	6,3	4,0	3,3	1,1	4,18	1,45	1,9
4	195	5,0	1,8	2,8	1,3	5,00	1,74	1,78
5	270	3,2	—	2,2	1,2	7,47	2,60	1,45
6	450	1,8	2,9	2,0	1,3	10,60	3,68	1,45
7	360	0,8	3,3	2,0	0,3	9,50	3,30	1,55

по оси ol и

$$\eta_b = \eta_t \cdot k_2^{\eta_t - 1}, \qquad (4)$$

по оси ob,

где η_l и η_b — безразмерные величины размыва берега в плане, определяемые отношением длины или ширины размыва на момент времени t к одноименным величинам на период стабилизации размыва $t_{ст}$:

$$\eta_l = \frac{l}{l_{ст}}; \quad \eta_b = \frac{b}{b_{ст}}; \quad \eta_t = \frac{t}{t_{ст}},$$

η_t — безразмерное время деформации; k_1 и k_2 — эмпирические коэффициенты, определяющие индивидуальный характер процесса деформации по осям ob и ol.

Как показали исследования, данная форма описания процесса размыва во времени соответствует результатам натурных и лабораторных экспериментов с учетом асинхронности момента наступления стабилизации по ширине и длине участка размыва (k_1, k_2 и η_{tl}, η_{tb}). Величины эмпирических коэффициентов составляют 0,3 ÷ 0,5 (графически данный процесс представлен на рис. 1б).

В качестве дополнительного параметра описания рассматриваемого процесса может быть использована интегральная характеристика:

$$D = \int_0^1 \eta_{tl,b} \quad k_{1,2}^{\eta_t - 1} \, d\eta_{tlb},$$

которая определяется площадью кривой $\eta_{l,\ b}$, ($\eta_{tl,\ b}$) на интервале (0,1). Для удобства подбора коэффициентов k_1 и k_2 в табл. 4 приведены значения функций $\eta_{l,\ b}$ для $0{,}2 \leqslant \eta_{tl,\ b} \leqslant 0{,}8$ (очевидно, $\eta_{t,b}=0$ при $\eta_{tl,b}=0$ и $\eta_{t,b}=1$ при $\eta_{tl,b}=1$) и значения D.

Возвращаясь к описанию границы размыва, определим с учетом изложенного коэффициента a и c уравнения (1). Так как $c=0{,}5b_{з}$, а $b_{з}=\eta_{з}\, b_{з.ст.}=\eta_{tb}\ k_2^{\eta_t-1}\, b_{з.ст.}$, то $c=0{,}5\eta_{tb}\ k_2^{\eta_t-1}\, b_{з.ст.}$. (5)

Из выражения (2) $a=2l_{з}^{-2}b_{з}$, но $l_{з}=k_1\,\eta_{tl}^{-1}\, l_{з.ст.}$. Тогда

$$a=2\ b_{з.ст.}\ l_{з.ст.}^{-2}\ \eta_{tb}\ \eta_{tl}^{-2}\ k_1^{2(1-\eta_{tb})}\ k_2^{\eta_{tl}-1}. \qquad (6)$$

Перепишем уравнение (1) в виде:

$$b = a\left[\left(l^2 - \frac{c}{a}\right) - \left(l^2 - \frac{c}{a}\right)\right].$$

Подставляя сюда коэффициенты a и c из (5) и (6), получим:

$$b = 2\ b_{з.ст.}\ l_{з.ст.}^{-2}\ \eta_{tb}\ \eta_{tl}^{2-}\ k_1^{-2(\eta_{tb}-1)}\ k_2^{\eta_{tl}-1} \times$$

$$\times\left[\left|l^2-\left(l_{з.ст.}\eta_{tl}k_1^{\eta_{tb}-1}\right)^2\frac{1}{4}\right| - l^2 + \left(l_{з.ст.}\ \eta_{tl}\quad k_1^{\eta_{tb}-1}\right)^2\frac{1}{4}\right]. \qquad (7)$$

Таблица 4

Значения функций η_l, η_b и параметра D

k_1, k_2	η_{tl}, η_{tb} 0,20	0,40	0,60	0,80	D
0,300	0,52	0,82	0,97	1,00	0,7791
0,325	0,49	0,78	0,94	1,00	0,7544
0,350	0,46	0,75	0,91	0,99	0,7325
0,375	0,44	0,72	0,89	0,97	0,7129
0,400	0,42	0,69	0,87	0,96	0,6952
0,425	0,40	0,67	0,84	0,95	0,6792
0,450	0,38	0,65	0,83	0,94	0,6645
0,475	0,36	0,62	0,81	0,93	0,6511
0,500	0,35	0,61	0,79	0,92	0,6387

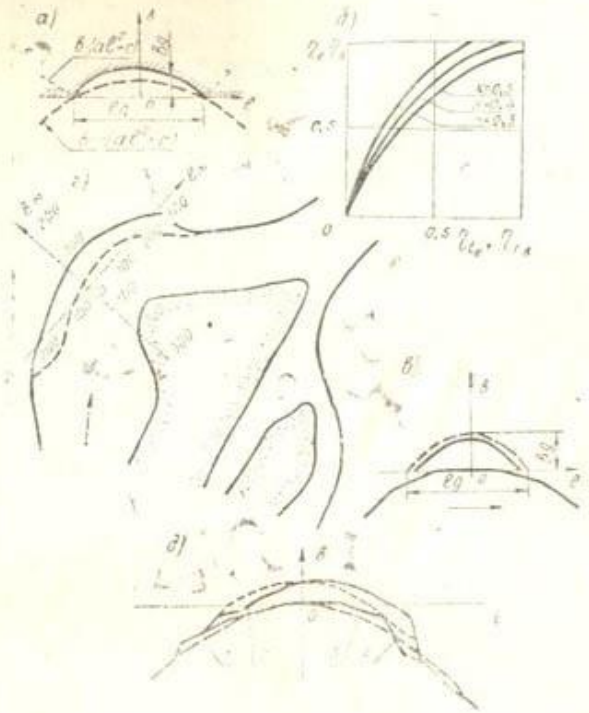


Рис. 1. Схемы к выводу уравнений, сопоставление опытной и расчетной форм размыва берега в плане:
а—схема к выводу уравнения формы размыва прямолинейного берега; б—зависимость величины размыва от времени в безразмерных координатах; в—схема к выводу уравнения формы размыва криволинейного берега, план участка р. Амударьи с зоной дейгиша на период его стабилизации, приведенный к расчетной схеме; г—сопоставление опытной и расчетной форм размыва берега в плане:
1—профиль берега до размыва; 2—профиль берега с зоной дейгиша на период стабилизации; 3—профиль берега до размыва, описанный формулой (10); 4—профиль берега с зоной дейгиша на период стабилизации, описанный формулой (11).

Таким образом, получено уравнение, определяющее форму границы местного размыва прямолинейного участка русла с учетом асинхронности момента наступления стабилизации (η_{tb}, η_{tl}) и различного характера процессов местных деформаций во времени за период от начала стабилизации размыва (k_1, k_2) в направлениях ширины и длины зоны деформаций (*ob*, *ol*).

Для представления формы размыва берега на вогнутом берегу следует задаться уравнением берега до размыва. Примем, что бытовая линия его очерчена по параболе вида $b=-dl^2$, где d — положительное число. Суммируя данное выражение с уравнением (1), получим искомое уравнение (рис. 1в). Очевидно, что уравнения (2), (5) и (6), определяющие параметры зоны местного размыва, остаются неизменными.

Таким образом, искомое уравнение примет вид:

$$b=|al^2-c|-[(a+d)l^2-c].$$

Коэффициенты a и c определяются по формулам (5) и (6).

Таким же способом можно получить уравнения, описывающие процессы местного размыва берегов любой сложной формы. Для иллюстрации определим границу размыва берега среднего участка Амударьи в зоне дейгиша (Дейнауский район, выше гидропоста Ильчик на 6 км).

Расположим систему прямоугольных координат *lob* на плане участка Амударьи, как это показано на рис. 1г. Длина зоны дейгиша составит $l_з=650$ м, ширина $B_з=75$ м. Эти параметры получены на период стабилизации размыва, т. е. при $\eta_{tl}=1$, $\eta_{tb}=1$, поэтому величины η_l и η_b также будут равны 1 (формулы (3) и (4)). По формулам (5), (6) определим коэффициенты a и c.

$$a=2\cdot 75\cdot 650^{-2}=3{,}56\cdot 10^{-4}\ \text{м}^{-1},$$

$$c=0{,}5\cdot 75=37{,}5\ \text{м}.$$

Таким образом, уравнение (1) принимает вид:

$$b_з=|3{,}56\cdot 10^{-4}l^2_з-37{,}5|-(3{,}56\cdot 10^{-4}l^2_з-37{,}5).$$

Для определения границы размываемого берега с зоной дейгиша аппроксимируем форму бытовой линии берега в системе *lob*:

$$b=-0{,}0011l^2. \qquad (10)$$

С учетом формулы (9) получим:

$$b_з=|3{,}56\cdot 10^{-4}l^2_з-37{,}5|-(14{,}56\cdot 10^{-4}l^2_з-37{,}5).$$

Результаты расчетов показаны на рис. 1д. При необходимости более точного представления зоны дейгиша в плане в

зависимости от угла подхода потока к берегу необходимо осуществлять поворот координатных осей *lob*, в которых записано уравнение (1).

Выводы

На основании проведенных исследований получены уравнения, определяющие форму границы интенсивного локального размыва на прямолинейном и криволинейном участках с учетом асинхронности момента наступления стабилизации и различного характера процесса местных деформаций во времени, начиная с момента наступления стабилизации размыва в направлениях ширины и длины зоны деформаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин В. С., Аннаев С. А., Аширов С. А. Борьбу с дефицитом — на уровень современных задач.— «Сельское хозяйство Туркменистана», 1971, № 6.

Ш. ЧАСОВ

МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ РУСЛА В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ПЕРЕГОРАЖИВАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

Весьма ограниченные сведения о размывах за действующими перегораживающими сооружениями, построенными на мелкопесчаных грунтах, не позволили установить надежность и практическую приемлемость того или иного метода расчета для условий Каракумского канала. С целью уточнения методики гидравлического моделирования деформаций русла в нижнем бьефе перегораживающих сооружений в грунтовых условиях Каракумского канала проведены теоретические, натурные и лабораторные исследования [8].

Результаты натурных исследований одного из характерных перегораживающих сооружений на Каракумском канале показали (табл. 1), что непосредственно в конце рисбермы (створы 2, 3) скорости течения потока значительно превышают величину, допускаемую на размыв для мелкозернистого песка.

Таблица 1

Замеренные скорости потока в нижнем бьефе перегораживающего сооружения

Створ в нижнем бьефе	Расстояние от конца бычка до створов, м	Максимальная скорость, м/сек		
		0,2 Н н.б.	0,6 Н н.б.	придонные
1	15	1,50	1,60	1,62
2	35	1,54	1,62	1,61
3	55	1,20	1,13	1,12
4	115	1,18	1,12	0,79
5	165	0,73	0,88	0,64
6	200	0,66	0,74	0,59

Это одна из основных причин интенсивного размыва нижнего бьефа перегораживающего сооружения (рис. 1).

Результаты теоретических и натурных исследований размывов нижних бьефов перегораживающих сооружений свидетельствуют о необходимости уточнения показателя степени при переходе от модельных размывов к натуре и определения зависимости для расчета глубины и бокового размыва нижнего бьефа рассматриваемого вида сооружений в условиях мелкопесчаного грунта.

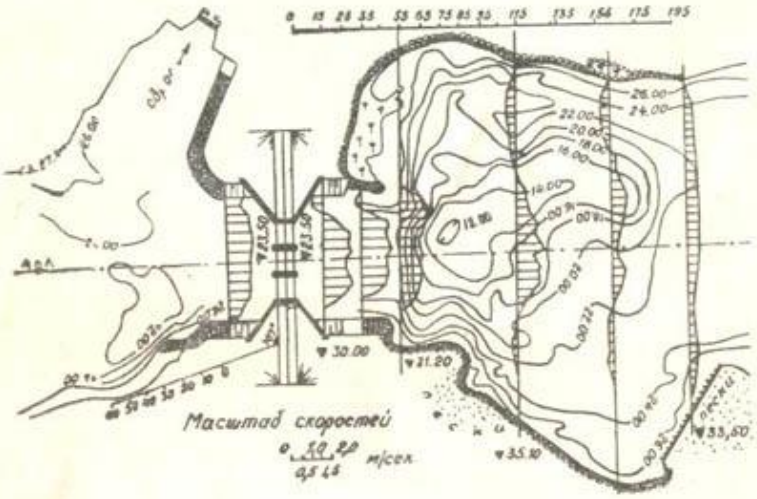


Рис. 1. Донные, боковые размывы и распределение скоростей потока в нижнем бьефе перегораживающего сооружения на Каракумском канале.

Для решения указанных задач проведены эксперименты на пространственной модели с использованием материалов натурных исследований. Изучение гидравлики нижних бьефов трехпролетных сооружений мало чем отличается от многопролетных. Поэтому модельная установка была выполнена в виде трехпролетного перегораживающего сооружения в масштабе 1:20 натурной величины действующего сооружения, построенного на Каракумском канале. Выбор такого сооружения в качестве объекта исследований обусловлен возможностью сопоставления результатов лабораторных опытов с данными натурных исследований. Элементы сооружения моделировались при соблюдении геометрического подобия.

Методика моделирования деформаций нижнего бьефа. За основу моделирования принимались различные критерии, но оказалось, что не все из них применимы к условиям Каракумского канала. Для перегораживающих сооружений, расположенных на мелкопесчаном грунте, возникла необходимость более детального изучения пространственных деформаций русла путем их непосредственного моделирования.

Анализ существующих методик моделирования А. П. Зегждой [2], И. И. Леви [5], С. В. Избаш [4], Ц. Е. Мирцхулавой [6], Н. П. Зреловым [3], Б. И. Студеничниковым [7], В. С. Алтуниным [1], Р. Бернсом [9], О. Маджоло, И. Борги [10] и Е. Чимеми [11] показал, что вопрос исследования местных размывов на модели весьма сложен. Для мелкозернистого песка в натуре подбор лабораторного (модельного) грунта усложнялся тем, что замоделировать крупность размываемого материала практически невозможно. Примененные заменители более легкого объемного веса (деревянные опилки, зола рисовой шелухи и др.) в лабораторных исследованиях оказались мало эффективными, так как трудно поддавались моделированию. В последнее время в практике лабораторных исследований используется натурный мелкозернистый песок.

Предложенные методики моделирования Б. И. Студеничникова [7] и В. С. Алтунина [1] более приемлемы для условий Каракумского канала, так как они позволяют применять в качестве лабораторного грунта любой песок при том же удельном весе частиц, что и в натуре ($\gamma_м = \gamma_н$). Поэтому лабораторные исследования местного размыва в нижнем бьефе перегораживающего сооружения на Каракумском канале были выполнены по указанным методикам.

Русло отводящего канала за рисбермой рассматриваемого сооружения сформировано из натурного песка, гранулометрический состав которого характеризуется данными табл. 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав грунта, примененного в лабораторных исследованиях

Порода	Содержание фракций, %						
	1,0÷0,25	0,25÷0,10	0,10÷0,05	0,05÷0,01	0,01÷0,005	0,005÷0,001	менее 0,001
Песок	31,24	47,77	12,53	4,66	0,52	0,70	2,58

В процессе исследования через 5, 10, 15 и далее через каждые 15 мин на модели замерялись скорости потока и глубины воды в воронке размыва. Глубины и скорости в нижнем бьефе измерялись на 13 промерных вертикалях каждого створа. Замеры скоростей потока осуществлялись трубками Пито и микровертушками. Первоначально опыты проводились на сооружении существующей конструкции (в натуре), а затем при изменении различных конструктивных элементов с расходами $Q_м = 33{,}5 \div 140$ л/сек и $Q_п = 60 \div 250$ м³/сек. Продолжительность опытов 28 часов. После каждого опыта горизонтали в воронке размыва нижнего бьефа, полученные через каждые 5 см по урезу воды, фотографировались (рис. 2).

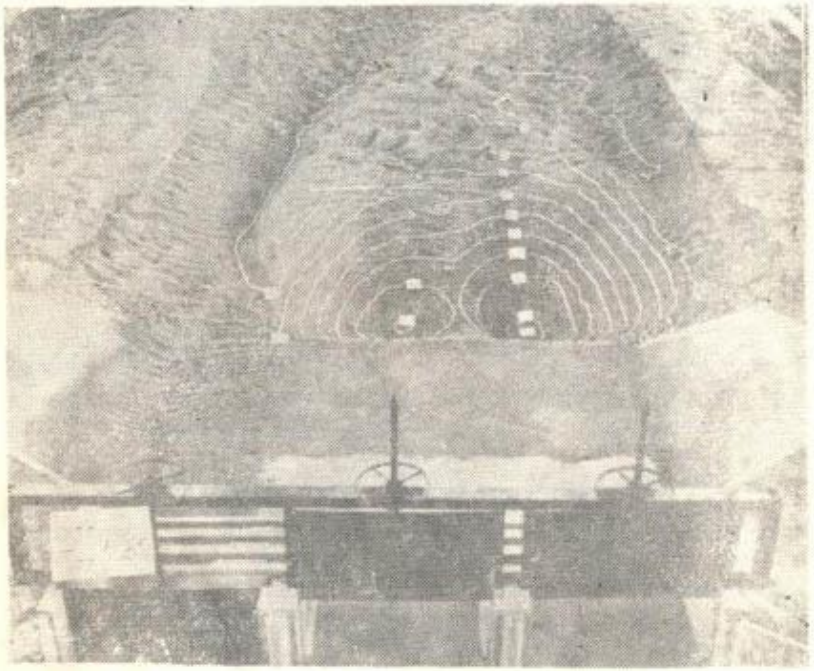


Рис. 2. Местный размыв в нижнем бьефе трехпролетного перегораживающего сооружения (модель, вид с верхнего бьефа).

Исследования глубины размыва. Результаты лабораторных опытов пересчитывались на натуру по формуле:

$$\Delta h_н = \Delta h_м \cdot M_l^x, \qquad (1)$$

где $\Delta h_н$ — местная глубина размыва (с индексом «Н» — для натуры, с индексом «М» — для модели);

M_l — линейный масштаб модели;

x — показатель степени.

Цель опытов — проверить выбранную методику моделирования для определения показателя степени x применительно к условиям Каракумского канала. Результаты лабораторных исследований по глубине размыва в нижнем бьефе рассматриваемого сооружения сопоставлены с данными наблюдений, проведенных в 1966—1970 гг. (табл. 3).

Из сопоставления видно, что показатель степени $x=1{,}2$ хорошо совпадает с натурными и расчетными данными, вычисленными по формулам Б. И. Студеничникова и В. С. Алтунина. Отсюда можно сделать вывод, что этот показатель степени вполне приемлем при расчете лабораторных данных на натуру для перегораживающих сооружений в условиях мелкопесчаного грунта.

Таблица 3

Результаты пересчета лабораторных данных по глубине местного размыва на натуру

Год	Натура		На модели M_l=1:20			Пересчет лабораторных данных на натуру, Δh_H
	Q, м³/сек	Δh_H в яме размыва, м	Q, л/сек	Δh_M в яме размыва, см	показатель степени x	
1966	100	—	56,0	8,0	1,2	2,92
1967	140	7,50	78,2	20,0	1,2	7,30
1968	180	9,85	100,5	26,0	1,2	9,50
1969	220	12,00	123,0	30,4	1,2	11,05
1970	250	11,60	145,0	32,0	1,2	11,65

Исследования бокового размыва. Модельные данные пересчитывались на натуру по формуле:

$$\Delta B_H = \Delta B_м \cdot M_l^y, \qquad (2)$$

Цель исследований — определить показатель степени y. Для этого на модели соблюдалось подобие сооружения и выдерживались все условия его эксплуатации.

Так, во время эксплуатации сооружения в 1967, 1968 и 1970 гг. при расходах, пропущенных через него, 140, 220 и 250 м³/сек у одного берега (симметрично) образовались боковые размывы шириной соответственно 37,5, 72,6 и 85,0. В ре-

зультате лабораторных исследований на модели при соответствующих натуре расходах и глубине воды ширина боковых размывов в нижнем бьефе оказалась равной 0,46, 1,03 и 1,18 м. Путем пересчета лабораторных данных на натуру и сравнения их с фактическими величинами боковых размывов, полученными в натуре, установлен показатель степени $y=1{,}42$, который близко совпадает с расчетными данными по формуле В. С. Алтунина. Результаты пересчета лабораторных данных на натуру (табл. 4) свидетельствуют о том, что расчетные величины боковых размывов, вычисленные по формуле (2), вполне сопоставимы с натурными данными.

Уточнение показателя степени y позволило рекомендовать следующую зависимость для определения полной ширины

Таблица 4

Результаты пересчета лабораторных данных по ширине боковых размывов на натуру

Год	Натура		На модели $M_l=1{:}90$			Пересчет лабораторных данных на натуру, ΔB_H
	Q, м³/сек	ΔB_H, м	Q, л/сек	ΔB_M, м	показатель степени y	
1967	140,0	37,5	78,0	0,46	1,42	33,03
1968	220,0	72,6	123,0	1,03	1,42	74,00
1970	250,0	85,0	149,0	1,18	1,42	84,0

русла за перегораживающими сооружениями в условиях мелкопесчаного грунта:

$$B_H=(2\Delta B_M+b_M)\cdot M_l^{y-2}, \qquad (3)$$

где ΔB_M — ширина бокового размыва одного берега от первоначального уреза воды, на модели;

b_M — ширина канала по урезу воды до размыва, на модели;

M_l — линейный масштаб модели.

Выводы

1. Мелкозернистый натурный грунт может применяться при лабораторных исследованиях местного размыва в нижнем бьефе перегораживающих сооружений, возводимых на мелкопесчаных грунтах.

2. Применение изложенной методики лабораторных исследований и рекомендуемая формула (3) позволяют прогнозировать деформации в плане за перегораживающими сооружениями в условиях мелкопесчаных грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин В. С. Деформации русел каналов. М., «Колос», 1972.
2. Зегжда А. П. Теория подобия и методики расчета гидротехнических моделей. М., Госстройиздат, 1938.
3. Зрелов Н. П. Моделирование движения наносов по гидравлической крупности частиц.—В кн.: Русловые процессы. М., Изд-во АН СССР, 1958.
4. Избаш С. В. Основы гидравлики. М., Государственное изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1952.
5. Леви И. И. Моделирование гидравлических явлений. М., Госэнергоиздат, 1967.
6. Мирцхулава Ц. Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. М., «Колос», 1967.
7. Студеничников Б. Н. Размывающая способность потока и методы русловых расчетов. М., Стройиздат, 1964.
8. Часов Ш. О местном размыве третьего перегораживающего сооружения на Каракумском канале им. В. И. Ленина.—В кн.: Гидромелиоративные исследования в Туркменистане. Ашхабад, «Ылым», 1972.
9. Burns R. The protection of Dams and sluices against scour.— «Journal of ciliv Engineers», 1938.
10. Maggiolo O. I., Borghi I. Sobre la evolucion en el tiempo del proceso de soccivacion.— Revista de Ingenieria. Uruguay, vol. 59, 1965.
11. Sheimemi E. Sulla relazione che intercede fra gli scavi osservati nelle opre idrauliche e nei nodelli.— «Energia electrica», 1939, № 11.

С. А. АШИРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОДЕЙГИШНЫХ ПРОРЕЗЕЙ НА СРЕДНЕМ УЧАСТКЕ АМУДАРЬИ

В соответствии с Директивами XXV съезда КПСС в Туркменской ССР будет уделено еще большее внимание противоэрозионным мероприятиям. Одним из видов водной эрозии почвы является дейгиш — интенсивные местные деформации легкоразмываемых берегов, возникающие при стеснении потока крупными русловыми формами и свала его на берег. Остальные случаи размывов берегов относятся к обычным деформациям русла, соответствующим определенному типу руслового процесса (уширения русла на блуждающем участке, размыв берегов при перемещении меандр и т. д.).

Свал потока и интенсивный размыв берегов на Амударье происходят при самых различных расходах воды и фактически на протяжении всего года. Берега Амударьи размываются от дейгиша и в межень, и в паводок, но в основном в период с июля по август.

Максимальные уровни воды на Амударье наблюдаются обычно в июне—августе. Спад уровней начинается в конце августа и длится по октябрь-ноябрь. Максимальная амплитуда колебания уровней воды на Амударье достигает 3 м. Среднегодовые расходы воды в реке колеблются от 406 до 8020 м³/сек у Керки и от 282 до 6840 м³/сек в створе Ильчик. При этом в режиме реки отмечается непостоянство гидравлических характеристик по времени для одного и того же расхода: при одинаковых горизонтах расходы могут изменяться примерно в два раза, при одинаковых расходах величина колебаний горизонтов может достигать 0,8 м. Объясняется это крайней неустойчивостью и большой подвижностью русла, причем большие деформации русла происходят за короткий отрезок времени — за сутки и даже несколько часов.

Размыв берега на участке дейгиша в паводок и в межень происходит периодически. Периоды активного проявления дейгиша чередуются с периодами его затухания-прекращения. По данным натурных исследований, периоды интенсивного размыва всегда совпадают с периодами спада уровней и расхода воды, а периоды затухания и прекращения — с периодами подъема уровней и увеличения расхода. Иногда размыв берега не прекращается и в период подъема уровней, когда он (подъем) происходит на спаде паводка.

Таким образом, явления спада паводка и интенсивного размыва берегов на Амударье возникают в начале спада уровней, а прекращаются в начале их подъема. При определенных условиях возникновение дейгиша возможно на спаде каждого паводка независимо от времени и расхода воды. Следовательно, можно предположить, что одной из основных причин свала потока и возникновения дейгиша является частое изменение колебаний уровней в течение года.

Дейгиш — стихийное бедствие, которое ежегодно наносит большой ущерб населению и народному хозяйству. В последние годы дейгиш на Амударье возникает очень часто во многих местах и протекает с большей интенсивностью. Так, например, в 1970—1971 гг. только на участке от Мукры до Ильчика наиболее крупные дейгиши наблюдались на левом берегу Амударьи ниже Керки, на правом берегу в районе канала Ходжамбасс, на левом берегу около Карабекаула, в районе канала Кульарык, на территории колхозов «Москва» и им. Ленина Дейнауского района и т. д.

В районе Кизылаяка в 1962—1963 гг. наблюдалось смещение берега на 300 м за один год. Несколько выше г. Керки за время с октября 1963 по май 1965 г. бровка берега сместилась на 800—900 м. Во время паводка в 1967 г. в районе канала Буйрабаб, в 20 км выше г. Чарджоу, была смыта полоса левого берега реки шириной 700—800 м, в том числе и участок канала длиной 713 м.

Для борьбы с дейгишем издавна ведутся берегозащитные и русловыправительные работы, особенно в Чарджоуской области, которая представляет собой густонаселенные районы с большим количеством орошаемых и населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости от реки.

Большие работы по защите берега от размыва у г. Чарджоу ведутся вот уже в течение 80 лет. За это время было испытано около 40 различных конструкций защитных сооружений. Однако выполняемые ежегодно в большом объеме противодейгишные работы не всегда дают положительные результаты, поскольку применяемые берегозащитные средства разрушаются. Поэтому часто приходится отступать от реки и

строить новые сооружения и населенные пункты вдали от ее берегов.

На строительство берегозащитных и русловыправительных сооружений расходуются очень большие средства. Затраты на противодейгишные работы, выполненные на участке среднего течения Амударьи Чарджоуским областным управлением оросительных систем за период 1965—1970 гг., достигают 10 млн. рублей.

В последнее десятилетие одним из эффективных мероприятий по защите берега (временная мера) стало строительство спрямляющих прорезей для ослабления свала потока к размываемому берегу. Оно основано на том, что процесс блуждания потока характеризуется проявлением его справляющей тенденции. Используя эту тенденцию, поток переводится в прорезь, от входа в которую осуществляется относ наносов, и тем самым получает более короткий путь, чем по основному руслу, от которого отвлекается течение.

Весьма эффективными оказались прорези в низовье Амударьи, в районе водозабора в каналы Клычниязбай и Ташсака (Узбекистан), в районе головного сооружения канала Буйрабаб, Фарабская прорезь и др.

Дейнауская прорезь, вступившая в эксплуатацию 25 февраля 1971 г., резко уменьшила интенсивный размыв левого берега. Продольный уклон ее был равен 0,00029, первоначальная пропускная способность — около 35% общего расхода реки. Одновременно для защиты берега от дальнейшего размыва были возведены три каменно-набросные шпоры (длиной до 30 м).

В результате постепенного уширения прорези за счет больших уклонов по сравнению с основным руслом пропускная способность ее увеличилась. В период летнего паводка 1971 г. через прорезь проходило до 50% общего расхода воды. В период с 20 февраля до 20 мая прорезь уширялась в среднем на 0,5 м/сутки (начальная ширина прорези — 100 м, после уширения — 145 м).

С момента эксплуатации прорези до осени 1971 г. в ее головной и концевой части режим работы поддерживался земснарядами. С прекращением работы пропускная способность прорези начала уменьшаться, в концевой части ее образовался подпор из-за интенсивного отложения продуктов размыва верхних участков и размыв левого берега возобновился.

Навал потока на левый берег в районе аэропорта и водоканала г. Чарджоу вызвал необходимость принять меры по защите этих объектов. Из рассмотренных вариантов противодейгишной защиты размываемого берега наиболее эффективным и быстро выполнимым было признано строительство прорези длиной 2800 м.

Строительство Чарджоуской прорези было начато 15 декабря 1971 г. Перекрытие основного русла осуществлено со 2 по 8 марта 1972 г. при расходе воды около 250 м³/сек. Проектная ширина прорези — 120 м, средняя глубина ее — 3 м. Грунт, вынутый из прорези, уложен в продольную дамбу так, чтобы уширение прорези за счет саморазмыва происходило в правую сторону. В период строительства прорези длина ее против проектной (2800 м) сократилась до 2 000 м. За счет этого были построены две поперечные дамбы, которые вместе с продольной образовали как бы мешок для заиления размытого участка.

Во время полевых изысканий (сентябрь) перепад на 20 пикетах составлял 56 см (i=0,00028), при строительстве (январь) — 79 см (i=0,000395—0,0004). В конце апреля ширина русла составила 400 м при уширении за счет саморазмыва в среднем на 3 м/сутки. Последующая русловая съемка на этом участке показала, что ширина русла увеличилась еще на 100 м, средняя глубина его достигла 3,6 м уклон уменьшился до 0,00022 (обычный уклон реки), в связи с чем сокращается саморазрыв прорези и установилась относительная стабилизация ее параметров при расходе 2000—3000 м³/сек. Однако увеличение расхода за счет июльского паводка дало уширение искусственного русла до ширины, величина которой оказалась стабильной на этом участке.

Выводы

1. Строительство спрямляющих прорезей для ослабления свала потока к размываемому берегу целесообразно.

2. Уклон прорези должен быть больше по сравнению с основным руслом не менее чем в 1,5 раза. При недостаточной величине уклона потока в прорези весьма эффективными мероприятиями являются сжатие основного русла или перекрытие его в начале прорези.

3. Нормальный режим работы спрямляющих прорезей, как и других гидротехнических сооружений, должен поддерживаться земснарядами, особенно в головной и концевой части.

А. АШЫРОВ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МУТНОСТИ ПО ГЛУБИНЕ ПОТОКА

Как известно, диффузионная теория мутности содержит серьезные дефекты и принципиально неприменима к движению твердых частиц, гидравлическая крупность которых достаточно велика. Она может быть применена только при изучении движения таких частиц, которые в силу весьма малой гидравлической крупности могут следовать за движением жидкости при высоких частотах пульсации. Диаметр малых частиц не должен превышать 0,20 мм [1].

При достаточно крупных фракциях взвешенных наносов и значительном насыщении ими потока нельзя пренебрегать работой, затрачиваемой потоком на взвешивание. Присутствие в воде наносов (тем более крупных фракций) меняет структуру потока и его гидравлическую характеристику. Применение в этих условиях диффузионной теории не может дать правильных результатов.

В 1940 г. М. А. Великанов предпринял попытку разработать новую теорию взвешивания и движения наносов, стремясь при этом учесть влияние взвешенных в потоке частиц на его структуру, а также влияние силы тяжести, действующей на взвешенные в воде частицы наносов. М. А. Великанов назвал свою теорию гравитационной [2].

Величина работы взвешивания определяется выражением:

$$T=(\rho_s-\rho)gW\bar{S}(1-\bar{S}), \qquad (1)$$

где ρ_s — плотность твердой частицы;
ρ — плотность воды;
$\bar{S}$ — осредненное значение мутности;
g — ускорение силы тяжести;
W — гидравлическая крупность частиц.

Исходя из уравнения осредненного движения О. Рейнольдса (для однородной жидкости)

$$\rho g I\bar{v}_x=\frac{d}{dy}\left(\bar{v}_x\rho\overline{v'_x v'_y}\right)-\rho\overline{v'_x v'_y}\frac{d\bar{v}_x}{dy}. \qquad (2)$$

с введением в него переменной плотности $\rho(1-\bar{S})$ и с добавлением к правой части этого уравнения «работы взвешивания» М. А. Великанов записывает уравнение энергобаланса наносонесущего потока в виде:

$$\rho(1-\bar{S})gI\bar{v}_x=\frac{d}{dy}\left[\bar{v}_x\rho(1-\bar{S})\overline{v'_x v'_y}\right]-$$

$$-\rho(1-\bar{S})\overline{v'_x v'_y}\frac{d\bar{v}_x}{dy}+(\rho_s-\rho)gW\bar{S}(1-\bar{S}), \qquad (3)$$

где I — уклон водной поверхности;
$\overline{v'_x v'_y}$ — момент корреляции между продольной и поперечной составляющими скорости;
$\bar{v}_x$ — осредненное значение продольной скорости.

После элементарных преобразований уравнение (3) принимает вид:

$$\rho(1-S)\,v_x\left[gI-\frac{d\overline{v'_x v'_y}}{dy}\right]+\rho\bar{v}_x\overline{v'_x v'_y}\cdot\frac{d\bar{S}}{dy}=$$

$$=(\rho_s-\rho)gW\bar{S}(1-\bar{S}). \qquad (4)$$

Разделив обе части уравнения (4) на ρ и обозначая $\frac{\rho_s-\rho}{\rho}$ буквой a, получим:

$$(1-\bar{S})\bar{v}_x\left[gI-\frac{d\overline{v'_x v'_y}}{dy}\right]+\bar{v}_x\overline{v'_x v'_y}\frac{d\bar{S}}{dy}=agW(1-\bar{S}). \qquad (5)$$

Далее М. А. Великанов считает, что разность

$$gI-\frac{d}{dy}\overline{v'_x v'_y}$$

в большинстве случаев близка к нулю и поэтому в дальнейшем можно ею пренебречь. Множитель же $\overline{v'_x v'_y}$ определяется как и для однородной жидкости, то есть принимается

$$-\overline{v'_x v'_y}=gI(h-y), \qquad (6)$$

где h — глубина потока;

y — ордината точки, отсчитываемая от дна.

После подстановки значения $\overline{v_x'v_y'}$ в уравнение (5) получим:

$$\frac{d\overline{S}}{\overline{S}(1-\overline{S})} = -\frac{a\,W}{\overline{v}_x I}\cdot\frac{dy}{(h-y)}. \qquad (7)$$

Теперь вводим вместо y новую переменную, полагая, что $\eta = \frac{y}{h}$. В таком случае вместо зависимости (7) получим:

$$\frac{dS}{\overline{S}(1-\overline{S})} = -\frac{a\,W}{\overline{v}_x I}\cdot\frac{d\eta}{(1-\eta)}. \qquad (8)$$

Полученное дифференциальное уравнение первого порядка (8) послужит нам для получения закона распределения мутности по глубине потока при малой концентрации.

Для облегчения задач интегрирования множитель $(1-\overline{S})$ и знак осреднения в дальнейшем будут опущены.

Для выражения распределения продольной скорости принимаем эллиптическое уравнение А. В. Караушева [3]

$$v_x = v_0\sqrt{1-P(1-\eta)^2}, \qquad (9)$$

где v_0 — поверхностная скорость;

P — параметр, равный $0{,}57+\frac{3{,}3}{C}$;

C — коэффициент Шези.

Найдем зависимость между поверхностной и средней скоростями:

$$v_{ср} = \int_0^1 v_x\,d\eta = v_0\int_0^1\sqrt{1-P(1-\eta)^2}\,d\eta =$$

$$= \frac{1}{2}v_0\left(\sqrt{1-P}+\frac{\arcsin\sqrt{P}}{\sqrt{P}}\right),$$

отсюда

$$v_0 = \frac{2v_{ср}}{\sqrt{1-P}+\dfrac{\arcsin\sqrt{P}}{\sqrt{P}}}$$

и формула (9) принимает вид:

$$v_x = \frac{2v_{ср}}{\sqrt{1-P}+\dfrac{\arcsin\sqrt{P}}{\sqrt{P}}}\sqrt{1-P(1-\eta)^2}. \qquad (10)$$

Вводя уравнение (10) в исходное (8) и интегрируя с учетом граничного условия у дна при $\eta=0$, $S=S_н$ (где $S_н$ — донная мутность), получим окончательное выражение для удельного содержания наносов в водном потоке при установившемся режиме:

$$S = S_н\left[\frac{1+\sqrt{1-P}}{1-\sqrt{1-P}}\cdot\frac{1-\sqrt{1-P(1-\eta)^2}}{1+\sqrt{1-P(1-\eta)^2}}\right]^{\frac{1}{4}\left(\sqrt{1-P}+\frac{\arcsin\sqrt{P}}{\sqrt{P}}\right)\frac{a}{I}\frac{W}{v_{ср}}}. \qquad (11)$$

Отсюда видно, что распределение взвеси по глубине потока зависит, с одной стороны, от отношения гидравлической крупности частиц к средней скорости потока, с другой— от отношения поправки Архимеда к уклону водной поверхности и от параметра А. В. Караушева.

Необходимо подчеркнуть, что формула (11) выражает распределение взвеси по вертикали при вполне определенной гидравлической крупности частиц.

Если в потоке содержатся наносы разных крупностей, разных фракций, что обычно и имеет место, распределение каждой фракции по вертикали характеризуется особой кривой, отвечающей гидравлической крупности частиц, составляющих данную фракцию.

Получение общей мутности, отвечающей всем переносимым в потоке наносам, осуществляется простым суммированием мутностей частных фракций для каждой точки вертикали, то есть:

$$S = \sum_{i=1}^{k} S_i = \sum_{i=1}^{k} S_{нi}\left[\frac{1+\sqrt{1-P}}{1-\sqrt{1-P}}\cdot\frac{1-\sqrt{1-P(1-\eta)^2}}{1+\sqrt{1-P(1-\eta)^2}}\right]^{\frac{1}{4}\left(\sqrt{1-P}+\frac{\arcsin\sqrt{P}}{\sqrt{P}}\right)\frac{a}{I}\cdot\left(\frac{W}{v_{ср}}\right)_i}, \qquad (12)$$

где k — число фракций, переносимых потоком; i — порядковый номер фракции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левн И. И. Динамика русловых потоков. М., Госэнергоиздат, 1957.
2. Великанов М. А. Динамика русловых потоков, т. 11. М., Гостехиздат, 1955.
3. Караушев А. В. Речная гидравлика. Л., Гидрометеоиздат, 1969.

Ф. Ш. ДОКТОР, М. М. МИХАЙЛЯНЦ

О МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ОБРУШЕНИЯ ПОДРЕЗАННОГО И ПОДВЕРЖЕННОГО ВИБРАЦИЯМ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА В ПОДВОДНОМ ЗАБОЕ

Процесс обрушения грунта в подводном забое отличается большой сложностью и не поддается аналитическому расчету. Практически невозможно вести непосредственное наблюдение за всеми составляющими элементами обрушения в натурных условиях. И вместе с тем изучение процесса обрушения связного грунта в подводном забое необходимо для совершенствования конструкции грунтозаборных органов землесосных снарядов. Учитывая неизученность явлений, происходящих при обрушении коренных глинистых грунтов, разрабатываемых землесосными снарядами, в частности на строительстве каналов, целесообразно в исследованиях применять метод физического моделирования.

Из известных способов моделирования (центробежный и эквивалентных материалов), применяемых при изучении устойчивости и процесса обрушения откосов, для нашего случая наиболее приемлем метод моделирования из эквивалентных материалов [1]. Однако при значительных размерах модели приготовление искусственных материалов с заданными прочностными свойствами — работа весьма трудоемкая.

В центробежном методе массы модельного и натурного грунта остаются одинаковыми, что соответствует требованиям моделирования влияния вибраций на прочностные свойства грунта, но создание стенда для центробежного моделирования в принимаемом масштабе 1:3 практически невозможно.

При работе земснаряда с вибрационно-гидравлическим устройством подводный откос подрезается у подошвы забоя и вес грунта уменьшается на величину Архимедовой силы. Этот факт можно использовать для моделирования грунта. Так, если объемный вес влажного грунта модели принять $\gamma_м = 1{,}8$ т/м³, а вес натурного грунта с учетом взвешивания $\gamma_н = 1{,}9 - 1{,}0 = 0{,}9$ т/м³, то масштабный множитель веса будет

$$\alpha_\gamma = \frac{\gamma_м}{\gamma_н} = \frac{1{,}8}{0{,}9} = 2.$$

Из размерности масштабного множителя объемного веса грунта

$$\alpha_\gamma = 2 = \alpha_l^{-2} \cdot \alpha_м \cdot \alpha_T^{-2}$$

находим масштабный множитель времени. Принимая линейный масштаб

$$\alpha_l = 0{,}33 \text{ и } \alpha_м = 1,$$

получим

$$\alpha_T = \sqrt{\frac{\alpha_l^{-2} \cdot \alpha_м}{2}} = \sqrt{\frac{0{,}33^{-2} \cdot 1}{2}} = 2{,}12. \quad (1)$$

Зная масштабные коэффициенты α_γ, α_l, α_T, нетрудно определить масштабные множители для физических величин, определяющих процесс обрушения подрезанного и подверженного вибрациям глинистого откоса. Эти величины и соответствующие размерности приведены ниже:

Наименование величин	Размерность
Амплитуда колебаний, A	$[L]$
Круговая частота колебаний, ω	$[T^{-1}]$
Сцепление, c	$[L^{-1} \cdot M \cdot T^{-2}]$
Объемный вес, γ	$[L^{-2} \cdot M \cdot T^{-2}]$
Угол внутреннего трения, φ	град.
Высота откоса, H	$[L]$
Глубина подрезания грунтового блока, l	$[L]$
Шаг обрушаемого грунтового блока, l	$[L]$
Скорость перемещения рабочего органа вдоль забоя, v	$[L \cdot T^{-1}]$

Процесс обрушения глинистого откоса при работе земснаряда с вибрационно-гидравлическим рабочим органом следует рассматривать как сложную систему [2]: первая подсистема— статическое действие гравитационных сил, зависящая от c, φ, γ, H, l, b; вторая подсистема — вибрационная нагрузка как фактор, вызывающий усталость грунта, зависящая от c, φ, γ, H, l, b, A, ω, v. Для двух подсистем величины A, ω и v не являются общими. Они объединяются в один безразмерный комплекс:

$$\frac{A \cdot \omega}{v} = idem. \quad (2)$$

Принимая за основные величины объемный вес грунта γ, круговую частоту колебаний ω и высоту откоса H, функциональная зависимость комплекса величин, определяющих обрушение откоса, будет:

$$\Phi(v, A, \omega, c, \gamma, \varphi, H, l, b) = 0. \qquad (3)$$

Из выражения каждого параметра в виде степенных комплексов основных величин определяем безразмерные множители [3]:

$$\Pi_1 = \frac{c}{\gamma \cdot H} = idem \qquad (4)$$

$$\Pi_2 = \frac{l}{H} = idem \qquad (5)$$

$$\Pi_3 = \frac{b}{H} = idem \qquad (6)$$

$$\Pi_4 = \frac{v}{H \cdot \omega} = idem \qquad (7)$$

$$\Pi_5 = \frac{A}{H} = idem \qquad (8)$$

$$\Pi_6 = \varphi = idem \qquad (9)$$

Функциональная зависимость (3) примет форму

$$\Phi_1\left(\frac{A}{H}, \frac{c}{\gamma \cdot H}, \frac{l}{H}, \frac{b}{H}, \frac{v}{H \cdot \omega}, \varphi\right) = 0 \qquad (10)$$

из формул (7) и (8) получаем:

$$\Pi_1 = \frac{A \cdot \omega}{v}.$$

Выражение (5) принимает вид:

$$\Pi_2 = \frac{H}{l}.$$

Из формул (4) и (6) имеем:

$$\Pi_3 = \frac{\gamma \cdot b}{c}.$$

Окончательное выражение π-теоремы будет:

$$\Phi_2(\pi_1, \pi_2, \pi_3) = \Phi_2\left(\frac{\gamma \cdot b}{c}, \frac{H}{l}, \frac{A \cdot \omega}{v}\right) = 0,$$

где $\frac{H}{l}$ — отношение высоты откоса к глубине вруба, отражающее геометрическое подобие;

$\frac{A \cdot \omega}{v}$ — отношение скорости вибраций к скорости перемещения рабочего органа вдоль забоя, отражающее кинематическое подобие;

$\frac{\gamma \cdot b}{c}$ — отношение произведения объемного веса грунта на ширину подрезания к сцеплению, отражающее динамическое подобие.

Масштабные множители сцепления, скорости и круговой частоты колебаний, определенные из масштабных множителей основных величин, соответственно будут:

$$\alpha_c = 0{,}66; \quad \alpha_v = 0{,}16; \quad \text{и} \quad \alpha_\omega = 0{,}47.$$

По результатам опытов строится зависимость $\frac{\gamma \cdot b}{c} = \Phi_3\left(\frac{H}{l}\right)$ при различных отношениях $\frac{A \cdot \omega}{v}$.

Таким образом, тот факт, что при работе земснаряда с вибрационно-гидравлическим устройством вес грунтового блока уменьшается на величину Архимедовой силы, можно успешно использовать для моделирования обрушения грунта в подводном забое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование проявлений горного давления (под ред. проф. Г. Н. Кузнецова). Л., «Недра», 1968.
2. Веников В. А. Теория подобия и моделирования. М., «Высшая школа», 1966.
3. Кирпичев М. В. Теория подобия. М., Изд-во АН СССР, 1953.

С. Э. ЭЗИМОВ, Н. АГАБАЕВ, М. АКГАЕВ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ В УСЛОВИЯХ ТУРКМЕНСКОЙ ССР

Сель — это кратковременный мощный паводок с очень высоким содержанием наносов, возникающий в результате ливня или бурного таяния снега, редко при землетрясении, в бассейнах горных рек и сухих логов со значительными уклонами тальвегов и при наличии скоплений рыхлообломочного материала. По определению, принятому на III Всесоюзной селевой конференции в 1952 г., «селевыми потоками называются горные потоки, формирующиеся в некоторых речных бассейнах, преимущественно при ливневых осадках, и насыщенные твердым материалом. Они обладают значительными скоростями, большой разрушительной силой и создают характерные для них отложения».

Профессор М. С. Гагошидзе [1] селевые потоки делит на две категории: связные (структурные) и текучие (турбулентные). Разрушительная сила связных селей обусловлена напором потока и ударами камней в основном на ширине движущейся массы. Эти сели обладают большим объемным весом и громадной разрушительной силой. При остановке селевая масса сохраняет состав, не распадается на составные части и образует валообразное повышение. Транспортирующая способность текучих селевых потоков обусловливается водной средой и ограничивается речным руслом. Такие селевые потоки доносят до конуса выноса меньшее количество твердого материала по сравнению со структурными, причем аккумуляция его происходит при некоторой «сортировке». Вместе с тем мощные турбулентные потоки могут вынести из ущелий валуны диаметром 1,5 м и более, свидетельствующих о их значительной разрушительной силе.

Однако нельзя согласиться с мнением проф. М. С. Гагошидзе в отношении того, что термином «сель» следует определять только структурные потоки. Слово «сель» арабского происхождения, под которым подразумеваются все кратковременные мощные горные потоки, независимо от содержаниях в них твердого материала.

На территории Туркменской ССР селевая деятельность активно проявляется на северных и северо-западных склонах хребта Копетдаг, в горах Большой и Малый Балхан, в отрогах Гиссарской системы — хребет Кугитангтау, расположенный на юго-востоке Туркмении.

Естественно-географические условия формирования селевых потоков. Горы на территории Туркменской ССР характеризуются средней и в основном малой высотой [3]. Основными из них являются горы Копетдаг, представляющие собой северную цепь Туркмено-Хорасанской горной системы. Они расположены вдоль южной границы Туркменской ССР на протяжении почти 500 км. В пределах республики Копетдаг состоит из ряда отдельных хребтов широтного простирания высотой 700—2000 м, прорезанных поперечными долинами и ущельями. На западе, к северу от Копетдага, расположены отдельно стоящие горы Большой и Малый Балхан с наибольшими высотами 955 и 1880 м. Отдельные вершины гор Кугитангтау на территории Туркмении достигают высоты 3137 м.

Горная область Копетдага сложена разнообразными и сильно дислоцированными известняками и сланцами, щебенисто-галечниковыми в горной части и пестрыми по механическому составу слоистыми пролювиальными и аллювиальными отложениями в предгорной полосе. Характер почвообразовательного процесса существенно меняется с повышением местности и в зависимости от климатических условий. Почвенный покров в целом можно отнести к горно-степному, пустынному и полупустынному. Скалы и осыпи составляют 65% общей площади, средне- и сильносмытые почвы — 25, несмытые и слабосмытые — 10% [2].

Растительность представлена эфемерами с коротким периодом вегетации, приспособленными к недостатку влаги и высоким температурам. По долинам рек растут ежевика, шиповник, барбарис, дикий виноград, верба, клен, инжир, миндаль и др. Площадь лесопокрытия составляет всего 2% (преимущественно арча).

Климатические условия Копетдага характеризуются резким колебанием дневных и ночных, летних и зимних температур, большим количеством осадков — 300—400 мм в год и более. В подгорной полосе норма осадков в год уменьшается до 200 мм, а на равнине до 100—150 мм. Отдельные ливневые дожди имеют большую интенсивность и в количественном отношении могут приближаться даже к годовой норме. В Кизыл-Арвате 31/VIII 1937 г. за 2 часа выпало осадков 77 мм,

в Ходжа-Кала 8/IX 1963 г.— 127, в Бекибенте в 1953 г.— 137, а 19/VIII 1958 г. за 3 часа 56 мин.— 118 мм [4].

Ливневые дожди, а в отдельных случаях бурное таяние снега на склонах гор являются основным фактором, формирующим селевые потоки. Селеобразующие очаги расположены в основном в верхней части бассейнов. При ливневых дождях образуются паводки, которые снабжаются продуктами разрушения горных пород, пришедших в рыхлое состояние в результате выветривания.

Для формирования мощных селевых потоков необходимо определенное сочетание геологических, геоморфологических и климатических условий. При этом первые должны обеспечивать снабжение селей продуктами разрушения горных пород, образующими во взаимодействии с водой селевую массу, вторые — возможностью большой концентрации стока и быстрого его отвода и, наконец, третьи — ливневыми осадками и засушливыми периодами.

Наблюдения показывают, что мощные селевые потоки формируются в основном во время выпадения ливневых осадков после засухи. И чем длительнее период засухи, тем мощнее селевые потоки. В селеобразующих очагах в длительный период под воздействием резкой смены дневной и ночной температур происходит интенсивное разрушение горных пород, поверхность очага покрывается пылью. В засушливый период даже растительный покров, вытоптанный при длительной пастьбе скота, превращается в пылеватую массу. Пылеватые частицы, покрывшие поверхность склонов, при насыщении водой приобретают весьма высокую подвижность.

Сведения об отдельных селевых потоках. Изучением селевых потоков в пределах республики занимаются недостаточно. Имеющаяся сеть постов и пунктов по наблюдению за селевыми потоками ничтожно мала. Значительная работа по определению максимального расхода селевых потоков и их следам (по меткам ГВВ) проведена Управлением гидрометеослужбы ТССР. Выявлено 36 логов и русел, по которым могут проходить селевые потоки с большим расходом воды [5]. Данные о них приведены в таблице.

Наибольшее количество селевых потоков наблюдается весной в течение апреля и мая. Однако отдельные сели с большим расходом воды проходят в августе и сентябре, что подтверждает вышесказанное о благоприятном способствовании длительного засушливого периода образованию мощных селевых потоков. Как показывают данные наблюдений, за последние 10 лет (1962—1972 гг.) наиболее дождливыми и селеносными были 1962, 1963, 1969 и 1972 гг. В 1963 и 1972 гг.

Максимальные расходы селевых потоков в Туркменской ССР

Наименование лога или русла	Площадь водосбора, км²	Длина водотока, км	Средний уклон	Дата прохождения селя	Наибольший расход воды, м³/сек
р. Сумбар	8440	230	0,064	1/VIII 1963 г.	886
„ Чандыр	1440	146	0,092	1/VIII 1963 г.	422
„ Терсакан	673	57	0,002	1/VIII 1963 г.	336
л. Аджидере (аулы)	2790	132	0,12	8/IX 1963 г.	1088
„ Лаинсу	260	50,6	0,34	11/VI 1965 г.	840
„ Чачачай	1040	74	0,16	1/V 1962 г.	523

селевая деятельность проявилась особенно активно во всех горных районах Туркмении. При этом народному хозяйству республики был нанесен значительный ущерб.

В зависимости от геоморфологических условий селевые потоки характеризуются самым различным содержанием жидкого и твердого стока. По содержанию твердых материалов в горных потоках проф. М. С. Гагошидзе делит последние на три типа: структурный, турбулентный и водный потоки. В структурном потоке содержание твердого материала составляет 80—90%, а объемный вес грязе-каменной массы — 1,90 ÷ ÷ 2,30 т/м³; в турбулентном — соответственно 20—30% и 1,10 ÷1,30 т/м³ и водном — 3—4% и 1,02 ÷ 1,05 т/м³.

В условиях Копетдага в основном наблюдаются турбулентные и водные потоки. Однако конусы выноса отдельных логов (Даната, Кодж и Гезза) представлены однородным неотсортированным материалом в виде застывшего «языка», что свидетельствует о выходе грязе-каменного потока. И поскольку населенные пункты Даната, Кодж и Бами расположены непосредственно на конусе выноса грязе-каменного потока, это вызывает серьезные опасения, так как повторный выход такого потока может вызвать катастрофу.

Селевые потоки обычных типов (водо-каменные и водные) также представляют серьезную угрозу народному хозяйству и могут вызвать разрушение различных объектов.

В целом убыток, наносимый селевыми потоками народному хозяйству Туркменской ССР, исчисляется миллионами рублей. Однако мероприятия по борьбе с ними в пределах республики осуществляются медленными темпами, порой без достаточно четкого согласования с заинтересованными ведомства-

ми, причем все мероприятия в основном сводятся к пропуску селевых потоков за пределы культурной зоны.

В настоящее время проектные организации испытывают острый недостаток в научно обоснованных данных для определения основных параметров селевых потоков. В целях уточнения достоверности используемых эмпирических формул различных авторов применительно к условиям Туркменской ССР сотрудники лаборатории гидротехнических сооружений ТуркменНИИГиМ проводят исследования по изучению селевых потоков в зоне Каракумского канала им. В. И. Ленина.

Выводы

1. По отдельным руслам и логам в пределах Туркменской ССР могут проходить очень большие расходы селевых потоков.
2. Необходимо разработать единую схему по защите народнохозяйственных объектов от селевых потоков с учетом рационального использования селевых вод.
3. В дальнейшем необходимо расширить исследования по изучению режима селевых потоков и разработке селезащитных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гагошидзе М. С. Селевые явления и борьба с ними. Тбилиси, «Сабчота сакартвело», 1970.
2. Гоппе А. А. Ливнезащитные мероприятия на Каракумском канале им. В. И. Ленина. Научно-техническое совещание по вопросам повышения эффективности комплексного использования земельно-водных ресурсов в зоне Каракумского канала. (Тезисы докладов). Ашхабад, 1967.
3. Кочерга Ф. К., Васильева Е. И., Пославская О. Ю. Очерк о селях Средней Азии.— В кн.: Сели в СССР и меры борьбы с ними. М., 1964.
4. Лещинский Г. Т. Дожди и ливни на территории Туркменской ССР. Ашхабад, «Ылым», 1969.
5. Шошкина З. Н., Джуманиязов К. Селевые паводки в горных районах Туркмении.— В кн.: Сборник работ Ашхабадского агрометеорологической обсерватории, вып. 7. Ашхабад, «Ылым», 1972.

Б. Т. КИРСТА

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ СТОКА ЛОГОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ТУРКМЕНИИ И НЕКОТОРЫХ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Значительную часть Юго-Западной Туркмении занимают низкогорья западного Копетдага и его подгорная равнина. Незначительная высота гор, не превосходящая большей частью 1000 м, распространение слабопроницаемых пород и почвогрунтов создают здесь более благоприятные, по сравнению с другими районами, условия для формирования поверхностного стока. Его образованию способствует и несколько большее количество выпадающих осадков. Поверхностный сток формируется в виде кратковременных паводков. Вследствие изреженности или почти полного отсутствия растительного покрова поверхностный сток вызывает значительную эродированность и расчленение рельефа большей части рассматриваемого района. Как указывает Б. А. Федорович [11], «даже при глубине вреза 5—10 м образуется местами настолько интенсивный бедленд, что на 1 пог. км приходится до 120 оврагов и на 1 км² площади длина эрозионной врезанности сети достигает 60 и даже 85 км». Благодаря этому воды паводков быстро скатываются на предгорную равнину, где теряются на испарение и рассредоточенную инфильтрацию. В связи с этим, несмотря на большую, чем в других районах, величину поверхностного стока, этот район относится к наиболее маловодным областям Туркмении. Постоянных рек здесь нет, за исключением Атрека, сток которого в значительной степени формируется за пределами Юго-Западной Туркмении. Источников мало, дебиты их незначительны, и нередко вода в них солоноватая или соленая. Имеющиеся источники не удовлетворяют нужды отгонного животноводства и поэтому здесь издавна используется поверхностный сток, который собирается в каки и сардобы или задерживается простейшими плотинами на небольших логах (например, Бекибент). Однако это не обеспечивает обводнения территории, и нередко воду для водопоя скота приходится возить за десятки, а иногда и

сотни километров. В то же время, как показал опыт в урочище Зирик, без больших материальных затрат и денежных средств возможно строительство простейших водохранилищ для обводнения территории.

В первую очередь для проектирования и строительства небольших водохранилищ требуется оценка величины формирующегося на данном водосборе стока. На основании наблюдений Западно-Туркменской стоковой станции Бекибент за сточком со стоковых площадок и малых логов Г. Т. Лещинским [6, 7] была разработана методика расчета стока с различных по степени водопроницаемости почвогрунтов. В ее основу положен расчет стока за отдельный паводок на основании количества выпавших осадков, их средней интенсивности и предшествующего выпадению осадков увлажнения почвогрунтов. Величину годового стока определяют суммированием стока всех паводков. Поскольку в рассматриваемом районе коэффициент стока уменьшается с увеличением площади водосбора, в полученные по указанной методике значения стока вводится поправка, величина которой зависит от размеров рассматриваемого бассейна. Рассчитанные таким путем средние многолетние значения стока приводятся Г. Т. Лещинским [7]. Для площади в 1 км² они в зависимости от водопроницаемости почвогрунтов составляют 7—26 мм/год (7000—26 000 м³/год).

В нашу задачу не входит детальный анализ предложенной Г. Т. Лещинским методики. Укажем только, что расчеты стока по ней требуют значительного времени и обязательного наличия данных не только о количестве выпавших осадков за отдельные дожди и интенсивности их выпадения, но и значениях температуры воздуха, необходимых для оценки величины предшествующего выпадению осадков увлажнения водосбора. При этом получены величины стока, которые могут быть при условии идентичности как величины и режима выпадения осадков, так и предшествующих им метеорологических характеристик в рассматриваемый период и в будущем. Кроме того, мы вынуждены допускать, что все указанные характеристики на рассматриваемом водосборе и опорной метеостанции одинаковы. На самом деле это далеко не так, особенно в отношении значительных дождей. Как видно из данных наблюдений на постах Западно-Туркменской стоковой станции, расположенных друг от друга на расстоянии, не превышающем 8—10 км (табл. 1), расхождения в количестве осадков и продолжительности их выпадения за один и тот же дождь могут достигать 100% и более. Вполне понятно, что не в меньшей степени будут изменяться и значения стока. Для некоторых лет наблюдается весьма существенная разница и между значениями годового стока для одних и тех

Таблица 1

Продолжительность выпадения и количество выпавших осадков в отдельные годы по данным наблюдений на постах Западно-Туркменской стоковой станции (Бекибент)

По осадкомеру, мм			По самописцу					
			продолжительность выпадения, мм			количество, мм		
19/VIII 1958	2/VI 1959	1/VIII 1963	19/VIII 1958	2/VI 1959	1/VIII 1963	19/VIII 1958	2/VI 1959	1/VII 1963
Опорная станция								
84,7	37,8	8,6	—	159	—	—	33,4	—
Лог Беки								
105,8	27,3	41,8	236	146	45	88,1	26,9	30,7
Стоковая площадка № 2								
75,7	27,8	45,8	403	154	48	67,0	25,7	43,5
Стоковая площадка № 1								
71,6	50,4	3,5	185	149	—	58,4	47,0	—
Лог Джейранний								
88,8	24,4	26,6	—	143	—	—	21,8	—
Лог Крутой Яр								
108,5	24,3	45,3	72*	205	48	29,8*	23,1	36,4
Лог Зменный								
80,8	21,4	32,9	217**	193	—	63,1**	24,1	—
Лог Комсомольский								
80,7	46,3	8,8	332	141	31	69,4	44,2	7,0
Лог Каменный								
142,5	—	—	256	—	—	118,2	—	—

* По-видимому, самописцем зафиксирован только один дождь.
** Дождь окончился в 6 час. 55 мин., затем с 8 час. 25 мин. до 8 час. 57 мин. выпало 9,5 мм.

же почвогрунтов на близ расположенных водосборах. Так, по данным Г. Т. Лещинского [7], на логу Каменный (суглинисто-супесчаные почвогрунты, площадь водосбора 1,19 км²) годовой сток составлял: в 1956 г.— 1,8 мм; 1957 г.— 10,4 и в 1958 г.— 106 мм. На стоковой площадке № 1, сложенной такими же почвогрунтами размером 2000 м², он соответственно

равнялся 28,5, 3,0 и 52 мм. Причиной таких колебаний стока в основном является то, что он формируется главным образом за счет значительных ливней. Так, на логу Джейраний (площадь водосбора 0,19 км²) восемь паводков в марте 1954 г. дали суммарный слой стока в 1,4 мм, а шесть паводков в марте 1956 г.— 0,5 мм, то есть практически в ряде случаев наблюдалось только начало формирования стока. В то же время отдельные паводки летнего периода имеют очень значительные объемы. Слой стока за паводок составлял: 28/VII 1955 г.— 18,8 мм, 8/VIII 1956 г.— 18,7, а 18—19/VIII 1958 г., когда выпало 88,8 мм осадков,— 55,8 мм. Эти три паводка дали 94,3 мм стока, или 38% его суммарного значения за 173 паводка, наблюдавшихся в течение 15 лет.

Вследствие очень большой изменчивости количества выпадающих осадков по площади, независимо от надежности применяемой методики расчета стока, полученные результаты для конкретных водосборов будут ориентировочными. Суммы годовых осадков по близ расположенным пунктам изменяются в меньшей степени, чем величины осадков за отдельные дожди. Поэтому нами сделана попытка ориентировочно оценить величину годового стока с временных водотоков, исходя из суммы годовых осадков и средних значений коэффициентов стока. На основании данных наблюдений за стоком с малых водосборов за 1952—1967 гг. [8, 9, 10] были рассчитаны средние, наибольшие и наименьшие величины слоя и коэффициента стока (табл. 2). В связи с наличием пропусков в наблюдениях значения стока за отдельные паводки были восстановлены по связям между слоями стока по близ расположенным водосборам, поэтому их следует считать приближенными. При использовании этих средних значений коэффициента стока для расчета стока с логов за отдельные годы для слабопроницаемых почв ошибки могут достигать ±50—60%, а для более проницаемых почв — до 100—200% и более.

Однако приведенные в табл. 2 величины коэффициентов стока характерны только для логов с водосборами <0,2 км². На больших водосборах они должны быть значительно меньше. Надежная оценка стока логов Юго-Западной Туркмении с площадями водосборов в один и тем более в десятки и сотни квадратных километров в настоящее время невозможна из-за отсутствия данных фактических наблюдений. Для ориентировочного получения его значения по данным об осадках можно использовать средние коэффициенты стока (табл. 2) с введением поправок на уменьшение стока с увеличением площади водосбора, приводимых Г. Т. Лещинским [6, 7]*. При установлении этих поправок за величину коэффициента

* Эти поправки следует считать ориентировочными, так как данные о стоке крупных логов были приближенными и крайне ограниченными.

Таблица 2

Слой и коэффициенты стока по данным наблюдений

Водосбор	Слой стока, мм			Коэффициент стока		
	средний	наибольший*	наименьший*	средний	наибольший**	наименьший**
Такыровидные почвы						
Стоковая площадка № 2, F=2000 м²	48,2	84,0	15,6	0,27	0,39 / 45	0,12 / −56
Лог Змеиный, F=0,071 км²	42,0	83,9	13,6	0,26	0,36 / 38	0,12 / −54
Лог Лысый, F=0,0068 км²	40,1	83,0	22,7	0,25	0,36 / 44	0,17 / −32
Мергелистые глины						
Лог Джейраний, F=0,19 км²	16,3	61,9	2,0	0,09	0,26 / 190	0,01 / −100
Глины и светлые такыровидные сероземы						
Лог Крутой Яр, F=0,19 км²	11,6	49,8	0,2	0,07	0,21 / 200	0,001 / −100
Глинисто-супесчаные почвогрунты						
Стоковая площадка № 1, F=2000 м²	(14,9)	(38,6)	0	(0,08)*	(0,14) / —	0 / —

* За 1952—1961 гг.

** В числителе — коэффициент стока, вычисленный по годовой сумме осадков, в знаменателе — величина отклонения от среднего многолетнего значения, %

стока, равную единице, была принята площадь водосбора 0,01 км². Нами же он принимается равным единице для площади бассейна 0,07 км² (лог Змеиный). Поэтому при вычислении ориентировочных значений объемов возможного среднего многолетнего стока с логов, водосборы которых сложены различными почвогрунтами, значения поправок были пересчитаны. Расчет стока выполнялся по осадкам без поправок на ветровой недоучет и смачивание осадкомерного ведра для метеостанций Казанджик, Бекибент и Кизыл-Атрек. Полученные данные показывают в первом приближении порядок возможных средних значений стока при указанных осадках (табл. 3).

Таблица 3

Ориентировочные значения поправок на уменьшение стока с увеличением площади водосбора и объемы среднего многолетнего стока

Почва	Площадь водосбора, км²														
	0,07	0,10	0,19	**0,50**	1,0	5	10	50	100	200	500	1000			
	Поправки на изменение коэффициента стока с увеличением площади водосбора*														
	(0,78) / 1,00	0,68 / 0,87	(0,65) / 0,83	0,57 / 0,73	0,48 / 0,55	**0,35** / 0,45	0,25 / 0,35	0,20 / 0,25	0,13 / 0,17	**0,11** / 0,14	0,07 / 0,09	0,06 / 0,08			
	Значения среднего коэффициента стока по суммегодовых осадков														
Такыровидные почвы	**0,260**	0,230	0,220	0,190	0,140	0,120	**0,090**	0,070	**0,040**	**0,040**	0,020	**0,030**			
Мергелистые глины	(0,110)	—	0,040	0,080	0,060	0,050	0,040	0,030	0,020	0,015	0,010	0,00)			
Глины, светлые сероземы	(0,084)	—	0,070	0,060	0,050	0,040	0,030	0,020	0,010	0,010	0,003	0,007			
Супесчаные почвы	(0,050)	0,043	0,042	0,036	0,028	(0,022)	0,016	0,013	(0,008)	0,007	(0,004)	(0,004)			
	Объем годового стока при осадках 148 мм, 165 мм и 188 мм**, тыс. м³														
Такыровидные почвы	—	—	—	14,1	20,7	88,8	133,0	518,01	592	1180	1480	2960			
	—	—	—	15,6	23,1	99,0	148,0	578,0	660	1320	1650	3300			
	—	—	—	17,9	26,3	113,0	169,0	658,0	752	1500	1880	3760			
Мергелистые глины	—	—	—	5,9	8,9	37,0	59,2	222,0	296	444	740	1330			
	—	—	—	6,6	9,9	41,2	66,0	248,0	330	495	825	1480			
	—	—	—	7,5	11,3	47,0	75,2	282,0	376	564	940	1690			
Глины, светлые сероземы	—	—	—	4,4	7,4	29,6	44,4	148,0	148	296	592	1040			
	—	—	—	5,0	8,2	33,0	49,5	165,0	165	330	660	1160			
	—	—	—	5,6	9,4	37,6	56,4	188,0	188	376	752	1320			
Супесчаные почвы	—	—	—	2,7	4,1	16,3	23,7	96,2	118	207	296	592			
	—	—	—	3,0	4,6	18,2	26,4	107,0	132	231	330	660			
	—	—	—	3,4	5,3	20,7	30,1	122,0	**150**	263	375	752			

* В числителе — по Г. Т. Лещинскому [6, 7], в знаменателе — принятые нами.

** Соответственно по метеостанциям Казанджик, Бекабент и Кизыл-Атрек.

Особенно значительные расхождения между рассчитанными и фактическими величинами стока могут быть для логов, водосборы которых сложены хорошо водопроницаемыми почвогрунтами. На таких логах сток наблюдается не ежегодно. Так, например, за период 1952—1961 гг. на стоковой площадке № 1 (супесчаные почвы) стока практически не было ни в 1952 г., ни в 1961 г., хотя среднее его значение составляет 15 мм. В то же время в отдельные годы величина стока может достигать весьма значительных размеров: 1958 г.— не менее 38,6 мм, а по данным Г. Т. Лещинского [7] — даже 52 мм. На логу Каменный, бассейн которого сложен преимущественно супесчаными почвогрунтами, по данным указанного автора, суммарный слой за 1953—1958 гг. составил 129,1 мм, а без учета 1958 г.— 23,1 мм. Таким образом, на 1958 г., когда за 19 августа выпало 142 мм осадков, приходится 82% суммарного стока за шесть лет. Значения среднего стока составляют: за 1953—1958 гг.— 20,8, а за 1953—1957 гг.— 4,6 мм. Величина среднего годового слоя стока, вычисленная по годовым суммам осадков на логу Каменный и среднему коэффициенту стока, равному для площади в 1 км² 0,028 (табл. 3), за 1953—1958 гг. составила 5,6, а за 1953—1957 гг.—5,7 мм. Для первого периода она в 3,7 раза меньше, а для второго на 11% больше значений, вычисленных по данным, опубликованным Г. Т. Лещинским [7]. Это позволяет сделать вывод, что рассчитанные таким образом значения среднего многолетнего стока для хорошо водопроницаемых почвогрунтов будут, по-видимому, несколько меньше фактического стока. Это вызывается занижением стока паводков, формирующихся ливнями со значительной суммой осадков, выпадающих с большой интенсивностью. Коэффициенты стока при таких ливнях выше обычно наблюдающихся значений. Однако такие ливни выпадают очень редко и охватывают ограниченные площади. Поэтому ошибки за счет их недоучета, по-видимому, не будут значительно отличаться от ошибок, вызываемых изменчивостью осадков по площади. Так, по данным наблюдений на постах Западно-Туркменской стоковой станции, колебания годовых сумм осадков могут достигать 20—40%. Например, на опорной метеостанции за 1954 г. осадки составили 197 мм, а по стоковой площадке № 2 (расстояние между ними не превышает 2—3 км) — 142 мм. Осадки за отдельные дожди, как уже указывалось, могут различаться в два и более раза (см. табл. 1).

При расчете стока за конкретные годы по годовой сумме осадков и среднему значению коэффициента стока для небольших логов, бассейны которых сложены слабопроницаемыми почвогрунтами, ошибки, по-видимому, чаще всего не будут выходить за пределы ±60%. Для хорошо водопрони-

наемых почвогрунтов расчет стока за отдельные годы по этому способу невозможен, так как ошибки могут достигать нескольких сот процентов.

Представляет значительный интерес оценка потенциальных возможностей использования стока паводков в рассматриваемом районе для различных целей. Как справедливо указывает Г. Т. Лещинский [7], здесь для поверхностного стока характерна чрезвычайно большая изменчивость. Особенно это относится к стоку логов, бассейны которых сложены хорошо водопроницаемыми почвогрунтами. Так, на супесчаных почвах за период 1952—1961 гг. даже на элементарном водосборе (стоковая площадка) для двух лет сток отсутствовал. Таким образом, для этих почв, а в некоторые годы и для других хорошо водопроницаемых почвогрунтов ежегодное формирование стока не гарантируется. Поэтому для использования стока с водосборов, сложенных такими почвами, даже в целях обводнения пастбищ необходимо строительство более крупных водохранилищ, обеспечивающих его многолетнее регулирование. В подавляющем большинстве случаев это не будет оправдываться экономически, хотя в отдельные годы величины стока по некоторым логам могут быть значительными.

Совершенно другая картина имеет место на логах, бассейны которых сложены слабопроницаемыми почвогрунтами. По данным наблюдений на элементарных такыровидных водосборах за 1952—1966 гг., сток здесь наблюдался ежегодно. В среднем его величина составляла 40 мм, а минимальное значение — 13 мм. Для 1 км² водосбора среднее многолетнее значение стока исходя из годовых сумм осадков по Бекибенту составляет 23 тыс. м³/год, минимальное — 7, а максимальное—47 тыс. м³/год, причем можно считать, что сток будет наблюдаться ежегодно. Поэтому на таких водосборах не вызывает сомнения целесообразность строительства небольших водохранилищ для обводнения пастбищ. При этом минерализация вод поверхностного стока, формирующегося на такыровидных водосборах, в большинстве случаев не будет превышать 1 г/л, в то время как на логах, сложенных другими почвогрунтами, она может быть значительно выше [2].

Намного сложнее использовать сток паводков для орошения. Поверхностный сток с такыровидного водосбора площадью в 10 км² при принятых ранее исходных данных будет примерно составлять: средний—148, максимальный — 300 и минимальный — 45 тыс. м³/год, а с водосбора размером 100 км²—соответственно 660, 1360 и 200 тыс. м³/год. Если исходить из нормы орошения брутто 15 тыс. м³/га*, то в первом случае размер орошаемых площадей в зависимости от водности года может изменяться от 3 до 20 га, а во втором — от 13 до 91 га. Средняя многолетняя величина стока позволит орошать соответственно 10 и 44 га, но в этом случае уже необходимо сооружение водохранилища для его многолетнего регулирования. Так, например, по логу Зменный за период 1952—1966 гг. значения годового стока для десяти лет — причем пять из них подряд — 1960—1964 гг.— были меньше его средней многолетней величины.

* Учитывая неизбежность потерь, в первом приближении можно принять, что это позволит подавать на каждый орошаемый гектар земель 6—10 тыс. м³ воды.

Несмотря на то, что приведенные значения стока и размеры орошаемых за счет него площадей являются ориентировочными, они позволяют сделать весьма важный вывод. Учитывая относительно высокую стоимость строительства водохранилищ для многолетнего регулирования стока по сравнению с обычными водохранилищами и незначительные размеры орошаемых площадей, которые они могут обеспечить водой, следует признать, что широкое использование поверхностного стока для постоянного устойчивого орошения в Юго-Западной Туркмении бесперспективно.

Автор предвидит возражения: в литературе имеются высказывания о больших размерах суммарного поверхностного стока в рассматриваемом районе и возможности его широкого использования для орошения. Действительно, общий сток здесь значителен. Однако он рассредоточен на очень большой площади и чрезвычайно изменчив по годам. Так, только для логов и подгорной равнины западной оконечности Копетдага (общая площадь водосбора 6880 км²) средний сток, по данным Г. Т. Лещинского [7], составляет: при расчетной площади 10 км²— 58,3 млн. м³, 100 км²— 30,8 млн. м³. Но уже для года 97%-ной обеспеченности он во много раз меньше — соответственно 8,3 и 4,1 млн. м³.

Если исходить из расчетной площади 100 км², то для полного регулирования среднего многолетнего стока, рассчитанного Г. Т. Лещинским, необходимо построить 69 водохранилищ, которые смогут обеспечить орошение 2050 га в средний по водности год и 273 га в очень маловодный год (соответственно на каждое водохранилище придется 30 и 4 га). При расчетной площади 10 км² число водохранилищ возрастет в 10 раз, а орошаемая суммарная площадь составит: для среднего по водности года — около 3900 га, а для очень маловодного—550 га. На одно водохранилище будет соответственно приходиться около шести и менее 1 га орошаемой площади. Нам кажется, что приведенные цифры свидетельствуют о нерациональности и экономической бесперспективности широкого развития орошаемого земледелия на базе местного стока в рассматриваемом районе, тем более, что далеко не на всех логах имеются благоприятные условия для сооружения водо-

хранилищ и возможности освоения земель под орошаемое земледелие.

Этот вывод остается в силе и для более крупных водосборов, поскольку здесь удельная величина стока на единицу площади меньше, а его изменчивость должна быть больше. Кроме того, значительную часть больших водосборов, как правило, занимают хорошо водопроницаемые почвогрунты и породы, что в свою очередь уменьшает сток.

Все изложенное не исключает возможности использования стока некоторых логов для стационарного и особенно полуторного орошения небольших участков при строительстве водохранилищ для обводнения пастбищ. Возможность этого доказана опытом местного населения, возделывающего зерновые культуры в урочище Бугдайли [5] и некоторых других местах. Однако это возможно и целесообразно в ограниченных размерах. По нашему мнению, в рассматриваемом районе значительно более перспективно использовать поверхностный сток не в русле (за счет сбора в водохранилищах), а непосредственно на пологих склонах и подгорной равнине для облесения и возделывания ряда сельскохозяйственных культур. Это доказано опытами по растениеводческому освоению такыров и такыровидных почв [3, 4].

Учитывая значительные потери воды на испарение и относительно высокую стоимость сооружения водохранилищ инженерного типа, наиболее целесообразно использовать сток с логов для искусственного пополнения имеющихся и создания новых пресных линз, плавающих на соленых подземных водах. Возможность и перспективность этого подтверждаются исследованиями И. С. Глазунова и Н. В. Роговской [1].

Выводы

1. Ориентировочную оценку среднего многолетнего стока с логов Юго-Западной Туркмении можно производить по годовой сумме (норме) осадков (без поправок на ветровой недоучет и смачивание осадкомерного ведра) и среднему коэффициенту стока с введением поправок на его уменьшение с увеличением водосбора.

2. При использовании предлагаемого способа для расчета стока за конкретные годы на слабопроницаемых почвогрунтах погрешности в большинстве случаев не будут выходить за пределы ±60%. Для хорошо водопроницаемых почв он не применим вследствие возможных значительных погрешностей.

3. Поверхностный сток с такыровидных водосборов может быть широко использован для обводнения пастбищ Юго-Западной Туркмении.

4. Устойчивое орошение земель на базе стока логов требует строительства водохранилищ для многолетнего регулирования стока. Наиболее перспективно использовать его для растениеводческого освоения такыровидных почв.

5. В целях водоснабжения сток с логов наиболее рационально использовать для пополнения существующих и создания новых пресных линз, плавающих на соленых подземных водах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов И. С., Роговская Н. В. Методы гидрогеологических исследований и расчетов для обоснования магазинирования пресных вод. М., Изд. Министерства геологии СССР, 1968.

2. Кирста Б. Т. Минерализация вод поверхностного стока Юго-Западной Туркмении.— «Проблемы освоения пустынь», 1971, № 2.

3. Лалыменко Н. К. Пути растениеводческого освоения такыров и такыровидных почв на базе местного поверхностного стока.—В кн.: Тезисы докладов межреспубликанской сессии по освоению пустынных территорий Средней Азии и Казахстана. Ашхабад, Изд-во АН ТССР, 1962.

4. Лалыменко Н. К. Инструкция по растениеводческому освоению такыров и такыровидных почв на базе местного поверхностного стока. Ашхабад, 1964.

5. Лейзерович Е. Е. Экономико-географические проблемы освоения пустынь. М., «Мысль», 1968.

6. Лещинский Г. Т. Анализ формирования и метод расчета дождевого стока с такыров и такыровидных водосборов.— В кн.: Сборник работ Ашхабадской гидрометеорологической обсерватории. Вып. 1. Ашхабад, 1958.

7. Лещинский Г. Т. Временный поверхностный сток и подтакырные линзы.— В кн.: Линзы пресных вод пустынь. М., Изд-во АН СССР, 1963.

8. Материалы наблюдений Западно-Туркменской стоковой станции. Вып. 1. Л., 1960.

9. Материалы наблюдений Западно-Туркменской (с. Бекибент) стоковой станции. Вып. 2. Ашхабад, 1963.

10. Материалы наблюдений Западно-Туркменской воднобалансовой станции Бекибент. Вып. 3. Ташкент, 1970.

11. Федорович Б. А. Общая характеристика рельефа и процессов рельефообразования.— В кн.: Геология СССР, т. 22, ч. 1. М., Госгеолтехиздат, 1957.

К. БЕКИЕВ, Х. ЗАМАНМУРАД, А. ЯЗКЛЫЧЕВ

О ТЕПЛОВОМ РЕЖИМЕ ЗОНЫ АЭРАЦИИ ПОЧВ ПРИКОПЕТДАГСКОЙ ЗОНЫ ТССР

Для мелиоративной практики важнейшими характеристиками теплового режима почв являются коэффициент температуропроводности, поток тепла в почву, амплитуда колебаний суточных и годовых температур почвы в зоне аэрации.

Наблюдения за температурным режимом проводились на лизиметрической станции ТуркменНИИГиМа в совхозе им. 9 Ашхабадских комиссаров Ашхабадского района на среднесуглинистой почве плотностью 1,45 г/см³ и средней объемной влажностью 22,1%. Для определения коэффициента температуропроводности и потока тепла в почву использован метод, предложенный Г. Х. Цейтиным [5] на основе преобразованных формул Д. Л. Лайхтмана [3]. Из существующих количественных зависимостей для определения коэффициента температуропроводности и потока тепла в почву формулы Д. Л. Лайхтмана (2) и (4) являются точными решениями дифференциального уравнения теплопроводности. Однако расчет по ним — задача весьма сложная. Метод Г. Х. Цейтина значительно упрощает расчет, внося допустимую приближенность.

В расчетах при определении коэффициента температуропроводности использовались следующие выражения:

$$K=\frac{M}{N} \tag{1}$$

$$M=L[\alpha_1\cdot F(z_1, t)+\alpha_2\cdot F(z_2, t)+\cdots+\alpha_n\cdot F(z_n, t)]; \tag{2}$$

$$N=\theta[\beta_1\cdot D(t_1)+\beta_2\cdot D(t_2)+\cdots+\beta_n D(t_n)]; \tag{3}$$

$$F(z_1, t)=T(z, t)-T(t, 0); \tag{4}$$

$$D(t)=T(0, t)-T(h, t)+\frac{h}{H-h}[T(H, t)-T(h, t)], \tag{5}$$

где K — коэффициент температуропроводности, см²/час;

h и H — две глубины в почве, см;

$L, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ — коэффициенты, зависящие от глубин $z_1, z_2 \ldots z_n$ и выбранных величин h и H, приняты по данным Г. Х. Цейтина [5];

θ — интервал времени между последовательными наблюдениями температуры, часы;

t — момент наблюдений.

При определении потока тепла в почву — соответственно:

$$Q(t)=C_v\left[A-\frac{K}{H-h}B\right]; \tag{6}$$

$$A=H[\gamma_1\cdot F(z_1t)+\gamma_2\cdot F(z_2\cdot t)+\cdots+\gamma_n\cdot F(z_n\cdot t)]; \tag{7}$$

$$B=\theta[\beta_1E(t_1)+\beta_2E(t_2)+\cdots+\beta_n E(t_n)]; \tag{8}$$

$$E(t)=T(H, t)-T(h, t), \tag{9}$$

где $Q(t)$ — поток тепла в почву, кал/см²;

$\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n$ — коэффициенты, зависящие от глубин z_1, $z_2, \ldots, z_n$, на которых измеряется температура, и выбранных величин h и H;

C_v — объемная теплоемкость почвы, кал/(см³, °С);

$$C_v=\left(C+\frac{W}{100}\right)\rho; \tag{10}$$

где C — объемная теплоемкость сухой почвы; $C=0{,}20$ кал/(г, °С);

W — объемная влажность почвы, %;

ρ — плотность почвы, г/см³.

При вычислении коэффициента температуропроводности и потока тепла в почву было принято: $h=15$ см и $h=0$, $H=20$ см в обоих случаях, расчетный период времени — период между моментами ближайших наблюдений. Полученные количественные значения коэффициента температуропроводности за различные периоды суток отличаются друг от друга (см. таблицу).

Поскольку формулы Д. Л. Лайхтмана основаны на решении дифференциального уравнения теплопроводности без источников, периоды времени наблюдений, характеризующиеся активной сменой знаков температуры по глубине в почве (19—22 часа и 7—10 часов), не должны рассматриваться.

Расчет коэффициента температуропроводности и потока тепла в почву

Показатель	Время наблюдений, часы										α	γ
	10	13	16	19	22	1	4	7	10			
$Z=0$ см, $T(Z, t)$	39,0	55,0	56,0	40,0	26,5	23,3	24,2	23,0	35,5		0,58	0,078
$Z=5$ см, $T(Z, t)$	26,5	34,9	39,0	37,8	32,0	28,0	26,5	26,0	27,8		11,00	0,267
$Z=10$ см, $T(Z, t)$	26,0	28,5	32,0	33,9	32,0	30,0	28,5	27,5	27,3		18,50	0,067
$Z=15$ см, $T(Z, t)$	26,0	27,6	30,4	32,4	31,5	29,9	28,5	27,4	27,1		27,67	0,089
$Z=20$ см, $T(Z, t)$	26,0	26,8	28,7	31,2	31,0	29,7	28,5	27,2	27,0		2,25	0
$T(20, t)-T(15, t)$	0	−0,8	−1,7	−1,1	−0,5	−0,2	0	−0,2	−0,1			
$T(0, t)-T(15, t)$	+13,0	+27,4	+25,6	+7,7	−5,0	−6,6	−4,3	−4,4	+9,4			
$\frac{n}{n'-n}[T(20, t)-T(15, t)]$	0	−2,4	−5,1	−3,3	−1,5	−0,6	0	−0,6	−0,3			
$D(t)$	+13,0	+25,0	+20,5	+4,4	−6,5	−7,2	−4,3	−5,0	9,1			
β	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
$\beta_1 D(t_1)+\beta \cdot D(t_2)$	+19,0	+22,7	+12,4	−1,0	−6,8	−5,8	−4,7		+2,1			
M, °C²·см²	+485,0	+480,0	+178,0	−324,0	−330,0	−213,0	−145,0		+38,0			
N, °C·час	+57,0	+68,0	+37,0	−3,0	−20,0	−17,0	−14,0		+6,0			
K, см²/час	8,5	7,1	4,8	108,0	16,5	12,5	10,4		6,3			
$E(t)$	−13,0	−28,2	−27,3	−8,8	+4,5	+6,4	+4,3	+4,2	−9,5			
$\beta \cdot E(t)$	−6,5	−14,1	−13,6	−4,4	+2,2	+3,2	+2,2	+2,1	−4,8			
$\beta_1 \cdot E(t_1)+\beta_2 \cdot E(t_2)$	−20,6	−27,7	−18,0	−2,2	+5,4	+5,4	+4,3		−2,7			
A, °C·см	+74,0	+32,0	−24,0	−56,0	−30,0	−10,0	−8,0		+32,0			
B, °C·час	−62,0	−83,0	−54,0	−7,0	+15,0	+16,0	+13,0		−8,0			
$Q(t)$, кал/см²	+70,0	+52,0	+7,0	−31,0	−24,0	−13,0	−10,0		+23,0		+18	
$Q(t)$, кал/см²·час	+25,0	+21,0	+14,0	−9,0	−12,0	−4,0	−4,0		−2,0			

При исследовании температур отмечается резкое изменение их по глубине в почве в дневной период, что характерно для перелогов аридных зон в летний период года. Такой резко не стационарный процесс вносит в определение коэффициента температуропроводности по дифференциальному уравнению Фурье некоторую приближенность. Более близким к истинным значениям следует считать коэффициенты температуропроводности, определенные по данным ночных измерений. В этот период среднее значение коэффициента температуропроводности составило 13,1 см²/час.

Наибольшее количество тепла в почву в течение суток поступает в период с 10 до 13 часов и составляет 70 кал/см² с минимумом 25 кал/см²·час в 10 часов утра. В период с 19 до 22 часов наблюдается наибольший обратный поток тепла в количестве 31 кал/см² с максимумом 12 кал/см²·час в 22 часа вечера. Суточная величина потока $Q(t)$ составляет 74 кал/см². Полагая, что в почве, где амплитуда температурных колебаний не превышает 0,1°, есть зона постоянных температур; глубина проявления суточных колебаний температур составляет 83 см.

Используя зависимость между глубинами суточных и годовых колебаний температур [1]:

$$H_г = \sqrt{365} \cdot H_с, \qquad (11)$$

где $H_г$ — глубина проявления годовых колебаний температур;

$H_с$ — глубина проявления суточных колебаний температур,

определяем глубину проявления годовых колебаний температур почвы, которая составила 16 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов Г. В. Гидрогеология с основами инженерной геологии. М., Высшая школа», 1966.

2. Вершинин П. В. [и др.]. Основы агрофизики. М., 1959.

3. Лайхтман Д. Л. О точном методе определения температуропроводности почвы.—В кн.: Труды Главной геофизической обсерватории, вып. 2 (64). Л., Гидрометеоиздат, 1947.

4. Нерпин С. В., Чудновский А. Ф. Физика почвы. М., «Наука», 1967.

5. Цейтин Г. Х. К вопросу об определении некоторых тепловых свойств почвы.—В кн.: Труды Главной геофизической обсерватории, вып. 39 (101). Л., Гидрометеоиздат, 1953.

Х. А. АМАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ МЕТОДОМ ЛИЗИМЕТРОВ И ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА НА ХЛОПКОВОМ ПОЛЕ

Значение суммарного испарения хлопкового поля в водном балансе и водно-солевом режиме исключительно велико. Вопросы исследования суммарного испарения детально изложены А. Р. Константиновым [13], А. И. Будаговским [7], М. И. Будыко [8], А. М. Алпатьевым [1], С. М. Алпатьевым [2, 3], В. А. Ковдой [12], Д. М. Кацем [11], В. М. Легостаевым [14] и др.

Методы и приборы исследования суммарного испарения отличаются по принципу и конструкции. И. Б. Ревут [15] условно их разделяет на две группы — прямые и косвенные. Прямые позволяют получить непосредственно данные об испарении воды с поля. К ним можно отнести методы водного баланса, испарителей и лизиметров. Косвенные методы основаны на определении функциональных зависимостей между испарением и другими физическими характеристиками деятельной поверхности поля. К косвенным относятся методы теплового баланса, турбулентной диффузии, расчета испарения по данным метеорологических наблюдений и эмпирические формулы, полученные на основании экспериментальных данных.

Наиболее распространенными и достоверными способами определения испарения считаются методы теплового баланса и лизиметров. Лизиметрический метод применяется для изучения суммарного испарения и установления величины использования грунтовых вод при их различной глубине стояния и минерализации. Методы теплового баланса и расчета испарения по данным метеорологических наблюдений дают возможность определить величины суммарного испарения за любые промежутки времени, что особенно важно при оперативном контроле за ходом суммарного испарения поля и переходе к управлению запасов влаги на орошаемых полях и автоматизации поливов сельскохозяйственных культур.

Исследования суммарного испарения на хлопковом поле

при глубоком залегании уровня грунтовых вод по методу лизиметров, теплового и водного балансов проводились в совхозе им. 9 Ашхабадских комиссаров, расположенном в Прикопетдагской зоне Туркменской ССР. Лизиметры с нарушенной структурой почвы были заложены в 1969 г. с постоянной глубиной залегания уровня грунтовых вод — 4 м.

Исследование проводилось теплобалансографом Агрофизического научно-исследовательского института [6], производящим непрерывное дистанционное автоматическое измерение величин суммарного испарения E, радиационного баланса R, потока тепла в почву $Q_п$, градиентов температуры Δt и влажности воздуха Δl. Величина испарения рассчитывалась по следующей формуле:

$$E = \frac{R - Q_п}{1 + \frac{0{,}48\Delta t}{\Delta l}}. \qquad (1)$$

Методом водного баланса суммарное испарение с хлопкового поля определялось по уравнению:

$$E = O + П + \Delta W_н - \Delta W_к, \qquad (2)$$

где
E — суммарное испарение;
O — количество осадков, выпавших во время наблюдений;
$П$ — подача воды на орошение;
$\Delta W_н$ и $\Delta W_к$ — запасы влаги в балансовой толще в начале и конце наблюдений.

Величины месячного суммарного испарения, рассчитанные методом теплового и водного балансов [16], были сопоставлены со значениями суммарного испарения, полученными по методу лизиметров (табл. 1).

Таблица 1

Суммарное испарение с хлопкового поля, мм

Метод и период наблюдений	Месяцы						Всего	Урожай хлопка-сырца, ц/га
	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
Лизиметры (1971—1972)	116	133	212	290	298	106	1155	40,9
Тепловой баланс (1966—1968)	71	118	153	224	236	121	923	35,0
Водный баланс (1961—1965)	80	109	200	280	260	110	1030	40,0

Несмотря на то, что величины суммарного испарения получены различными методами, совпадения результатов вполне удовлетворительны, расхождения не превышают 10—20%. Особенно близки результаты месячного суммарного испарения, полученные методами лизиметров и водного баланса.

А. М. Алпатьев [1], С. М. Алпатьев [2], Н. Н. Иванов [10], В. И .Алексеев, Н. В. Данильченко [4] и другие считают, что суммарное испарение при оптимальной влажности корнеобитаемого слоя почвы близко к величине расхода воды, испаряющейся с водной поверхности, т. е. испаряемости. Наиболее распространенной формулой для расчета испаряемости является формула Н. Н. Иванова:

$$E_0=0{,}0018(25+t)^2(100-a), \qquad (3)$$

где E_0 — испаряемость за месяц, мм;
t — средняя месячная температура воздуха;
a — средняя месячная относительная влажность воздуха, %.

Сотрудники института «Средазгипроводхлопок» В. Р. Шредер и др. [18] разработали метод расчета оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах Сырдарьи и Амударьи по формуле:

$$M=k_1\cdot k_2(E_0-0), \qquad (4)$$

где M — оросительная норма, мм;
E_0 — величина испаряемости, определенная по формуле Н. Н. Иванова с введением коэффициента 0,8 (по Л. А. Молчанову);
k_1 — коэффициент, зависящий от вида культур;
k_2 — коэффициент, зависящий от гидрологических и почвенно-мелиоративных условий.

Для условий Мургабского оазиса k_1 равен 0,7, k_2 — 1,0 и общий коэффициент (с учетом коэффициента 0,8 по Л. А. Молчанову) К — 0,56.

Значительный интерес представляет метод определения суммарного испарения, основанный на тепловом балансе. Этот метод, предложенный акад. И. А. Шаровым [17], может быть записан в виде следующего выражения:

$$E=e\varepsilon t, \qquad (5)$$

где εt — суммарная среднесуточная температура воздуха;
e — модуль испарения полем, приходящийся на 1° среднесуточной температуры воздуха. Для расчетов И. А. Шаров рекомендует принимать e равный 2 м³/га на 1°С.

По данным Иолотанской опытной станции, нами сделан подсчет значения поправочного коэффициента ($k=\frac{E}{E_0}$) и модуля испарения воды ($e=\frac{E}{\Sigma t}$) по фазам развития хлопчатника при предполивной влажности почвы 65% от предельной полевой влагоемкости.

Полученные результаты показывают, что суммарное испарение воды с хлопкового поля за отдельные периоды вегетации хлопчатника не вполне согласуется с ходом температуры и влажности воздуха. Так, максимальные значения поправочного коэффициента и модуля испарения наблюдаются в период цветения хлопчатника, а минимальные — до цветения, что объясняется ростом и накоплением вегетативной массы хлопчатника. Следовательно, при расчете суммарного испарения следует учитывать термические условия и ритм развития хлопчатника в отдельные фазы.

Поправочный коэффициент и модуль испарения для суммарного испарения	До цветения	В период цветения	В период созревания
k	0,48	0,64	0,53
e	1,93	2,95	2,42

Для расчета месячного суммарного испарения воды полем хлопчатника при близком залегании уровня грунтовых вод (1—3 м) с апреля по октябрь нами получена на основе лизиметрических исследований следующая зависимость [5]

$$E_м=11{,}64\beta\sqrt[4]{\frac{t\cdot y}{H}}, \qquad (6)$$

где $E_м$ — месячное суммарное испарение, мм;
β — коэффициент, учитывающий водопотребление хлопчатника в отдельные месяцы, равный для апреля — 0,31; мая — 0,57; июня — 0,91; июля — 1,54; августа — 1,88; сентября — 1,21 и для октября — 0,57;
t — сумма среднесуточных температур воздуха за месяц;
y — урожай хлопка-сырца, ц/га;
H — глубина залегания грунтовых вод, м.

Из сопоставления месячных величин суммарного испарения с хлопкового поля при близком залегании уровня грунтовых вод, определенных методом теплового баланса (совхоз № 5 Голодной степи [9] и методом лизиметров по формуле (6), видно (табл. 2), что они близки между собой.

Полученная на основе лизиметрических исследований формула (6) может быть использована не только в воднобалансовых расчетах, но и для корректировки режимов орошения сельскохозяйственных культур.

Таблица 2

Суммарное испарение воды с хлопкового поля, мм

Глубина залегания грунтовых вод, м	Месяцы	По методу		Отклонение	
		лизиметров	теплового баланса	мм	%
2,74	IV	20	42	22	52
2,11	V	45	63	18	29
1,20	VI	84	83	−1	−1
1,20	VII	145	152	7	5
1,00	VIII	183	166	−17	−10
1,40	IX	100	82	−18	−18
1,87	X	38	43	5	12
Всего		615	631	16	12

Выводы

1. Величины суммарного испарения при глубоком залегании уровня грунтовых вод и урожайности хлопчатника 35—41 ц/га, определенные по методам лизиметров, теплового и водного балансов, совпадают и за период с апреля по сентябрь составляют 923—1155 мм, из которых 51% приходится на июль-август.

2. Модуль испарения ($e=\frac{E}{\Sigma t}$) и поправочный коэффициент ($k=\frac{E}{E_0}$) меняются по фазам развития хлопчатника. При расчете суммарного испарения по формулам А. И. Шарова и Н. Н. Иванова необходимо учитывать водопотребление хлопчатника в определенные фазы его развития.

3. Сравнение величин суммарного испарения при близком залегании уровня грунтовых вод, полученных по методам лизиметров и теплового баланса, свидетельствует о сходности результатов. Предложенная на основе лизиметрических исследований зависимость $E_м=11{,}64\beta\sqrt[4]{\frac{ty}{H}}$ может быть использована для расчета месячного суммарного испарения при глубине грунтовых вод 1—3 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатьев А. М. Влагооборот культурных растений. Л., Гидрометеоиздат, 1954.
2. Алпатьев С. М. Поливной режим на юге Украины. «Водное хозяйство», вып. 5. Киев, «Урожай», 1966.
3. Алпатьев С. М. и Остапчик В. П. К обоснованию формирования поливных режимов с использованием метода расчета суммарного испарения. «Мелиорация и водное хозяйство», вып. 19. Киев, «Урожай», 1971.
4. Алексеев В. И., Данильченко Н. В. Расчет поливного режима сельскохозяйственных культур методом дефицита испаряемости.— «Гидротехника и мелиорация», 1960, № 3.
5. Аманов Х. А. Определение суммарного расхода воды на хлопковом поле при близком залегании грунтовых вод. — «Гидротехника и мелиорация», 1967, № 7.
6. Аманов Х. А. [и др.]. Определение суммарного испарения по методу теплового баланса и лизиметров в основных зонах Каракумского канала им. В. И. Ленина. (Научно-технический отчет ТуркменНИИГиМа). Ашхабад, 1971.
7. Будаговский А. И. Испарение почвенной влаги. М., «Наука», 1964.
8. Будыко М. И. Тепловой баланс земной поверхности. Л., Гидрометеоиздат, 1956.
9. Ваничкина С. И. Суммарное испарение с хлопчатника в условиях Голодной степи. — В кн.: Труды ГГИ, вып. 151, 1968.
10. Иванов Н. Н. Об определении величины испаряемости.— «Известия Всесоюзн. географ. общ-ва», т. 86, вып. 2, 1954.
11. Кац Д. М. Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях. М., «Колос», 1967.
12. Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв, т. 1—2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1946—1947.
13. Константинов А. Р. Испарение в природе. Л., Гидрометеоиздат, 1968.
14. Легостаев В. М. Мелиорация засоленных земель. Ташкент, Госиздат, 1959.
15. Ревут И. Б. Физика почв. Л., «Колос», 1972.
16. Чарыев А. Режим орошения советского тонковолокнистого хлопчатника на сероземах подгорной равнины Копетдага. Автореф. канд. дис. Ашхабад, 1967.
17. Шаров И. А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. М., Сельхозгиз, 1959.
18. Шредер В. Р. [и др.]. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах реки Сырдарьи и Амударьи. Ташкент, Изд. «Средазгипроводхлопок», 1970.

Т. ДЖУМАНАЗАРОВА, В. А. СОКОЛОВА

РАСХОД ВОДЫ ПОЛЕМ ТОМАТОВ НА ТРАНСПИРАЦИЮ

В 1970—1971 гг. в совхозе им. 9 Ашхабадских комиссаров Ашхабадского района одновременно с изучением суммарного водопотребления полем томатов определялся расход воды на транспирацию.

Определение интенсивности транспирации проводилось два раза в месяц методом быстрого взвешивания, разработанного Л. А. Ивановым [1]. Лист томатов срезался, быстро взвешивался на аналитических весах и помещался в естественные условия на 4 минуты, после чего снова взвешивался. Разница в весе служила показателем потерь воды за данный промежуток времени. Согласно рекомендациям первое взвешивание проводилось через 30 секунд после срезания, так как в течение этого времени наблюдается повышенная интенсивность транспирации. Срок экспонирования определен по быстроте увядания листьев. Для этого листья, срезанные с куста, взвешивались через каждую минуту в течение 10 минут. В первые 4 минуты наблюдался равномерный процесс отдачи воды, затем выровненность нарушалась в связи с увяданием.

Наблюдения проводились с июня по сентябрь и велись 5 раз в сутки, начиная с 7 часов, через каждые 3 часа. Полученная величина расхода пересчитывалась на единицу сухой массы томатов в единицу времени.

Данные о наиболее характерных изменениях потерь воды в разные периоды вегетации (рис. 1) показывают, что ход интенсивности транспирации подвергается значительным изменениям на протяжении дня. Утром, когда температура воздуха низкая, а влажность относительно высокая, расход воды томатами незначителен. С повышением температуры, увеличением солнечной радиации и дефицита влажности воздуха в последующий период дня интенсивность транспирации возрастает, достигая максимального значения в 13—16 часов, а к вечеру постепенно снижается. В ночное время транспирация почти полностью прекращалась.

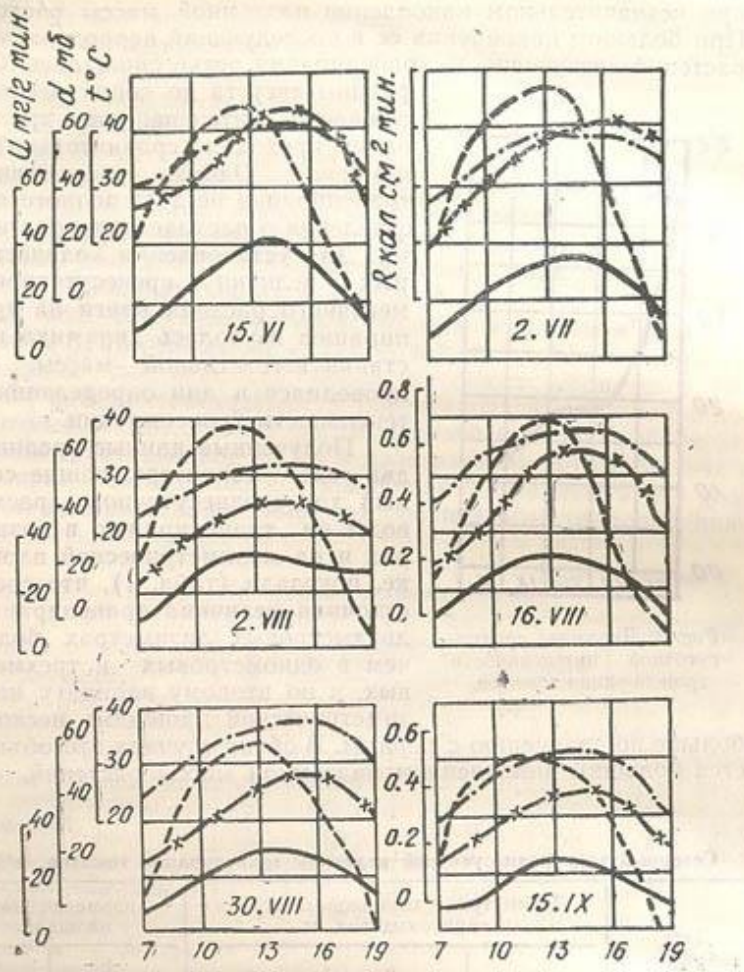


Рис. 1. Зависимость дневного хода интенсивности транспирации от метеорологических элементов:
————U — интенсивность транспирации; —.—.—.—t — температура воздуха; — — — —R — солнечная радиация; —x—x—x—*d*—дефицит влажности воздуха.

На основании данных дневного хода транспирации определен сезонный ход среднесуточной интенсивности транспирации в граммах на 1 г сухой массы (рис. 2). Наибольшая интенсивность транспирации наблюдалась в начале вегетации

при незначительном накоплении надземной массы растений. При большом накоплении ее в последующий период развития растений интенсивность транспирации резко снижалась. С середины августа до конца вегетации снижение интенсивности транспирации проходило сравнительно равномерно. Однако интенсивность транспирации не дает полного представления о расходе воды растениями. Для установления количественных величин среднесуточного и месячного расхода влаги на транспирацию изучалась динамика нарастания вегетативной массы. Учет проводился в дни определения интенсивности транспирации.

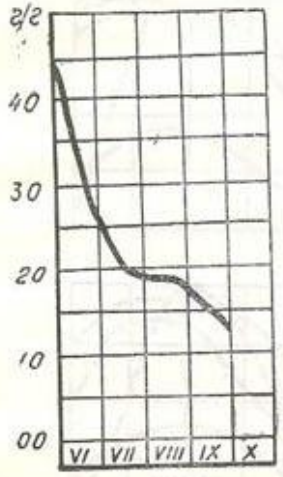


Рис. 2. Динамика среднесуточной интенсивности транспирации томатов.

Полученные данные средние за два года, характеризующие сезонный ход среднесуточного расхода воды на транспирацию в лизиметрах и на лизиметрической площадке, показали (табл. 1), что среднесуточная величина транспирации в двухметровых лизиметрах больше, чем в одометровых и трехметровых, и по второму варианту на лизиметрической площадке несколько больше по сравнению с первым. В обоих случаях это объясняется большим накоплением надземной массы растений.

Таблица 1

Сезонный ход среднесуточной величины транспирации томатов, м³/га

Дата наблюдений	Лизиметры с глубиной залегания грунтовых вод, м			Лизиметрическая площадка	
	1	2	3	1 вариант	2 вариант
2/VI	25,7	28,8	24,8	19,8	17,2
15/VI	43,6	48,8	42,0	33,4	34,8
2/VII	63,4	70,3	60,6	48,5	53,3
15/VII	98,6	110,0	95,0	76,3	83,6
2/VIII	110,0	121,0	105,0	83,8	89,5
16/VIII	104,0	117,0	101,2	81,0	94,0
30/VIII	79,8	86,5	74,8	59,5	64,5
15/IX	52,0	57,8	50,0	39,8	44,3
3/X	35,8	39,6	34,1	27,5	32,9

От начала вегетации величина транспирации возрастала, достигая максимального значения в начале августа. С конца августа она уменьшалась за счет снижения ее интенсивности при спаде напряженности гидротермических условий местности и высыхания листьев.

Помимо метеорологических элементов и величины накопления вегетативной массы, на суточный и сезонный ход величины транспирации томатов влияет характер распространения корневой системы. Под действием высоких температур в условиях понижения влажности верхнего слоя почвы происходит поглощение корневой системой некоторой части грунтовых вод. Корневая система томатов в основном сосредоточена в 60-сантиметровом слое почвы, но имеется вторая зона корней, достигающих более глубоких горизонтов (до 250 см)и при необходимости обеспечивающих растения достаточным количеством воды. В лизиметрах при глубине залегания грунтовых вод до 3,0 м доля расхода грунтовых вод в суммарном испарении, составляющая в среднем 28%, полностью использовалась корневой системой на транспирацию.

Таблица 2

Транспирация томатов

Показатель	Месяцы	Лизиметры с глубиной залегания грунтовых вод, м			Лизиметрическая площадка	
		1	2	3	1 вариант	2 вариант
Величина транспирации за вегетационный период, мм	VI	132,0	147,8	127,0	101,7	105,3
	VII	281,2	311,0	270,0	216,0	234,0
	VIII	303,5	335,0	283,0	232,0	256,0
	IX	167,5	183,9	158,9	126,8	141,6
Сумма		881,2	977,7	844,9	676,5	736,9
Суммарное испарение за VI—IX, мм		1379	1397	1179	894	1094
Расход воды на транспирацию в % от суммарного испарения		64	70	75	76	67
Накопление сухой массы, ц/га	VI	16,75	18,60	16,05	12,85	13,5
	VII	51,15	56,85	49,00	39,25	42,5
	VIII	63,90	70,85	61,05	48,85	54,0
	IX	44,25	50,60	42,30	33,85	38,0
Транспирационный расход на 1 ц сухой вегетативной массы, мм	VI	7,87	7,93	7,90	7,90	7,78
	VII	5,50	5,49	5,50	5,51	5,52
	VIII	4,75	4,73	4,70	4,80	4,75
	IX	3,78	3,64	3,75	3,74	3,73
Урожай, ц/га		939	1208	944	552	740
Транспирационный расход на 1 ц урожая, мм		0,94	0,81	0,898	1,225	1,0

В табл. 2 приведены данные, характеризующие ежемесячную величину транспирации томатов, долю участия ее в суммарном водопотреблении и транспирационный расход на 1 ц накопления сухой вегетативной массы и урожая.

Расход воды на транспирацию в лизиметрах и на лизиметрической площадке составлял в среднем 64—76% от суммарного испарения. В первую половину июня, приходящуюся на конец цветения и начало созревания томатов, расход воды на транспирацию был сравнительно невелик. Наибольшая величина транспирации наблюдалась в июле и августе, когда растения имели наибольшую транспирирующую поверхность и находились в фазе массового плодоношения. За этот период расходовалось в среднем до 66% от общей величины транспирации за вегетацию.

В среднем за два года наибольшее накопление сухой вегетативной массы наблюдалось в двухметровых лизиметрах, наименьшее — по 1 варианту на лизиметрической площадке. Транспирационный расход на 1 ц сухой вегетативной массы в двухметровых лизиметрах изменялся от 7,93 мм в июле до 3,64 мм в сентябре.

С увеличением урожая наблюдалось некоторое увеличение величины транспирации: при урожае 1208 ц/га в двухметровых лизиметрах транспирационный расход составил 977,7 мм, а при урожае 552 ц/га по 1 варианту на лизиметрической площадке — 676,5 мм. При этом транспирационный расход на 1 ц урожая уменьшился от 1,22 по 1 варианту на лизиметрической площадке до 0,81 мм в двухметровых лизиметрах.

Выводы

1. Расход воды на транспирацию томатов в лизиметрах и на лизиметрической площадке составляет за период с июня по сентябрь 65—75% от суммарного испарения. Наибольшая величина транспирации наблюдается в июле-августе, то есть в период наибольшего накопления надземной массы и максимального количества тепла.

2. Максимум интенсивности транспирации отмечается в 13—16 часов, когда температура воздуха и солнечная радиация наибольшие.

3. С увеличением урожая величина транспирации возрастает, а транспирационный расход на 1 ц урожая уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Л. А., Силина А. А., Цельникер Ю. А. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях.— «Ботанический журнал», т. 35, 1950, № 2.

Х. АМАНОВ

СУММАРНОЕ ИСПАРЕНИЕ С ЛЮЦЕРНОВОГО ПОЛЯ В НЕВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Исследование суммарного испарения и испарения из грунтовых вод с люцернового поля в невегетационный период в зоне пустынь и полупустынь имеет важное значение при водобалансовых и водохозяйственных расчетах.

В настоящее время при определении величины суммарного испарения широко используются методы водного баланса, почвенных испарителей и лизиметров, теплового баланса, турбулентной диффузии. Суммарное испарение рассчитывается также биоклиматическим методом и по данным метеорологических наблюдений.

В течение последних десятилетий для определения величины суммарного испарения были предложены испарители и лизиметры различных конструкций. Широкое применение в орошаемых зонах нашли лизиметры с глухим дном и различным уровнем грунтовых вод. Описание этих лизиметров и методика исследований приведены в трудах Б. С. Конькова [3], А. Ф. Сляднева [6], И. С. Рабочева [5], Д. М. Каца [1], И. К. Киселевой [2], Е. В. Чаповской [7] и др.

Исследования суммарного испарения влаги лизиметрическим методом проводились нами в Тедженском районе при глубине грунтовых вод 1, 2 и 3 м. Полученные значения суммарного испарения и испарения из грунтовых вод с люцернового поля в невегетационный период сопоставлены с аналогичными данными по наблюдениям в Байрам-Али, Чарджоу [5], Бухаре [1, 4] и Вахшской долине [7]. Из сопоставления видно (табл. 1), что суммарное испарение с люцернового поля в период с ноября по март составляет при глубине грунтовых вод 1 м — 164—383 мм, 2 м — 177—265, 3 м — 223—314 мм и характеризуется наименьшей величиной в тедженских лизиметрах, что объясняется меньшей густотой стояния люцерны. При этом в вегетационный период в лизиметрах было накоплено сухой массы люцерны: в Теджене — 70—

Таблица 1

Испарение воды с люцернового поля в невегетационный период по годам, мм

Вода	Теджен, 1958—1961	Байрам-Али, 1955—1956	Чарджоу, 1951—1955	Бухара, 1955—1957	Вахшская долина, 1962—1964	Среднее
Глубина залегания грунтовых вод 1 м						
Грунтовая	38	126	45	134	—	86
Поверхностная	126	98	338	111	—	168
Всего	164	224	383	245	234	250
Глубина залегания грунтовых вод 2 м						
Грунтовая	36	90	32	92	—	62
Поверхностная	141	122	179	118	—	140
Всего	177	212	211	210	265	215
Глубина залегания грунтовых вод 3 м						
Грунтовая	34	114	79	90	—	79
Поверхностная	189	151	235	191	—	192
Всего	223	265	314	281	—	271

90 ц/га, Байрам-Али — 220—270, Чарджоу — 140—155, Бухаре — 210—330 и Вахшской долине — 290—336 ц/га.

Влияние глубины залегания грунтовых вод на величину суммарного испарения за невегетационный период незначительное, так как в этот период влажность почвогрунтов в зоне аэрации высокая за счет промывных поливов и атмосферных осадков.

Испарение из грунтовых вод под люцерновым полем за невегетационный период составляет 32—134 мм, или 15—55% от суммарного испарения и в основном определяется количеством поступающих поверхностных вод (поливы плюс атмосферные осадки).

Наибольшее количество грунтовой воды испарилось в лизиметрах Байрам-Али и Бухары, где было накоплено сухой массы люцерны в 1,5—2,0 раза больше, чем в лизиметрах Теджена и Чарджоу. Расход грунтовых вод в невегетационный период с люцернового поля связан с жизнедеятельностью люцерны, корни которой проникают на большую глубину. Суммарное испарение и испарение из грунтовых вод полем люцерны в 1,5—2,0 раза больше по сравнению с хлопковым полем.

Как известно, суммарное испарение по месяцам в невегетационный период определяется величинами водоподачи на поливы и выпавших атмосферных осадков. По данным лизиметрических наблюдений (табл. 2), аномально большие вели-

Таблица 2

Испарение воды с люцернового поля по месяцам в невегетационный период, мм

Вода	Теджен (1958—1961)					Байрам-Али (1955—1956)					Чарджоу (1951—1955)					Бухара (1955—1957)				
	Месяцы																			
	I	II	III	XI	XII	всего	I	II	III	XI	XII	всего	I	II	III	XI	XII	всего	I	II	III	XI	XII	всего
Глубина залегания грунтовых вод 1 м																				
Грунтовая	4	4	3	18	9	38	13	16	24	44	29	126	2	4	3	21	15	45	56	12	17	37	12	134
Поверхностная	18	37	51	7	13	126	16	49	28	5	—	98	5	195	129	5	4	338	19	38	27	5	22	111
Всего	22	41	54	25	22	164	29	65	52	49	29	224	7	199	132	26	19	383	75	50	44	42	34	245
Глубина залегания грунтовых вод 2 м																				
Грунтовая	5	5	3	14	9	36	10	12	7	37	24	90	2	2	—	18	10	32	13	8	8	44	19	92
Поверхностная	17	39	67	6	12	141	22	60	33	5	2	122	6	16	148	5	4	179	18	46	26	5	23	118
Всего	22	44	70	20	21	177	32	72	40	42	26	212	8	18	148	23	11	211	31	54	34	49	42	210
Глубина залегания грунтовых вод 3 м																				
Грунтовая	4	5	4	14	7	34	22	20	24	14	34	114	3	4	2	50	20	79	7	5	8	55	15	90
Поверхностная	24	54	93	6	12	189	22	60	46	5	18	151	8	17	188	22	—	225	27	113	24	5	22	191
Всего	28	59	97	20	19	223	44	80	70	19	52	265	11	21	190	72	20	314	34	118	32	60	37	281

чины испарения в феврале и марте получены в Чарджоу. Это, по-видимому, объясняется тем, что поданное количество воды на поливы не было полностью израсходовано на испарение за соответствующий период времени и некоторая часть ее пошла на увеличение запасов почвенной влаги и на испарение в последующие месяцы. Наибольшее испарение из грунтовых вод наблюдается в ноябре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кац Д. М. Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях. М., «Колос», 1967.
2. Киселева И. К. Опыт мелиоративного регулирования режима грунтовых вод Голодной степи на примере совхоза «Пахта-Арал».— В кн.: Вопросы Голодной степи. Ташкент, 1957.
3. Коньков Б. С. Испарение грунтовых вод на различной глубине залегания.— «Социалистическая наука и техника», 1938, № 9—10.
4. Курылева Н. И. Водно-солевой режим и его регулирование в условиях Бухарской области. Автореф. канд. дис. Ашхабад, 1963.
5. Рабочев И. С. Элементы водного баланса почвы.— «Известия АН ТССР», 1955, № 3.
6. Сляднев А. Ф. Водный баланс в грунтах и его практическое применение. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1964.
7. Чаповская Е. В., Панин Ю. Г. Суммарное испарение с орошаемых земель Вахшской долины Таджикской ССР. — В кн.: Труды ГГИ вып. 151. Л., 1968.

Х. ЗАМАНМУРАД, Т. ДЖУМАНАЗАРОВА

СУММАРНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ПОЛЕМ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ПРИКОПЕТДАГСКОЙ ЗОНЫ ТССР

Народнохозяйственным планом развития сельского хозяйства Туркменской ССР на 1970—1980 гг. предусмотрено довести производство овощей в 1980 г. до 300 тыс. т, или увеличить его по сравнению с 1970 г. в два раза. Значительное расширение посевной площади под овощными культурами предусмотрено во всех хозяйствах зоны четвертой очереди Каракумского канала и Прикопетдагской равнины. В 1980 г. она составит здесь 13 тыс. га.

В настоящее время вопросы водопотребления овощными культурами в условиях Туркменской ССР не изучены. Принятый поливной режим рекомендован без обоснованных экспериментальных данных.

Изучение суммарного испарения овощными культурами и использования ими грунтовых вод проводилось в 1970—1971 гг. в совхозе им. 9 Ашхабадских комиссаров Ашхабадского района лизиметрическим методом.

Почвы участка — светлые сероземы — в основном представлены глинами и суглинками в диапазоне от легких до тяжелых. Для верхнего однометрового слоя объемный вес составляет 1,45, удельный вес — 2,7, наименьшая влагоемкость— 21,8%. Грунтовые воды не засолены и залегают на глубине до 12 м.

Наблюдения проводились в круглых лизиметрах площадью сечения 1,63 м² с грунтами нарушенной структуры. Величины суммарного испарения и расхода грунтовых вод изучались на посевах томатов и лука при поддержании постоянного уровня грунтовых вод на глубине 1, 2 и 3 м. Повторность опытов — двукратная.

В лизиметрах и на участках вокруг них для создания микроклиматического фона возделывалась одна и та же культура. Уровень агротехники в лизиметрах поддерживался одинаковым с окружающим фоном.

В опытах с томатами сорта Волгоградский 5/95 высадка

Таблица 1

Суммарное испарение (в числителе) **и испарение из грунтовых вод** (в знаменателе) **полем томатов, мм**

Год	Месяцы												Сумма за год	Сумма за период вегетации	Расход грунтовых вод за период вегетации, % к суммарному	Урожайность, ц/га	Расход воды за период вегетации на 1 ц урожая, мм
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII					
Глубина залегания грунтовых вод 1 м																	
1970	20 / 0	13 / 11	51 / 0	70 / 0	110 / 7	195 / 76	430 / 264	378 / 175	203 / 75	112 / 106	41 / 22	37 / 5	1661 / 741	1499 / 703	47	707	2,12 / 0,99
1971	18 / 1	20 / 4	80 / 0	84 / 0	126 / 23	309 / 143	531 / 313	482 / 268	231 / 96	92 / 93	78 / 56	39 / 0	2090 / 987	1855 / 926	50	1170	1,59 / 0,79
Среднее	19 / 0	17 / 7	66 / 0	77 / 0	118 / 15	252 / 110	481 / 288	430 / 221	217 / 85	102 / 100	59 / 39	38 / 3	1876 / 863	1677 / 814	49	939	1,79 / 0,87
Глубина залегания грунтовых вод 2 м																	
1970	39 / 0	10 / 8	65 / 0	70 / 0	87 / 0	206 / 64	470 / 266	459 / 216	277 / 123	127 / 120	37 / 18	32 / 0	1879 / 815	1696 / 789	46	1406	1,21 / 0,56
1971	17 / 0	17 / 2	60 / 0	73 / 0	120 / 0	284 / 78	456 / 242	428 / 177	213 / 115	80 / 71	62 / 40	32 / 0	1842 / 724	1654 / 683	41	1010	1,65 / 0,68
Среднее	28 / 0	13 / 5	63 / 0	71 / 0	104 / 0	245 / 71	463 / 254	444 / 196	245 / 119	103 / 96	49 / 29	32 / 0	1860 / 770	1675 / 736	44	1208	1,39 / 0,61
Глубина залегания грунтовых вод 3 м																	
1970	50 / 0	8 / 6	45 / 0	64 / 0	102 / 0	132 / 1	324 / 82	450 / 151	285 / 107	115 / 109	42 / 23	38 / 6	1655 / 485	1472 / 450	30	1053	1,39 / 0,42
1971	22 / 5	29 / 1	60 / 0	67 / 0	108 / 0	201 / 5	305 / 61	415 / 145	248 / 89	67 / 58	60 / 20	40 / 0	1622 / 384	1411 / 358	25	825	1,72 / 0,43
Среднее	36 / 3	19 / 3	53 / 0	66 / 0	105 / 0	166 / 3	314 / 71	432 / 148	267 / 98	91 / 84	51 / 21	39 / 3	1639 / 434	1441 / 404	28	944	1,53 / 0,43

Таблица 2

Суммарное испарение (в числителе) **и испарение из грунтовых вод** (в знаменателе) **полем лука, мм**

Год	Месяцы												Сумма за год	Сумма за период вегетации	Расход грунтовых вод за период вегетации, % к суммарному	Урожайность, ц/га	Расход воды за период вегетации на 1 ц урожая, мм
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII					
Глубина залегания грунтовых вод 1 м																	
1970	18 / 0	13 / 11	43 / 0	49 / 0	117 / 20	196 / 82	184 / 31	138 / 21	24 / 23	27 / 21	37 / 18	40 / 8	886 / 235	735 / 198	27	189	3,4 / 1,05
1971	18 / 1	17 / 1	82 / 0	89 / 0	123 / 4	258 / 46	334 / 114	268 / 20	61 / 12	47 / 38	55 / 33	37 / 0	1389 / 269	1180 / 234	20	490	2,4 / 0,48
Среднее	18 / 0	15 / 6	62 / 0	69 / 0	120 / 12	227 / 64	259 / 73	203 / 20	43 / 17	37 / 30	46 / 25	39 / 4	1138 / 252	958 / 216	23	340	2,8 / 0,64
Глубина залегания грунтовых вод 2 м																	
1970	37 / 0	9 / 7	45 / 0	49 / 0	90 / 0	211 / 70	266 / 44	135 / 0	25 / 25	30 / 24	19 / 0	32 / 0	948 / 169	803 / 162	20	285	2,8 / 0,57
1971	11 / 0	16 / 0	77 / 0	84 / 0	115 / 0	241 / 1	291 / 51	251 / 16	49 / 0	13 / 4	34 / 12	29 / 0	1211 / 83	1044 / 71	7	420	2,5 / 0,17
Среднее	24 / 0	12 / 3	61 / 0	67 / 0	102 / 0	226 / 35	279 / 48	193 / 8	37 / 12	21 / 14	27 / 6	30 / 0	1079 / 126	925 / 117	13	352	2,6 / 0,33
Глубина залегания грунтовых вод 3 м																	
1970	42 / 0	7 / 5	40 / 0	55 / 0	107 / 0	127 / 0	185 / 4	133 / 0	7 / 6	6 / 0	20 / 1	17 / 0	746 / 16	620 / 10	1,6	127	4,9 / 0,08
1971	17 / 0	16 / 0	59 / 0	65 / 0	94 / 0	227 / 0	267 / 0	220 / 0	49 / 0	9 / 0	26 / 4	21 / 0	1080 / 4	941 / 0	0	302	3,1 / 0
Среднее	29 / 0	11 / 3	50 / 0	60 / 0	101 / 0	177 / 0	226 / 2	181 / 0	28 / 3	8 / 0	23 / 2	19 / 0	913 / 10	781 / 5	0,6	215	3,6 / 0,02

рассады произведена 2 апреля с оставлением в лизиметрах восьми растений, или 50 тыс. растений на 1 га. Оросительная норма в лизиметрах при глубине 1, 2 и 3 м составляла соответственно 924, 1098 и 1274 мм, вегетационная — 836, 954 и 1117 мм (табл. 1).

Результаты исследований показали, что расход воды полем томатов зависит от глубины залегания грунтовых вод, увеличиваясь с повышением их уровня. Годовая величина суммарного испарения изменялась от 1876 до 1639 мм при глубине залегания грунтовых вод от 1 до 3 м, за вегетационный период — соответственно от 1677 до 1441 мм. Величины суммарного испарения за вегетационный период в среднем за два года при глубине залегания грунтовых вод — 1 и 2 м оказались почти одинаковыми. Это объясняется низким значением суммарного испарения в 1970 г. в лизиметрах с одним метровой глубиной залегания грунтовых вод, обусловленным отставанием растений в росте и низкой урожайностью возделываемой культуры. За вегетационный период резкое увеличение суммарного испарения происходило в июне с максимальным значением в июле — при глубине залегания грунтовых вод — 1 и 2 м и в августе — при глубине 3 м. За июль-август (период массового плодоношения) расходовалось в среднем до 53% от суммарного испарения за вегетационный период.

Расход грунтовых вод полем также изменялся в зависимости от глубины их залегания: от 863 мм — при глубине 1 м, до 434 мм — при глубине 3 м. За период июль-август полем расходовалось до 60% общего расхода грунтовых вод. За вегетационный период участие грунтовых вод в суммарном расходе полем при глубине их залегания 1 м достигало 49%, а при глубине 3 м — 28%. За невегетационный период с 1/XI до 1/IV расход грунтовых вод составлял 49—30 мм, что не превышало 4—6% их суммарного расхода. Испарение поливных вод и атмосферных осадков составило 80—86% их суммарной величины.

Как установлено, расход воды на испарение полем томатов зависит и от величины урожайности. Так, в 1970 г. при урожайности 707 ц/га (глубина залегания грунтовых вод 1 м) суммарное испарение составило 1499 мм, а при урожайности 1406 ц/га (глубина залегания 2 м) — 1696 мм, или на 10% больше. В 1971 г. урожайность томатов уменьшалась с увеличением глубины залегания грунтовых вод. Коэффициент водопотребления при этом составил: при глубине залегания 1 м — 1,59; при глубине 2 и 3 м — соответственно 1,65 и 1,72.

В опытах с культурой лука посев произведен 12—15 марта, массовые всходы наблюдались 24 марта и 3 апреля. За

период исследований оросительная норма при глубине грунтовых вод 1, 2 и 3 м составила соответственно 846, 1006 и 1142 мм, вегетационная — 744, 877 и 989 мм.

Величины суммарного испарения и испарения из грунтовых вод полем лука (табл. 2) также изменялись в зависимости от глубины залегания грунтовых вод. Суммарный расход полем за вегетационный период изменялся от 958 мм при глубине залегания 1 м до 781 мм при глубине 3 м. В 1970 г. при глубине залегания 1 м суммарное испарение было на 6% ниже, чем при глубине 2 м. Это объясняется низким урожаем в одометровых лизиметрах.

Первая половина вегетационного периода характеризовалась постепенным нарастанием испарения. Максимальное значение его наблюдалось в июле, в период наибольшего развития растений. В сентябре отмечалось резкое снижение испарения в связи с наступлением массового полегания пера, прекращением водоподачи и снижением температуры воздуха. Суммарный расход полем за невегетационный период с 1/XI по 1/IV при глубине грунтовых вод 1—3 м составил 132—180 мм.

На посевах лука, имеющего маломощную корневую систему, за вегетационный период наблюдалось быстрое уменьшение испарения грунтовых вод по мере увеличения глубины их залегания от 1 до 2 м: с 216 до 117 мм. При глубине залегания грунтовых вод 3 м испарение их практически прекращалось. За период наибольшего роста луковиц (июнь — август) расходовалось в среднем до 75% от общего расхода грунтовых вод. Участие последних в суммарном расходе полем лука при глубине их залегания 1 и 2 м составляло соответственно 23 и 13%.

Использование грунтовых вод на испарение зависело от водоподачи на орошение. При увеличении оросительной нормы в 1971 г. на 40% расход грунтовых вод при глубине залегания 1 м увеличился незначительно, а участие их в суммарном испарении уменьшилось на 26%. Увеличение оросительной нормы на 36% при глубине залегания грунтовых вод 2 м вызвало уменьшение величины их расхода на 56% и снижение степени их участия в суммарном испарении на 65%. При увеличении оросительной нормы на 38% расход из грунтовых вод, залегавших на глубине 3 м, не наблюдался. С увеличением оросительной нормы величина суммарного испарения возросла: при глубине залегания грунтовых вод 1 м — на 38%, 2 м — 22 и 3 м — на 34%.

Годовая величина испарения поверхностных вод изменялась по отношению к суммарной от 76 до 85%. При этом на пополнение запасов грунтовых вод ушло от 15 до 24%.

На сезонный ход суммарного испарения и испарения из грунтовых вод влияют погодные условия. По мере повышения температуры и снижения относительной влажности воздуха от начала вегетации величина испарения возрастала, достигая максимального значения в июле-августе. При улучшении гидротермических условий местности в дальнейшем она уменьшалась.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Величины суммарного испарения и испарения из грунтовых вод полем овощных культур в основном зависят от глубины залегания грунтовых вод, величины оросительной нормы, полученного урожая и от метеорологических условий местности.

2. Годовая величина суммарного испарения полем томатов и лука при глубине залегания грунтовых вод 1—3 м составляла 1876—1639 мм и 1138—913 мм, за вегетационный период— соответственно 1677—1441 мм и 958—781 мм. При этом расход грунтовых вод полем томатов составил 863—434 мм, полем лука — 252—10 мм. Доля их участия в суммарном испарении изменялась соответственно от 47 до 27% и от 22 до 1%.

К. ХОДЖАМУРАДОВ, А. ЧАРЫЕВ

ПОЛИВЫ ХЛОПЧАТНИКА ПО БОРОЗДАМ-ЩЕЛЯМ В УСЛОВИЯХ ПОДГОРНОЙ РАВНИНЫ КОПЕТДАГА

В соответствии с Директивами XXV съезда КПСС за годы десятой пятилетки в Туркменской ССР должно быть освоено и введено в эксплуатацию много новых орошаемых земель. Большие работы в этом направлении проводятся в Гяурской долине, где имеется около 100 тыс. га пригодных к орошению земель, значительная часть которых относится к тяжелосуглинистым сероземам.

Опыт орошения земель в хлопководческом совхозе «Путь ленинизма» Ашхабадского района и результаты исследований по орошению хлопчатника, выполненных в условиях Гяурской долины в 1971 г., показали, что проведение вегетационных поливов хлопчатника по бороздам на слабоводопроницаемых почвах этой зоны связано с некоторыми трудностями (неудовлетворительное увлажнение расчетного слоя почвы, значительный сброс воды в конце борозд, достигающий 70% общего количества поданной воды и большая продолжительность полива — 5—7 суток).

В 1972 г. в совхозе «Путь ленинизма» Ашхабадского района были проведены опыты с целью установления возможности полива хлопчатника по бороздам-щелям на тяжелосуглинистых почвах.

Эффективность полива по бороздам-щелям впервые была установлена в условиях Ростовской области академиком Б. А. Шумаковым [6]. Позднее сотрудниками ЮжНИИГиМа [4] был проведен ряд исследований по проведению влагозарядкового, предпосевного и вегетационных поливов по бороздам-щелям и предложена первая конструкция специального агрегата для нарезки борозд со щелями.

Полевые опыты по определению возможности проведения полива по бороздам-щелям в условиях межбороздкового расстояния 1,2 м были проведены на полях Каменно-Днепровской опытно-мелиоративной станции УкрНИИГиМа в 1964 г. [3].

В 1963—1972 гг. Г. М. Гусейновым [2], Г. Н. Мирзахановым [5], Н. Б. Батыровым [1] и другими проводились исследования по изучению эффективности полива по бороздам-щелям в условиях хлопкосеющих районов Азербайджанской ССР. Ими рекомендована к внедрению в производство новая конструкция агрегата для нарезки борозд со щелями.

Преимущество борозд-щелей заключается в том, что при их нарезке ниже дна борозды образуется щель, которая позволяет поливной воде преодолевать неровности микрорельефа и способствует более глубокому просачиванию ее. Глубина борозд со щелями достигает 30—32 см против 18—20 см при нарезке обычных борозд. При этом контур промачивания увеличивается, в связи с чем время и норма добегания поливной струи до конца борозд увеличиваются, а сброс воды в конце борозд заметно уменьшается. Это очень важно при поливах сельскохозяйственных культур на слабоводопроницаемых почвах. По имеющимся данным, норма добегания до конца борозд при поливах по бороздам-щелям составляет 320 м³/га против 230 м³/га в контроле.

Основные водно-физические свойства почвы опытного участка в совхозе «Путь ленинизма» характеризуются следующими данными: физической глины в пахотном (0—30 см) слое содержится 45—60%, в нижних горизонтах — 25—30%; объемный вес по горизонтам колеблется в пределах 1,47—1,52 г/см³; предельная полевая влагоемкость метрового слоя—16,5%; скорость впитывания воды в почву за 1-й час — около 1 см, за 6-й час — 0,41 см, или соответственно 50 и 20 м³/га за час.

Уклон дна борозды — 0,005; длина борозд — 400 м; ширина междурядий — 90 см. Площадь каждой делянки составляла 2880 м². Опыт проводился в четырехкратной повторности. Контролем служил полив по бороздам без щелей.

Борозды со щелями нарезались щелерезами конструкции АзНИИГиМа перед каждым поливом. Щелерезы были изготовлены в мастерских районного объединения «Туркменсельхозтехника» Ашхабадского района.

Как показали наблюдения, время добегания поливной струи до конца борозд со щелями увеличилось. Так, при длине борозд 100, 200, 300 и 400 м оно составило соответственно 170, 350, 540 и 730 мин. При поливе по бороздам без щелей — 120, 245, 390 и 530 мин, или на 50, 105 и 200 мин меньше. Это объясняется тем, что струи воды, попадая в борозду-щель, сначала заполняют щель, а потом, продвигаясь по ней, заполняют и борозду. Так называемый лоб струи в данном случае движется в щели. Вода, впитываясь в почву через щель и борозду, создает глубокий и достаточно равномерный контур увлажнения.

Глубина увлажнения почвы за 24 часа после полива в бороздах со щелями составила 70—80 см, без щелей — 50—60 см. Сброс воды в конце борозд со щелями уменьшился на 20—25% главным образом за счет увеличения нормы до увлажнения. В связи с уменьшением сброса воды в конце борозд при поливах по бороздам-щелям продолжительность полива сократилась (таблица).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что поливы хлопчатника по бороздам-щелям применимы и в условиях подгорной равнины Копетдага со значительным преимуществом перед поливами по обычным бороздам.

Величины поливных струй и продолжительность полива

Показатель	Полив по бороздам	
	без щелей	со щелями
Величина поливной струи, л/сек:		
в начале борозды	0,264	0,264
в конце борозды	0,190	0,130
Разница, л/сек	0,074	0,134
Сброс, %	75	50
Продолжительность полива, часы:		
поливной нормой 700 м³	76,0	40,0
„ 800 м³	90,0	52,0
„ 900 м³	100,0	62,0
„ 1000 м³	116,0	70,0
„ 1100 м³	132,0	78,0

ЛИТЕРАТУРА

1. Батыров Н. Б. Усовершенствование техники полива.— «Хлопководство», 1971, № 6.

2. Гусейнов Г. М. Новое в технике бороздкового полива.— «Хлопководство», 1965, № 12.

3. Изюмов В. В., Хруслов Н. Ф., Здерев Э. С. Опыт орошения сахарной свеклы по бороздам-щелям.— В кн.: Мелиорация и водное хозяйство, вып. 9. Киев. «Урожай», 1968.

4. Чичасов В. И. [и др.]. Техника полива сельскохозяйственных культур. М., «Колос», 1970.

5. Гусейнов Г. М., Мирзаханов Г. Н. Выравнивание глубины увлажнения почвы по длине поливных борозд.— В кн.: Труды АзНИИГиМа, т. 9. Баку, 1969.

6. Шумаков Б. А. Орошаемое земледелие. М., «Колос», 1965.

А. ДУРДЫКОВ, А. ЧАРЫЕВ

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНИКИ ПРЕДПОСЕВНОГО ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА ПО БОРОЗДАМ В УСЛОВИЯХ ПОДГОРНОЙ РАВНИНЫ КОПЕТДАГА

В настоящее время почти все хлопкосеющие хозяйства подгорной равнины Копетдага предпосевные поливы проводят по бороздам [1, 3]. В 1969—1971 гг. в учебно-опытном хозяйстве Туркменского сельскохозяйственного института проводились исследования по установлению основных элементов техники предпосевного полива по бороздам.

Почвы опытного участка — среднесуглинистые сероземы с уклоном 0,0035. Полевая влагоемкость метрового слоя почвы — 22,8%. Скорость впитывания за первый час наблюдения — 2,8 см/час.

Для установления оптимальной поливной струи при длине борозды 200 и 500 м (с междурядьями 60 см) испытывались разные струи. Полученные результаты показывают, что время, необходимое для прохождения струи до конца борозд (время добегания), резко сокращается с увеличением поливной струи:

Длина борозды, м	Поливная струя, л/сек	Время добегания струи, часы	Норма добегания, м³/га
200	0,23	12,2	845
200	0,30	7,9	707
200	0,39	5,3	620
500	0,30	57,5	2060
500	0,57	24,0	1645
500	0,80	14,3	1372
500	0,98	7,2	850

Так, при поливе по борозде длиной 200 м поливной струей 0,23 л/сек время добегания составило 12,2 часа, а при поливе струей 0,39 л/сек — 5,3 часа. Такая же закономерность наблюдается и при поливе по борозде длиной 500 м.

При установлении элементов техники полива многие исследователи исходят из нормы добегания. Например, С. М. Кривовяз [2] считает, что в разных условиях норма добегания должна быть от 0,4 до 0,7 поданной поливной нормы. В нашем опыте эта величина колеблется в пределах 0,30—0,90. Норма добегания связана с размером поливной струи и временем ее добегания. С увеличением времени добегания она возрастает, с увеличением поливной струи снижается, так как при этом уменьшается время добегания. Так, при поливе по борозде длиной 200 м струей 0,23 л/сек норма добегания составила 845 м³/га, а при струе 0,39 л/сек — 620 м³/га. При других одинаковых условиях с увеличением длины борозды норма добегания увеличивается. Так, при поливе по бороздам длиной 200 и 500 м струей 0,30 л/сек норма добегания составила соответственно 707 и 2060 м³/га.

При поливе по бороздам одним из основных условий является проведение поливов заданной поливной нормой с равномерным увлажнением почвы без затопления гребней борозд с наименьшей потерей поливной воды и в наиболее короткие сроки. Наблюдения показывают, что при поливе по борозде длиной 200 м струей 0,23 л/сек за 45,5 часа поливная норма нетто составила 1626 м³/га, сброс воды в конце борозды — 38% от поданной. При поливе струей 0,39 л/сек — соответственно 2168 м³/га и 49%. Отсюда видно, что для подачи поливной нормы нетто 2000—2500 м³/га с минимальной потерей воды (сброс 10—15%) необходимо уменьшить поливную струю, но это приведет к резкому увеличению продолжительности полива при низкой производительности труда поливальщиков. Несмотря на то, что при поливе по борозде длиной 200 м по всем вариантам равномерность увлажнения имеет допустимую величину (0,75—0,85), такую длину для предпосевного полива в данных почвенно-рельефных условиях применять нецелесообразно, так как почти половина поданной воды уходит на поверхностный сброс.

При проведении полива по борозде длиной 500 м элементы техники полива несколько улучшаются в зависимости от величины поливной струи. Здесь поливная норма нетто по всем вариантам опыта находится в пределах заданной. В данном случае при установлении элементов техники полива необходимо исходить из продолжительности полива, равномерности увлажнения и величины сброса воды. При поливе струей 0,30 л/сек продолжительность полива составила 76,3 часа, сброс воды — 6,7%, равномерность увлажнения — 0,65, что считается недостаточной.

При поливной струе 0,57 л/сек равномерность увлажнения составила 0,78 за 43,7 часа полива со сбросом воды 13,8%.

В нашем опыте при поливе по борозде длиной 500 м самой оптимальной является струя 0,80 л/сек. При этом продолжительность полива составила 30,6 часа, равномерность увлажнения — 0,83 и сброс воды — 16,3%. Увеличивая поливную

струю до 0,98 л/сек, получаем лучшую равномерность увлажнения (0,85), но при почти одинаковой продолжительности полива по сравнению со струей 0,8 л/сек (соответственно 30,6 и 31,2 часа) получаем большой сброс воды, составивший 25,0% от поданной.

Анализ результатов исследования по изучению элементов техники полива по бороздам на среднесуглинистых серозе-мах подгорной равнины Копетдага при уклоне 0,0035 позволяет сделать следующие выводы: длину поливных борозд целесообразно принимать в пределах 400—500 м, поливную струю — 0,70—0,80 л/сек. При таких элементах техники полива равномерность увлажнения доходит до 0,80—0,85, сброс воды в конце борозды составляет 10—15% от поданной, поливная норма (2000—2500 м³/га) подается в течение 30—40 часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев А., Оразов К., Чарыев А. Производственная проверка предпосевного полива по бороздам.— «Сельское хозяйство Туркменистана», 1967, № 9.

2. Кривовяз С. М. О способах равномерного увлажнения почвы при поливе по бороздам.— «Хлопководство», 1962, № 1.

3. Чарыев А. Подготовка почвы к посеву хлопчатника.— «Сельское хозяйство Туркменистана», 1967, № 2.

С. ОВЛЯКУЛОВ

О РАЗМЕЩЕНИИ УЧАСТКА ПРИ БЕЗУКЛОННОЙ ПЛАНИРОВКЕ

Многолетний опыт работы колхоза им. Калинина Ильялинского района Ташаузской области по поливу хлопчатника способом «сообщающихся борозд» свидетельствует о пригодности безуклонной планировки не только для полива затоплением, но и по бороздам. В результате значительно уменьшается объем земляных работ, сокращаются дальность транспортировки грунта при планировке и протяженность временных оросителей при поливе, облегчается труд поливальщика, повышаются производительность труда и коэффициент полезного действия полива, создается возможность полной автоматизации последнего.

В основу разработанной и внедренной в колхозе системы планировки и полива положено создание 8—10-гектарных карт обработки, состоящих из двух 4—5-гектарных поливных участков, на каждом из которых проводится безуклонная планировка. Поливные участки разделяются временными валиками, выполняющими ограждающую, распределительную и регулирующую функции. Размеры карт обработки и поливных участков непостоянные. Они могут изменяться в зависимости от водопроницаемости почвы (табл. 1).

Оптимальное соотношение между площадью поливного участка и величиной подаваемого стока воды, значительно большей, чем при обычном поливе, позволяет сравнительно быстро заканчивать полив и достаточно равномерно распределять воду на поле. Это обеспечивает равномерное поспевание почвы, позволяющее проводить обработку междурядий своевременно и высококачественно, что очень важно для получения высоких урожаев.

Полив способом «сообщающихся борозд» при хорошей планировке поверхности поливного участка позволяет полностью устранить сброс воды с поля и обеспечить увлажнение корнеобитаемого слоя почвы несколько меньшими полив-

Таблица 1

Размеры карт обработки и поливных участков в зависимости от водопроницаемости почв

Водопроницаемость почв, мм/мин	Длина борозды, м	Площадь, га	
		поливного участка	карты обработки
Менее 0,15	200—250	4—6,25	8—12,5
0,15—0,3	150—200	2,24—4,0	6,75—9,0
Свыше 0,3	Горизонтальная планировка под полив способом «сообщающихся борозд» нежелательна		

ными нормами, чем при обычном поливе. По данным проф. С. М. Кривовяза, на безуклонно спланированных участках коэффициент полезного действия полива (отношение количества воды, удержанной в корнеобитаемом слое почвы, к количеству воды, поданной во время полива) значительно больший, чем на участках с уклоном (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент полезного действия полива в зависимости от уклона и спланированности участка, %

Полив по бороздам обычным способом	Коэффициент полезного действия	Полив затоплением или способом «сообщающихся борозд»	Коэффициент полезного действия
Большой уклон поверхности	36	Малые чеки, идеальная планировка (по воде)	87
Малый уклон поверхности	55	Крупные чеки, хорошая планировка	70
Оптимальный уклон поверхности	65	Большие чеки, плохая планировка	29

Безуклонная планировка хлопковых полей раньше не проводилась, так как считалось, что она применима лишь для полива затоплением.

При планировке под наклонную плоскость основной рельеф в большинстве случаев не затрагивается, обычно выравнивается микрорельеф, поливной площадке придается односторонний уклон. При планировке под горизонтальную плоскость изменение мезорельефа неизбежно. Объем планировки при этом зависит как от основного рельефа, так и от микрорельефа.

Для выяснения закономерностей, определяющих объем планировочных работ за счет основного рельефа, поверхность

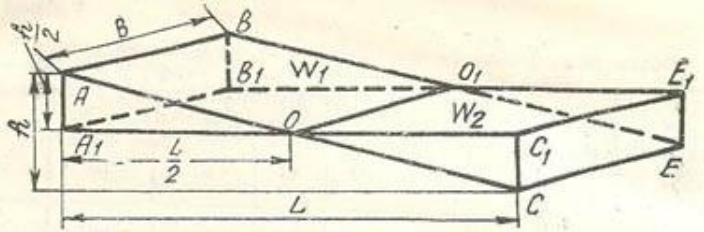


Рис. 1. Расчетная схема определения объема работ: W_1 и W_2 — объемы срезки и насыпи.

земли в пределах планируемого участка принимаем за ровную плоскость. При этом (как видно из рис. 1) плоскость ABEC, изображающая поверхность земли до планировки, после горизонтальной планировки примет положение плоскости $A_1B_1F_1C_1$. Объем, заключенный между плоскостями ABO_1O и $A_1B_1O_1O$, будет равен объему, заключенному между плоскостями O_1ECO и $OC_1E_1O_1$. Поэтому, находя объем первого, можем считать его объемом срезки.

Согласно рис. 1 имеем:

$$W_1 = W_2 = \frac{L}{2} \cdot \frac{h}{4} \cdot B = \frac{1}{8} LhB;$$

$$W_1 = \frac{1}{8} LhB;$$

Если $i = \frac{h}{L}$, $h = iL$, то $W_1 = 0{,}125iL^2B$, (1)

где i — существующий уклон местности;
B — ширина планируемого участка;
L — длина планируемого участка.

Если длинная сторона участка расположится параллельно горизонталям, то объем земляных работ будет:

$$W = 0{,}125iLB^2. \quad (2)$$

Как видно из формул (1) и (2), объем планировочных работ при горизонтальной планировке увеличивается прямопропорционально уклону местности и размерам планируемого участка. При этом объем земляных работ увеличивается в зависимости от квадрата длины поля, перпендикулярной горизонталям. Однако рассматриваемые формулы не могут быть

Таблица 3

Объем воды в емкости при повороте ее относительно уклона, л

Уклон (наклон) емкости	Размер сечения емкости, см	Угол между направлениями уклона и длинной стороной емкости, °						
		0	15	30	45	60	75	90
0,33	20×50	2,425	—	2,145	1,775	1,375	1,065	0,990
0,33	20×40	1,400	—	1,270	1,090	0,870	0,720	0,660
0,25	20×30	0,675	—	0,565	1,500	0,450	0,430	0,420

Примечание. По варианту размера сечения емкости 20×20 см при повороте ее относительно уклона особой разницы объема воды не наблюдалось.

рекомендованы для точного определения объема планировочных работ, так как он зависит не только от мезорельефа, но и от микрорельефа. Кроме того, в реальных условиях поля располагаются произвольно, а формулы выражают частные случаи.

Для выяснения характера изменения объема земляных работ в зависимости от угла между направлениями уклона и длинной стороной планируемого участка, проведен простой лабораторный опыт. Для этого из прозрачного органического стекла были изготовлены четыре емкости прямоугольного сечения размером 20×50 см, 20×40 см, 20×30 см и 20×20 см. Днища емкостей разделены посередине линиями в обоих направлениях. Первая и третья четверти днищ разделены линиями, пересекающими центр через 15°. В наклонно установленные емкости наливалась вода до совпадения линии промачивания с линией, проходящей через центр днища, и каждый раз замерялось количество доливаемой в емкость воды (мерной мензуркой). Результаты измерений приведены в табл. 3.

По варианту размера сечения емкости 20×50 см объем воды, а, следовательно, и объем земляных работ при совпадении длинной стороны емкости с направлением уклона почти в 2,5 раза больше по сравнению с короткой стороной. С уменьшением размера сечения емкости при повороте ее относительно уклона разность объема воды постепенно уменьшается и по варианту 20×20 см вообще не наблюдается. Таким образом, результаты теоретических и опытных данных совпадают.

В настоящее время для полива по длинным бороздам всеми учеными и исследователями признан оптимальный уклон 0,002—0,008. Необходимо отметить, что большинство орошаемых массивов Туркмении оптимального уклона не имеют. По-

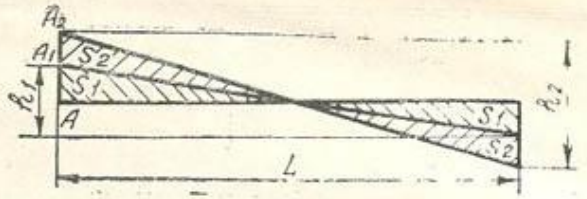


Рис. 2. Расчетная схема применимости горизонтальной планировки.

этому важно установить границы применимости горизонтальной планировки в зависимости от уклона местности.

Воспользовавшись формулой (1) и рис. 2, допустим, что поверхность земли до планировки представляет плоскость A_1B_1, а после горизонтальной планировки будет характеризоваться плоскостью AB. Для нижнего предела оптимального уклона его необходимо увеличить до уровня плоскости A_2B_2. Поскольку ширина участка для обоих случаев остается неизменной, воспользуемся только его поперечным сечением. Как видно из рис. 2,

$$S=S_1+S_2 \text{ и } S_2=S-S_1;\ S_1=0{,}125iL^2.$$

Необходимо иметь в виду, что нижний предел оптимального уклона признан равным 0,002.

$$S_2=0{,}125i_2L^2-0{,}125i_1L^2;$$

$$S_2=0{,}125L^2(i_2-i_1).$$

Отсюда видно, что S_1 равно S_2 только в том случае, если $i_1=\frac{i_2}{2}$, тогда i_1 будет равно 0,001.

Это свидетельствует о том, что горизонтальная планировка экономична с точки зрения объема планировочных работ только в тех случаях, когда уклон местности не превышает 0,001.

В. К. ГАФУРОВ, Р. А. ГРИГОРЬЯНЦ

РАСЧЕТ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛОВ В ПУСТЫННОЙ ЗОНЕ ПРИ ВЕДЕНИИ ВОДЫ ЗА ФРОНТОМ РАБОТ

При строительстве крупных оросительных каналов, трасса которых на значительном расстоянии проходит по песчано-пустынной местности без источников водоснабжения и автотягачевых дорог, применяют метод строительства, обеспечивающий поточное производство с ведением воды за фронтом работ. Такой метод позволяет обеспечить строителей и механизмы водой, а также создать водный путь для доставки материалов и оборудования, при этом грунты под каналом насыщаются водой, формируется режим грунтовых вод в зоне его действия, что в дальнейшем приводит к уменьшению потерь воды из его ложа. После окончания строительства ввод канала в эксплуатацию ускоряется, вода подается в орошаемые районы при сравнительно высоком КПД канала.

Метод строительства с ведением воды за собой был применен на сооружении I очереди Каракумского канала на участке от 100-го до 291-го километра. Земляные работы проводились в два этапа:

1. Разработка пионерной траншеи с левой стороны сечения I очереди Каракумского канала сухопутными механизмами (ширина траншеи по дну — 9,0 м, длина участков — от 4 до 17 км в зависимости от проницаемости грунтов и производительности используемых механизмов).

2. Разработка канала до проектных размеров средствами гидромеханизации.

После разработки участка пионерной траншеи механизмы переходят на следующий участок, предыдущий заполняется водой и в него вводятся землесосы. Согласованность в поэтапной разработке грунта обусловливает поточность производства земляных работ.

Метод ведения воды за фронтом работ может быть применен и на строительстве IV очереди Каракумского канала при последовательной замочке отрезков трассы канала на просадочных грунтах или бетонировании ложа канала. Для увязки подачи воды с производством работ нами предлагается следующая методика в двух вариантах:

1. Канал разрабатывается на производственных участках до проектных размеров. Готовые участки заполняются водой, механизмы переходят на следующие отрезки канала и продолжают разработку. Такая схема применяется при наличии высокопроизводительных механизмов, небольших размерах канала и замочке ложа канала на просадочных грунтах.

2. Канал разрабатывается небольшими участками поэтапно: вначале сооружается пионерная траншея сухопутными механизмами, которые затем переходят на следующий участок; участок пионерной траншеи до проектного сечения разрабатывается землесосами. Эта схема может быть применена при разработке значительных по размерам каналов для более широкого использования средств гидромеханизации.

Основными недостатками производства работ с ведением воды за строителями являются:

1) невозможность развернуть фронт работ по всей трассе канала, продвижение происходит небольшими участками из-за необходимости ведения воды по трассе;

2) необходимость строительства регулирующих сооружений — перемычек, дамб, плотин — для управления расходами воды.

Преимущество этого метода строительства каналов заключается в простом решении вопросов обеспечения строительства водой, материалами и оборудованием.

Основные технологические процессы строительства канала по такому методу производства работ происходят на двух смежных участках трассы канала n и $n+1$, в связи с этим нами рассматриваются только два смежных участка. При расчете других участков будут меняться только исходные данные.

Согласно 1-й схеме, время заполнения водой n-го участка T_n должно равняться времени разработки $n+1$ участка T_{n+1}:

$$T_n = T_{n+1}; \tag{1}$$

$$T_n = \frac{V}{Q} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{Q}, \tag{2}$$

где V — объем воды на n-м участке, в том числе V_1—объем воды, необходимой для заполнения канала;

V_2— объем воды, необходимой для покрытия расхода на фильтрацию и испарение;

V_3— объем воды, необходимой для водоснабжения участка $n+1$;

Q — расход воды, подаваемой на n-й участок.

Составляющие объема V определяются следующими уравнениями:

$$V_1=\omega_n \cdot L_n, \qquad (3)$$

где ω_n — площадь поперечного сечения канала при трапецеидальной форме;

$$\omega_n=H(b+mH);$$

L_n — длина n-го участка.

$$V_2=L_n(T_n \cdot q_\Phi + T_n \cdot q_u)=L_n \cdot T_n(q_\Phi+q_u), \qquad (4)$$

где q_Φ, q_u — соответственно средние удельные расходы воды на фильтрацию и испарение.

Наиболее сложным при расчете V_2 является определение фильтрационного расхода. В настоящее время имеется ряд формул для расчета q_Φ при установившемся и неустановившемся процессе свободной и подпертой фильтрации. Выбор расчетных уравнений зависит от конкретных схем фильтрационного процесса в каждом случае.

$$V_3=q_b \cdot T_n, \qquad (5)$$

где q_b — средний расход воды на водоснабжение участка $n+1$.

Подставляя уравнения (3), (4) и (5) в уравнение (2) получим:

$$T_n=\frac{\omega_n L_n}{Q-L_n(q_\Phi+q_u)-q_b}.$$

Заменяя удельные расходы на фильтрацию и испарение общими расходами на n-м участке, имеем

$$T_n=\frac{\omega_n L_n}{Q_0}, \qquad (6)$$

где Q_0 — расход воды на n-м участке с вычетом расхода на фильтрацию, испарение и водоснабжение.

Время разработки канала на участке $n+1$ может быть выражено

$$T_{n+1}=\frac{V_{гр}}{П}=\frac{\omega_{n+1} \cdot L_{n+1}}{П}, \qquad (7)$$

где $V_{гр}$ — объем земляных работ на участке $n+1$;

ω_{n+1}, L_{n+1} — площадь и длина разработки;

$П$ — эксплуатационная производительность механизмов.

Производительность необходимо корректировать с учетом локальных особенностей грунта, температуры воздуха, формы сечения канала и т. д. Из уравнений (1), (6) и (7) получаем:

$$\frac{\omega_n \cdot L_n}{Q_0}=\frac{\omega_{n+1} \cdot L_{n+1}}{П}, \qquad (8)$$

а с расшифровкой Q_0 — соответственно:

$$\frac{\omega_n \cdot L_n}{Q-L_n(q_\Phi+q_u)-q_b}=\frac{\omega_{n+1} \cdot L_{n+1}}{П}. \qquad (9)$$

При расчете разработки канала по второй схеме должно быть соблюдено равенство:

$$T_1+T_2=T_3, \qquad (10)$$

где T_1 и T_2 — соответственно время заполнения водой и время разработки n-го участка до проектных размеров гидромеханизмами;

T_3 — время разработки участка $n+1$ сухопутными механизмами.

Время T_1 может быть подсчитано по уравнению :

$$T_1=\frac{V_1+V_2+V_3+V_4}{Q}, \qquad (11)$$

где V_1, V_2 и V_3 — то же, что в 1-й схеме, расчет их величин производится по формулам (3), (4) и (5);

V_4 — объем воды, необходимой для нужд земснарядов на n-м участке с учетом возврата воды из пульпы в канал;

$$V_4=q_T \cdot T_1.$$

При подстановке в уравнение (11) соответствующих значений выражение для T_1 принимает вид:

$$T_1=\frac{\omega_n \cdot L_n}{Q-L_n(q_\Phi+q_u)-Fq_b-q_T}.$$

Обозначив $Q-L_n(q_\Phi+q_u)-q_b-q_T=Q_0$, получим:

$$T_1 = \frac{\omega_n \cdot L_n}{Q_0}. \qquad (12)$$

Время $$T_2 = \frac{(\omega - \omega_n) \cdot L_n}{\Pi_r} \qquad (13)$$

где ω, ω_n — соответственно площадь проектного сечения канала и пионерной траншеи;

L_n — длина пионерной траншеи;

Π_r — эксплуатационная производительность гидромеханизмов.

Время $$T_3 = \frac{\omega_n L_{n+1}}{\Pi_c}, \qquad (14)$$

где ω_n, L_{n+1} — поперечное сечение и длина пионерной траншеи участка $n+1$;

Π_c — эксплуатационная производительность сухопутных механизмов, производящих разработку пионерной траншеи.

Подставляя выражения (12), (13) и (14) в (10), получим:

$$\frac{\omega_n \cdot L_n}{Q_0} + \frac{\omega - \omega_n}{\Pi_r} \cdot L_n = \frac{\omega_n \cdot L_{n+1}}{\Pi_c} \qquad (15)$$

или

$$L_n \left(\frac{\omega_n}{Q_0} + \frac{\omega - \omega_n}{\Pi_r} \right) = \frac{\omega_n \cdot L_{n+1}}{\Pi_c}. \qquad (16)$$

Из уравнений (9) и (16), задавая отдельные параметры, можно определить оптимальную длину строительного участка (L); площадь поперечного сечения Пионерного канала (ω_n); тип, вид, число механизмов и средств гидромеханизации (по Π_r, Π_c); количество воды, необходимой для заполнения участка канала в обусловленный срок.

Время T_n в схеме 1-й и T_1 в схеме 2-й можно сократить за счет пуска воды на участок n, концевая часть которого разрабатывается. В этом случае необходимо согласовать время

добегания воды до концевой части участка n со сроком ее разработки механизмами. Вода должна приблизиться к началу концевого отрезка в то время, когда механизмы закончат его разработку и начнут переходить на участок $n+1$.

Полученные формулы могут иметь более сложную структуру вследствие многообразия природных условий, формы и площади сечения канала, различия в производительности механизмов и т. д. В этом случае уравнения могут быть представлены слагающими, учитывающими дифференцированные условия отдельных отрезков.

В. К. ГАФУРОВ, Р. А. ГРИГОРЬЯНЦ,
И. Н. ЛУКУТИН

О ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ДАМБ КЕЛИФСКИХ ОЗЕР

На протяжении 50 км Каракумский канал проходит по шорам Келифского Узбоя, которые образовав озера, служат емкостью для отложения амударьинских наносов и создания регулирующей призмы при управлении горизонтами и расходами воды.

Для создания Келифских озер площадью зеркала 50 км², шоры были ограничены дамбами, отсыпанными между высокими естественными бортами разливов. В связи с этим дамбы не имеют сплошного протяжения, а сооружены на отдельных участках (рис. 1). Из общей длины берегов озер обвалование произведено на длину 35 км, в том числе по левой стороне 13 км, по правой — 22 км. Всего на этом участке канала имеется девять дамб: левобережные — № 3, 4, 6 и 7, правобережные — № 5, 8, 9, 10. Дамба № 11 расположена поперек Келифского Узбоя, отделяя озеро Час-Как от шора Карамет-Нияз.

Основанием дамб служат грунты эолового и озерно-аллювиального отложений. Правый берег Келифских озер примыкает к полосе приамударьинских барханных песков, левый



Рис. 1. Схема расположения дамб Келифского водохранилища.

берег в верхней части ограничен запыленными мелкозернистыми песками и супесями песчано-глинистой равнины, в нижней — одно- и двухкилометровой полосой барханных песков. Пески и супеси — кварцево-полевошпатовые и содержат тяжелые фракции от 2 до 6%. Из этих же грунтов выполнено тело дамб.

Дамбы Келифских озер были запроектированы Туркменгипроводхозом в 1954 г. и в этом же году было начато их сооружение. По рабочим чертежам ширина дамб поверху равна 5,5 м, заложение верхнего откоса от 1:4 до 1:12, заложение сухого откоса 1:3,5. В 1956 г. САНИИРИ и ВНИИГиМ было произведено обследование построенных дамб и рекомендовано выполнить напорный откос 1:20, а низовой — 1:12. Учитывая эти рекомендации, Туркменгипроводхоз наметил:

а) на дамбах № 4, 5, 7, 8, 9, 10 сухой откос выположить с 1:3,5 до 1:6—1:10, ширину поверху увеличить до 10 м;

б) на дамбе № 11 ширину поверху увеличить до 10—20 м с выполаживанием сухого откоса до 1:6—1:10.

В декабре 1957 г. техническое совещание работников строительства и дирекции строящегося Каракумского канала Министерства водного хозяйства ТССР вынесло решение произвести уположение мокрого откоса до 1:20—1:25. В последующие годы в связи с частичным заилением ложа озер и поднятием уровня воды производилось наращивание дамб и уположение их откосов.

Строительство дамб № 5, 8, 9, 10 осуществлялось комбинированным способом: отсыпкой насыпей скреперами и бульдозерами и намывом землесосами НЗ-8 из песчаного грунта, добываемого со дна озер и с берегов-барханов. Дамбы № 3, 4, 7 были насыпаны скреперами Д-222, грунт укладывался в тело дамбы без предварительного увлажнения. В 1958 г. уположение откосов этих дамб выполнено гидромеханизмами. Дамба № 11 в 1956 г. была частично намыта землесосами, а в 1957 г. закончена скреперами емкостью ковша 6 м³ и бульдозерами на тракторе С-80. В 1958 г. уположение ее откосов до 1:20—1:25 было произведено гидромеханизмами.

В период строительства (1954—1956) дамбы возводились при недостаточном контроле за качеством работ. Хотя у строителей отсутствовали материалы, характеризующие эти сооружения с качественной стороны, строительство значительной части дамб было закончено в 1956 г. В период 1956—1958 гг. САНИИРИ и ВНИИГиМ совместно со строительной лабораторией Керкинского управления оросительных систем были выполнены исследования по устойчивости и качеству возводимых дамб. Полученные результаты показали, что рекомендованный техническим проектом объемный вес скелета грунта, укладываемого в тело плотины, 1,60—1,65 т/м³ в основном вы-

держан при насыпке дамб сухопутными механизмами (объемный вес изменялся от 1,50 до 1,70 т/м³). Объемный вес скелета грунта дамб, возведенных намывом, находится в пределах 1,40—1,50 т/м³, что ниже заданной проектом плотности грунта.

С течением времени даже высококачественно выполненные земляные дамбы разрушаются не только снаружи под действием воли и метеорологических факторов, но и изнутри, так как тело пронизывается многочисленными ходами землеройных насекомых и животных. Кроме того, дамбы прорастают корневищами растений, которые впоследствии отмирают, образуя микро- и макропустоты, по которым вода может интенсивно просачиваться.

В 1972 г. нами были заложены шурфы на наиболее ответственных и характерных участках дамб № 7, 9, 10 и 11 (рис. 1) для определения объемного веса, гранулометрического состава, естественной влажности, степени уплотнения грунта в дамбах, возведенных различными механизмами. Лабораторными исследованиями выяснена оптимальная влажность песка при его уплотнении и выявлен приемлемый способ создания уплотненных зон в теле дамб в процессе их эксплуатации.

Гранулометрический состав определялся ситовым методом. Навеска грунта составляла 100 г, величина раструски колебалась в пределах 0,1—0,3%. Анализ полученных данных (табл. 1) показывает, что преобладающей фракцией песков Келифских дамб является 0,125—0,25 мм. Для песков, слагающих дамбы № 7, 9, 10 и 11, коэффициент однородности соответственно равен 2,04, 1,21, 1,19, 1,49.

Таблица 1

Гранулометрический состав грунта Келифских дамб
(среднее из 30 проб по каждой дамбе), %

Номер дамб	Размер частиц, мм								
	>0,5	0,5—0,25	0,25—0,125	0,125—0,100	0,100—0,090	0,090—0,080	0,080—0,071	<0,071	Всего
7	0,2	2,7	67,7	12,3	1,8	1,9	3,6	9,8	100
9	0,2	8,1	73,4	12,8	1,6	0,9	0,7	2,3	100
10	0,2	22,4	66,9	7,2	0,3	1,0	1,0	1,0	100
11	0,1	8,4	63,4	13,1	3,1	1,7	3,6	6,1	100

При разработке шурфов довольно отчетливо были видны следы наращивания дамб в различные годы их строительства и различными механизмами. В дамбах № 7, 9, и 11 границей служили либо остатки механической защиты в виде слоя саксаула и гребенчука толщиной до 5 см, либо слой покровной растительности (1—3 см), образовавшейся на дамбах и погребенной впоследствии. Это позволило определить водно-физические свойства в теле дамб в зависимости от способа производства работ. Максимальный объемный вес определялся по методике СоюзДорНИИ путем уплотнения сухого песка в металлическом стаканчике ударами гири. Рыхлое сложение песка достигалось отсыпкой его из воронки в режущую гильзу. Данные наблюдений и рассчитанные по ним величины показывают (табл. 2), что объемный вес грунта, уложенного скреперами и бульдозерами с послойным уплотнением проходами механизмов и без увлажнения, составляет 1,54—1,57 г/см³, а уложенного гидромеханизмами — 1,42—1,47 г/м³, причем с момента укладки песка в тело дамб прошло около 15 лет. Меньшая величина объемного веса грунта при намыве может быть объяснена вымывом глинистых частиц, образованием пор при испарении воды, защемлением воздуха. В лабораторных условиях из грунтов Келифских дамб была приготовлена пульпа, которая намывалась в лоток с отводом воды путем фильтрации вниз и за счет испарения. В обоих случаях получено значение объемного веса, равное 1,39 г/см³,

Таблица 2

Водно-физические свойства грунтов Келифских дамб
(среднее из 30 проб)

Показатель	Номер дамбы			
	7	9	10	11
Удельный вес, г/см³	2,60	2,64	2,50	2,56
Объемный вес, г/см³*	1,57 / 1,46	1,55 / 1,43	1,54 / 1,47	1,55 / 1,42
Влажность зоны аэрации, %	1,20	3,60	3,10	2,70
Максимальный объемный вес	1,73	1,76	1,69	1,70
Минимальный „ „	1,38	1,38	1,40	1,40
Пористость*	0,38 / 0,41	0,41 / 0,45	0,39 / 0,41	0,38 / 0,44
Коэффициент пористости*	0,61 / 0,70	0,70 / 0,82	0,64 / 0,70	0,61 / 0,78
Степень плотности*	0,57 / 0,32	0,46 / 0,18	0,46 / 0,25	0,69 / 0,19

* В числителе — показатели для грунта, уложенного сухопутными механизмами, в знаменателе — средствами гидромеханизации.

т. е. близкое к величине объемного веса сухого песка в рыхлом состоянии.

Степень плотности песка Келифских дамб при разработке их сухопутными механизмами составляет 0,46—0,69, что лежит в пределах средней плотности, тогда как намытые пески находятся, даже по истечении 14—16 лет, в рыхлом состоянии.

Грунты, уложенные в тело дамб в рыхлом состоянии, подвержены в большей степени размыву. Такие дамбы небезопасны при эксплуатации. Кроме того, как указывалось выше, тело дамб с течением времени пронизывается многочисленными ходами и отмершими корневищами растений. Это вынуждает создавать в теле дамб уплотненные периодически возобновляемые зоны. Такие зоны издавна создавались способом перелопачивания грунта, слагающего тело дамбы, вручную или механизмами с последующим уплотнением его. А при траншейном способе по оси дамбы разрабатывается траншея, в которую затем укладывается грунт с послойным трамбованием, либо закачивается землесосами пульпа. Эти способы трудоемки, а при закачке пульпы в траншею ожидаемый результат не достигается. Наиболее перспективным способом глубинного уплотнения песчаных дамб является уплотнение грунтов гидровиброуплотнителями, которые позволяют в короткие сроки создавать уплотненные зоны в теле дамбы необходимой глубины и формы. Кроме того, этот способ дает возможность закачкой кольматирующего раствора вместо чистой воды создавать в теле дамб экраны из плотного непроницаемого грунта.

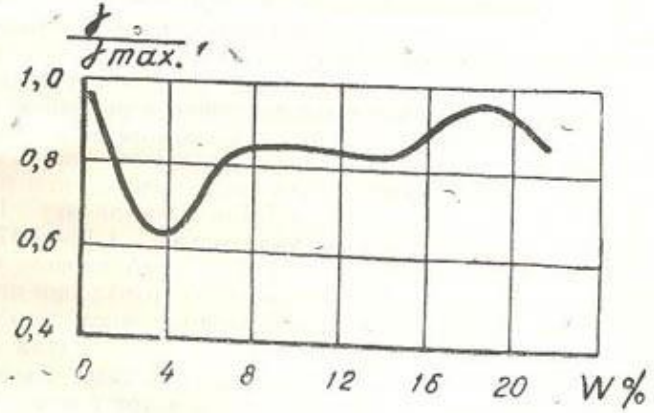


Рис. 2. Зависимость уплотняемости песка от его влажности.

В лабораторных условиях были выявлены необходимые параметры вибраций и влажность грунта, обеспечивающие достаточное его уплотнение. Глубина и зона распространения вибрации не рассматривались, так как они могут быть обеспечены применением вибраторов соответствующей мощности. Как показали опыты, грунты Келифских дамб уплотняются под действием вибрации в первые 10—30 сек. Уплотняемость грунта зависит от его влажности. Для выявления этой зависимости образцы грунта с различным содержанием влаги подвергались вибрированию в течение 30 сек, после чего определялся их объемный вес.

Из графика, на оси ординат которого отложено отношение объемного веса грунта после его вибрирования к максимальному, а на оси абсцисс — влажность грунта в процентах к весу (рис. 2), следует, что грунт, не содержащий влаги, уплотняется хорошо. Увеличение влажности до 3—4% резко снижает его способность к уплотнению, в нем образуются слипшиеся комочки, внутри которых частицы практически не уплотняются. После вибрирования комковатая структура сохраняется, что обусловливает рыхлое сложение всей массы. При влажности 3—4% объемный вес грунта после уплотнения (1,05—1,10 г/см³) меньше величины его, определенной для сухого грунта в рыхлом состоянии. Изменение влажности от 6 до 14% мало влияет на уплотняемость грунта, кривая выполаживается, и объемный вес изменяется в пределах 1,42—1,44 г/см³. При повышении влажности грунта до 16—18% его уплотнение может быть доведено практически до максимального значения. Дальнейшее увеличение содержания влаги в грунте снижает эффект вибрирования.

Результаты обследования песчаных дамб на Каракумском канале и данные лабораторных исследований уплотняемости грунта позволяют рекомендовать способы гидровибрирования для повышения степени плотности и устойчивости дамб и уменьшения возможности их внутреннего разрушения.

И. Н. ЛУКУТИН

МЕТОД ГЛУБИННОГО ГИДРОВИБРОУПЛОТНЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ И ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА ВЛИЯНИЯ ГИДРОВИБРАТОРА

В последнее десятилетие в зарубежной и советской строительной практике для уплотнения грунтов все большее применение получают вибрационные машины, одной из которых является гидровибрационная установка, применяемая для уплотнения несвязных грунтов на глубину 10 м и более. Кроме этого, в СССР гидровибрационные установки применяются для уплотнения лессовых грунтов с целью устранения их просадочности.

Сущность гидровиброуплотнения заключается в одновременном воздействии воды, поступающей под давлением через вибратор, и вибрации на грунт, в результате чего происходит резкое ослабление сил сцепления между частицами грунта, которые под действием сил гравитации опускаются вниз и занимают более плотное и устойчивое положение.

Впервые метод глубинного гидровиброуплотнения был предложен в Германии в 1935 г., где по этому методу в 1937 г. было произведено уплотнение песчаного основания под фундамент здания, после чего допустимая нагрузка была повышена с 1,5 до 5 кг/см². В США и Англии этот метод успешно применяется с 1945 г. для уплотнения песчаных грунтов на глубину 5—15 м. В СССР применение данного метода началось в 1939 г. под руководством инженера Физделя [11] и показало эффективность уплотнения насыпных несвязных грунтов гидровибрированием. Дальнейшие работы по разработке и внедрению этого метода были прерваны войной.

Только в 1958 г. ВНИИстройдормашем был разработан гидровибратор В-76, а в 1959 г.—С-629, которые применялись для уплотнения намывных песчаных грунтов на Сталинградгидрострое. До производства гидровибрации средняя плотность грунта (объемный вес скелета грунта) составляла 1,47—1,54 г/см³, после гидровибрации средняя плотность колебалась в пределах 1,66—1,79 г/см³. Производительность установки С-629 при уплотнении песчаного грунта на глубину 4—4,5 м составляет 1000 м³ за смену. Дальнейшее применение метод гидровиброуплотнения получил на строительстве защитной дамбы в районе г. Черкассы, на строительстве Ново-Липецкого металлургического завода, при уплотнении песка в ячейках сопрягающих устоев Киевской ГЭС, на строительстве сталелитейного комплекса в г. Крюкове Полтавской области и других стройках нашей страны.

На строительстве высотной Асуанской плотины в Египте метод глубинного гидровиброуплотнения успешно применялся для подводного уплотнения намытого песчаного грунта в основание плотины слоями толщиной по 15 м (2 слоя) при глубине реки в створе плотины 35 м [2]. Проведенными геотехническими исследованиями была установлена высокая эффективность указанного метода уплотнения.

Глубинное гидровиброуплотнение лессовых грунтов было осуществлено в СССР в 1955 г. трестом Запорожстрой на строительстве углемойки, двух скубберов и трех регенераторов мокрой сероочистки. Проведенные в течение десяти лет наблюдения показали отсутствие каких-либо деформаций сооружений, несмотря на мокрый технологический процесс. По данным Н. И. Казанского [6], коэффициент просадочности равен нулю.

Дальнейшие работы по глубинному гидровиброуплотнению лессовых грунтов, проведенные В. И. Зиминым [5] в Яванской долине Таджикской ССР, показали, что лессовый грунт можно эффективно уплотнять на глубину до 10—12 м, создавая при этом достаточно равномерное уплотнение всего массива.

Метод вибрационного уплотнения грунтов нашел свое применение на основе многочисленных исследовний влияния вибраций на уплотняемость бетонных смесей. Рассматривая модель земляной среды и бетонной смеси, можно отметить их аналогичность, то есть они являются трехфазными дисперсными системами, состоящими из твердой фазы (скелета), жидкой фазы — воды и газообразной фазы—некоторого количества содержащегося в среде воздуха и водяных паров. Отличие модели бетонной смеси от грунтовой состоит лишь в том, что твердая фаза бетона представлена крупными и мелкими фракциями щебня или гравия и песка.

Успешное применение вибрационных машин для уплотнения бетонных смесей натолкнуло на мысль вибрационного уплотнения грунтов, и в частности песчаных, плохо уплотняющихся под действием статических нагрузок.

Наиболее ранние и фундаментальные исследования в этом направлении сделаны Д. Д. Барканом [1]. По его мнению, главной причиной, вызывающей осадку (уплотнение) грунтов

при вибрации, является уменьшение сил трения между частицами.

Механические свойства такой среды характеризуются коэффициентом вибровязкости, величина которого зависит от ускорения колебаний. С увеличением ускорения колебаний коэффициент вибровязкости уменьшается. Взаимосвязь коэффициента вибровязкости и ускорения колебаний Д. Д. Баркан выражает следующей зависимостью:

$$\nu = \frac{a}{\eta^k}, \qquad (1)$$

где

где ν — коэффициент вибровязкости;

η — отношение ускорения колебаний к ускорению силы тяжести;

a, k — эмпирические коэффициенты.

Опыты показали, что коэффициент вибровязкости зависит от водно-физических свойств грунта. Д. Д. Баркан установил существование для коэффициента вибровязкости оптимальной влажности, при которой его величина достигает максимального значения. По данным этого автора, коэффициент вибровязкости у песка в 75—115 раз больше, чем у глинистых грунтов.

Переходя к вопросу уплотнения грунтов вибрацией, Д. Д. Баркан указывает, что величина коэффициента пористости ε определяется только ускорением, а не величиной амплитуды, частоты или скорости колебаний. Аналогичного положения придерживается О. Я. Шехтер [12], О. А. Савинов [9] и другие исследователи.

Следовательно, в качестве характеристики вибраций, устанавливающей действие на грунт, должно быть принято ускорение или, вернее, силы инерции, действующие на частицы грунта при вибрировании.

По аналогии с компрессионными кривыми, отображающими зависимость коэффициента пористости ε от статического давления, Д. Д. Баркан предлагает для характеристики процесса виброуплотнения строить виброкомпрессионные кривые, то есть кривые вида

$$\varepsilon = f(a), \qquad (2)$$

где a — ускорение колебаний.

Уплотнение при вибрации начинается тогда, когда ускорение колебаний превосходит определенную величину, которую Д. Д. Баркан назвал порогом виброуплотнения, а Н. Н. Маслов [8] критическим ускорением $a_{кр}$. Кроме этого, исследованиями было установлено влияние статической пригрузки, времени вибрирования и влажности грунта на его уплотняемость.

Так, статическая пригрузка увеличивает порог виброуплотнения. Время вибрирования тоже оказывает существенное влияние на виброуплотнение грунта. При вибрировании в течение времени, большем некоторой величины, значение коэффициента пористости стремится к определенному постоянному значению, зависящему от величины ускорения. Кроме того, исследования показали, что интенсивность уплотнения вибрацией с одним и тем же ускорением при большой амплитуде и малой частоте значительно меньше, чем при обратном соотношении.

Влажность оказывает существенное значение на уплотняемость песчаного грунта. При незначительном замачивании песка (до 4—5%) уплотняемость его резко ослабляется по сравнению с сухим песком. При дальнейшем увеличении влажности уплотнение песка идет лучше. При влажности, равной приблизительно 16—17%, что составляет около 0,8 весовой влажности, соответствующей полному насыщению пор песка, достигается лучшее его уплотнение. Именно этим и объясняется тот факт, что практическое применение получают методы уплотнения грунтов вибрированием с одновременным нагнетанием воды — метод гидровиброуплотнения. То есть уплотнение несвязных грунтов зависит от их механических свойств, влажности, ускорения колебаний, времени вибрирования и статической пригрузки на поверхности уплотняемого грунта.

Следовательно, при проектировании гидровибрационного метода уплотнения несвязных грунтов необходимо учитывать все эти факторы, на основании которых должен назначаться эффективный радиус действия гидровибратора, приниматься технологическая схема уплотнения и определяться производительность установки.

Изучение этого вопроса указывает на недостаточность разработки его. Так, Е. М. Куприянов [7] для определения эффективного радиуса действия гидровибратора предлагает формулу следующего вида:

$$R = \sqrt[3]{9{,}41\,\frac{Q}{\gamma}}, \qquad (3)$$

где R — радиус действия вибратора, м;

Q — вес рабочей части вибратора, кг;

γ — объемный вес уплотняемого грунта, кг/м³.

Рассматривая эту формулу, можно сделать заключение, что она не учитывает многие факторы, влияющие на вибрационное уплотнение несвязных грунтов, и применяется только для приблизительных расчетов.

Эффективность гидровибрационного уплотнения может

быть правильно оценена, если известен закон распространения колебаний от вибратора и если известно ускорение, при котором происходит уплотнение.

Как показали экспериментальные исследования Я. И. Смоликова [10], Д. Д. Баркана [1] и других, наиболее близкие к действительности дают теоретические выводы Б. Б. Голицина [3].

Рассмотрим случай распространения в среде кольцевой волны, так как исследованиями проф. Д. Д. Баркана [1], проф. А. Е. Десова [4] установлено, что для глубинных вибраторов это более приемлемое решение.

Пусть E — количество энергии, проходящей через единицу длины окружности радиуса r, описанной вокруг источника колебаний; dE — количество энергии, поглощаемой средой; dr — приращение радиуса окружности; α — коэффициент, характеризующий затухание энергии в среде.

Если энергия пути не поглощается, то количество энергии E', проходящее через единицу окружности радиуса $(r+dr)$, будет:

$$E'=E\ \frac{r}{r+dr}\ . \qquad (4)$$

С достаточным приближением можно написать:

$$E'=E\left(\frac{r-dr}{r}\right). \qquad (5)$$

Поскольку количество энергии, поглощаемой в пути, по Б. Б. Голицину, пропорционально толщине слоя и количеству входящей в него энергии, то оно равно $\alpha E dr$. Тогда полное поглощение энергии с переходом от окружности радиуса r к окружности радиуса $(r+dr)$ будет:

$$dE=-\alpha E dr-\left(E-\frac{r-dr}{r}E\right) \quad \text{, т. е.}$$

$$\frac{dE}{E}=-\alpha dr-\frac{dr}{r}. \qquad (6)$$

Интегрируя это выражение, получим:

$$E=\frac{Ce^{-\alpha r}}{r}\ . \qquad (7)$$

Если мы задумаем определить количество энергии, проходящее через окружности радиуса r_1 и r_2, то на основании формулы (7) получим:

$$E_1=\frac{Ce^{-\alpha r_1}}{r_1} \text{ и } E_2=\frac{Ce^{-\alpha r_2}}{r_2}\ . \qquad (8)$$

Разделив E_2 на E_1, получим:

$$\frac{E_2}{E_1}=\frac{r_1}{r_2}e^{-\alpha(r_2-r_1)}. \qquad (9)$$

Для вязкой среды, которой является водонасыщенный грунт, сопротивление пропорционально скорости, а энергия колебаний будет пропорциональна квадрату амплитуды, то есть:

$$E=\frac{cA^2\omega^2}{2}\ , \qquad (10)$$

где c — коэффициент сопротивления;
A — амплитуда колебаний;
ω — круговая частота.

Так как для окружностей радиуса r_1 и r_2 величина $\frac{c\omega^2}{2}$ одинакова, то, обозначив ее через k, напишем:

$$E_1=kA_1^2 \text{ и } E_2=kA_2^2 \text{ или}$$

$$\frac{E_2}{E_1}=\frac{A_2^2}{A_1^2}\ . \qquad (11)$$

Приравнивая первые части равенства (11) и (9), получим:

$$\frac{A_2^2}{A_1^2}=\frac{r_1}{r_2}\ e^{-\alpha(r_2-r_1)}\ . \qquad (12)$$

Элементарными преобразованиями приведем эту формулу к виду:

$$\frac{A_1^2\,r_1\,e^{\alpha r_1}}{A_2^2}=r_2\,e^{\alpha r_2}. \qquad (13)$$

Величина коэффициента поглощения энергии $a(м^{-1})$ зависит от водно-физических свойств грунта. По данным О. А. Савинова [9], для водонасыщенных мелкозернистых, тонкозернистых и пылеватых песков, супесей и суглинков α равна 0,03—0,04, для песков средне- и крупнозернистых, влажных суглинков и глин — 0,04—0,06; для супесей, суглинков и глин слабовлажных и сухих — 0,06—0,1.

Ввиду того, что основным фактором режима колебаний, влияющих на уплотнение песков, является ускорение колебаний, заменим в формуле (13) амплитуду A через ускорение $a=4\pi^2 A f^2$. Тогда формула примет вид:

$$\frac{a_1^2 r_1 e^{\alpha r_1}}{a_2^2} = r_2 e^{\alpha r_2}, \qquad (14)$$

где a_1 — ускорение колебаний вибратора в грунте.

Зная исходные характеристики глубинного вибратора — ускорение a_1, радиус r_1, а также ускорение a_2, снятое с виброкомпрессионной кривой для данного грунта, можно с достаточной степенью точности определить радиус столба уплотненного грунта до принятой плотности. Следует отметить, что равенство (14) не имеет точного решения, поэтому множитель $e^{\alpha r_2}$ разлагают по формуле Тейлора до второго члена, дающего степень точности, достаточную для практических расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркан Д. Д. Устройство оснований сооружений с применением вибрирования. М., Машстройиздат, 1949.
2. Бауман В. А. [и др.]. Справочник. Вибрационные машины в строительстве и производстве материалов. М., «Машиностроение», 1970.
3. Голицин Б. Б. Лекции по сейсмометрии. Изд. АН, 1912.
4. Десов А. Е. Вибраторы для бетона. М., Машгиз, 1949.
5. Зимин В. И. Исследование уплотнения гидровибрирования лессовых просадочных грунтов в основаниях гидросооружений. Автореф. канд. дис. М., 1971.
6. Казанский Н. И. Упрочнение лессовидных просадочных грунтов в естественном залегании методом глубинного гидровиброуплотнения. (Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов). М., МГУ, 1961.
7. Куприянов Е. М. Уплотнение и осадки грунтов. М., Госстройиздат, 1954.
8. Маслов Н. Н. Условия устойчивости водонасыщенных песков. М.—Л., Госэнергоиздат, 1959.
9. Савинов О. А. Об экспериментальном исследовании свойств насыпных грунтов как оснований фундаментов под машины. — Труды НИИ оснований и фундаментов. (Ленинградское отделение), сборник № 1. М.—Л., Машстройиздат, 1949.
10. Смоликов Я. И. — Распространение и затухание колебаний в грунте от фундаментов машин.—«Строительная промышленность», 1940, № 9.
11. Физдель И. А. Виброуплотнение насыпных песчаных грунтов по способу Г. А. Медведева и И. А. Физделя. М., 1941.
12. Шехтер О. Я. Экспериментальные исследования виброкомпрессионных свойств песков.— Труды НИИ оснований и фундаментов (сборник № 22). М., Госстройиздат, 1953.

Х. АКМУРАДОВ, Э. ИШАНОВ

О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ПОЛОГИХ ОТКОСОВ ПЛОТИН И ДАМБ ВОДОХРАНИЛИЩ ТУРКМЕНИСТАНА

Биологическая защита плотин и дамб водохранилищ в настоящее время не получила широкого и систематического применения. Для защиты верховых откосов плотин от действия волн применяются камень, бетон, железобетон. Устраиваются также сильно выположенные неукрепленные откосы. Последние конструктивно выглядят как искусственные «приплески». Заложение откосов m равно 20 ÷ 50. Водохранилищные плотины с пологими неукрепленными откосами успешно эксплуатируются в Туркмении с 1958 г. Хорошее состояние откосов плотин и дамб, эксплуатируемых свыше десяти лет, объясняется прежде всего удачным выбором оптимальных уклонов откосов, а также их значительным самозарастанием (таблица).

Водохранилищные плотины и дамбы сложены из мелкозернистых и среднезернистых песков, легко поддающихся развеванию и размыву при действии ветров и волн. Особенно заметно действие ветровой эрозии в период отсутствия воды в водоемах, который в условиях Туркменской ССР длится довольно долго. Наполнение водохранилищ на трассе Каракумского канала начинается в сентябре, а в августе они уже полностью опорожняются. Тедженские водохранилища пересыхают также в августе, но начинают наполняться водой весною. В подобных условиях биологическая защита дамб водохранилищ — весьма эффективна. В этом отношении пологие откосы с постепенно убывающими глубинами удобны для высаживания и произрастания различной растительности.

Вопросы использования растительности в качестве волногасящего фактора рассматривались во многих работах [2, 3, 4, 5, 7, 9, 13]. Сделаны попытки создания методики инженерного расчета ширины полос зарослей, их густоты и прогнозирования высоты волны при выходе из зарослей или у уреза воды [4, 5, 8, 13]. Эти рекомендации в основном применимы для естественных берегов и отмелей водохранилищ, имеющих

различные уклоны, так как исследования проведены на крупных водоемах европейской части СССР, окаймленных естественными берегами.

Характеристика водохранилищ с выположенными откосами

Водохранилище	Протяженность плотины и дамб с пологими неукрепленными откосами, км	Тип грунтов, слагающих тело плотины и дамбы	Заложения неукрепленных верховых откосов, m	Распространенные виды растительности
I Тедженское	22,0	Суглинки, мелкозернистые пески	20	Гребенщики, верблюжья колючка
II Тедженское	17,6	Суглинки, реже — мелкозернистые пески	20	Гребенщики, тополь разнолистный, верблюжья колючка, боялыч
Келифские озера	около 100*	Мелкозернистые пески, суглинки	20—25	Гребенщики, тополь разнолистный, верблюжья колючка, тростник
Хаузханское	35,0	"	35	Гребенщики, верблюжья колючка, тростник
Ашхабадское	4,4	Мелкозернистые пески	25	Гребенщики, верблюжья колючка

* В протяженность дамб обвалования Келифских озер включена длина естественных берегов.

Примеры благоприятного влияния растительности на устойчивость откосов водохранилищ в Туркменской ССР, а также практика лесоразведения на водоемах европейской части СССР подтверждают необходимость использования биологического способа защиты. Умело использована растительность на неукрепленных откосах прудов и водоемов, построенных еще в дореволюционное время в Украинской ССР [7]. В течение 60—70 лет эти дамбы сохранили свой первоначальный профиль. Хорошо использованы в тех же целях на Каховском и других крупных водохранилищах посадки ивы, дикого риса, причем заросли дикого риса успешно используются для пополнения запасов кормов для скота [10].

Наиболее распространенный вид растительности, встречающийся на всех водохранилищах, — это гребенщики (Tamarix florida Bge.). Особенно много их на тедженских водохранилищах. В связи с отсутствием в течение двух лет воды на I Тедженском водохранилище гребенщики покрыли всю его территорию, включая чашу и откосы, на которых образовались сплошные лесные массивы до гребня дамб; на II Тедженском водохранилище они произрастают двумя полосами шириной 10—12 м, образуя своеобразные двурядные волноломы. Хорошо прижились гребенщики на Келифских озерах, особенно на дамбах озера Час-Как. Здесь они встречаются отдельными группами кустов, расположенными на 0,5—2 м выше максимального статического уровня воды (колебание уровней воды в Келифских озерах не превышает 2—3 м). Мало гребенщиков на плотинах и дамбах Хаузханского водохранилища, что можно объяснить постоянным намывом грунта при возведении следующей очереди плотины. Гребенщики тедженских водохранилищ в сплошных массивах достигают высоты более 4 м при толщине ствола — 2,5—3 см, но густой кроны не образуют. Там же, где они растут по типу кустарников, группами, крона отдельных кустов в диаметре достигает 10 м и более, толщина ствола 10—15 см, высота кустов — 3—4 м. Кроны кустарников, ниспадая до земли, образуют непроходимые заросли. Особенно эффективны гребенщики в качестве гасителей волн, когда они произрастают полосами. Так, за время наблюдений с 1960 г. не было обнаружено каких-либо значительных деформаций откосов дамб II Тедженского водохранилища. Гребенщики с низкой раскидистой кроной очень эффективны и в борьбе с дефляцией на откосах, периодически и надолго остающихся без воды (I водохранилище) и сложенных из барханных, легко раздуваемых песков. В 1970—1971 гг. вследствие сильного маловодья р. Теджен водохранилища были пустыми, поверхность откосов пересохла. И тем не менее дефляция на откосах за этот период не наблюдалась. Лишь на гребне дамбы, который иногда использовался как проезжая часть, действие ветра проявилось в виде щелей и волнистых поверхностей.

Гребенщики — прекрасный растительный материал для использования в качестве биологической защиты земляных плотин и дамб в условиях Туркмении. Они очень неприхотливы, быстро растут, засухоустойчивы [6, 11]. Корневая система очень разветвлена и нередко проникает на глубину до 10 м и более. Толщина стволов корней в земле достигает 5 см и более. При наслаивании наносов, в результате чего нижняя часть ствола оказывается погребенной, образуется поверхностная придаточная корневая система. Ветви гребенщиков используются для изготовления фашин и заготовки хвороста.

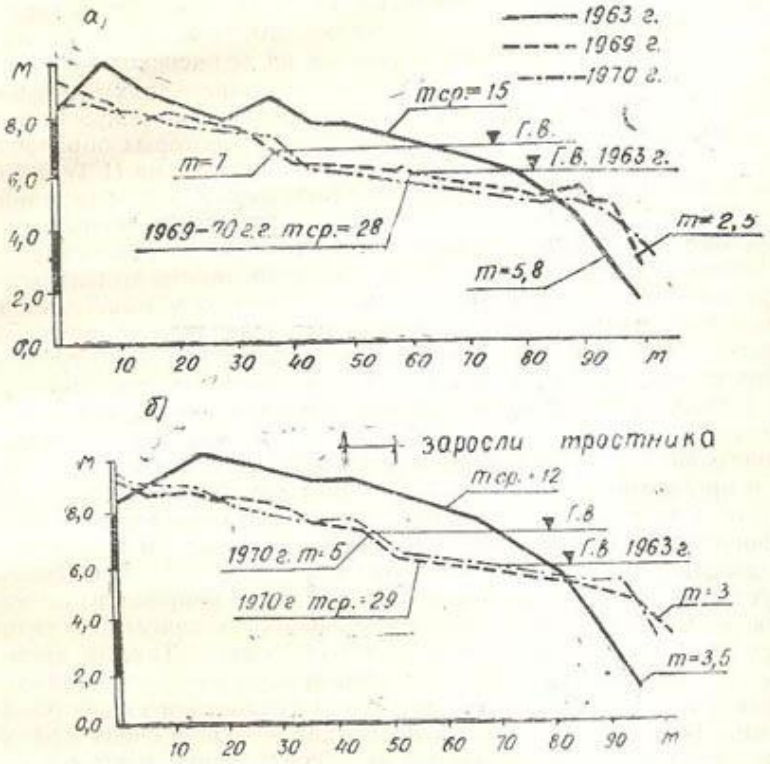


Рис. 1. Результаты натурных наблюдений за деформациями участков откосов:
а — свободных от растительности; б — защищенных зарослями тростника.

Широко распространен, особенно на Келифских озерах, тростник (Phragmites communis). Он быстро размножается за счет корневищ и быстро растет. Зимой отмирает на небольшую глубину от поверхности воды, а весной дает множество побегов, отчего заросли делаются гуще. Высота стеблей тростника, например, на Келифских озерах, достигает 5—6 м, толщина 2—2,5 см, густота стояния стеблей — до 180—220 шт/м². На дне водоема образуется поверхностный сетеобразный покров с относительно неглубоким проникновением корней. Этот своего рода армированный поверхностный слой грунта выдерживает многократные волновые воздействия и предохраняет откос от разрушения. Стебли тростника являются хорошими гасителями волн, о чем свидетельствуют результаты натурных наблюдений за деформациями откосов

на участках, защищенных тростниковыми зарослями и свободных от растительности (рис. 1). Заросли тростника, проникающие на значительное расстояние от кромки берега, принимая на себя основную волновую нагрузку, являются своеобразными волноломами.

На тедженских водохранилищах и Келифских озерах распространена туранга — тополь разнолистный (Populus diversifolia Sch.) из семейства ивовых. Это — дерево высотой 8—12 м, располагается обычно у уреза воды, соответствующего максимальному уровню для данного водоема, но не боится затопления до глубины 1,0 м [9]. Тополь разнолистный обладает мощной разветвленной корневой системой, которая в случае отсутствия воды достигает уровня грунтовых вод. Хорошо сопротивляется подмыву, обеспечивая сохранность откоса. Как показали многолетние наблюдения, на участках откосов, заросших тополем разнолистным, отсутствовали какие-либо существенные деформации. Тополь хорошо растет как на сыпучих грунтах, так и на связных суглинках, но медленно, не более 1 м в год.

Большую пользу в борьбе с дефляцией на откосах дамб приносит произрастающая на них верблюжья колючка (Alhagi pseudoalhagi Desv.). Невысокие сильно ветвистые полукустарники высотой 40—150 см с мощной вертикальной стержневой корневой системой, проникающей иногда до 20 м в глубь почвы, абсолютно засухоустойчива [12]; растет на откосах всех водохранилищ выше горизонта воды, покрывая их своеобразным ковром; служит хорошим аккумулятором приносимого ветром песка. Особенно эффективна верблюжья колючка на откосах, сложенных из сыпучих барханных песков (I Тедженское, Хаузханское водохранилища, Келифские озера). Такую же роль играют распространенные на водохранилищах республики боялыч (Salsola arbuscula) и черкез (Salsola Richteri).

Натурные наблюдения за деформацией неукрепленных пологих откосов и влиянием растительности на динамику их переформирования проводятся кафедрой гидротехнических сооружений Туркменского сельскохозяйственного института с 1960 г. Во время исследований определялась волногасящая способность зарослей гребенщиков и тростника [1] для выявления возможности их практического использования на озере Час-Как и II Тедженском водохранилище при различных уклонах откосов. Полученные результаты сравнивались с показателями высоты волны на участках откоса, не защищенного растительностью.

Для наблюдений на выбранных створах расставлялись волномерные вехи и плавающие буи, по которым производились измерения элементов волн с помощью волномера перспекто-

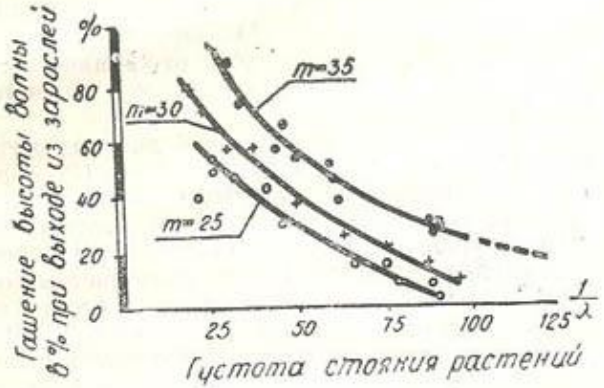


Рис. 2. График зависимости гашения высоты волны от густоты зарослей тростника и пологости откоса.

метра Р. Н. Иванова. Густота стояния тростника определялась отношением площади, приходящейся непосредственно под стебли растений, к площади под зарослями:

$$\lambda = \frac{\omega_{ст}}{\Omega},$$

где $\omega_{ст}$ — площадь, занятая непосредственно стеблями;
Ω — общая заросшая площадь.

Для удобства расчетов была принята величина, обратная определяемой по формуле. На основании полученных данных составлен график (рис. 2), по которому можно определить процент гашения волны зарослями в зависимости от пологости откоса и густоты стояния тростника. Ширина зарослей во всех случаях была не меньше 7 м. Максимальная глубина воды у тростниковой полосы — 1—2 м. Высота исходной волны (на чистой воде) колебалась в пределах 0,4—1,0 м. Процент гашения волны такими зарослями оказался очень высоким. Практически, при выходе из полосы растительности, волна не представляет никакой опасности для кромки откоса, тем более, что ее остаточная энергия гасится при трении об отмель между полосой тростниковых зарослей и урезом воды. Особенно эффективны заросли на откосах с уклонами 0,02 и меньше. На участках, не защищенных растительностью, высота волны, доходящей до кромки берега, составляла, в зависимости от пологости откоса, 50—80% исходной величины.

На II Тедженском водохранилище аналогичные исследования проведены на участках, заросших гребенщиками, две полосы которых прикрывают откос от воздействия волн. Ширина первой полосы, расположенной на метровой глубине, — 5—

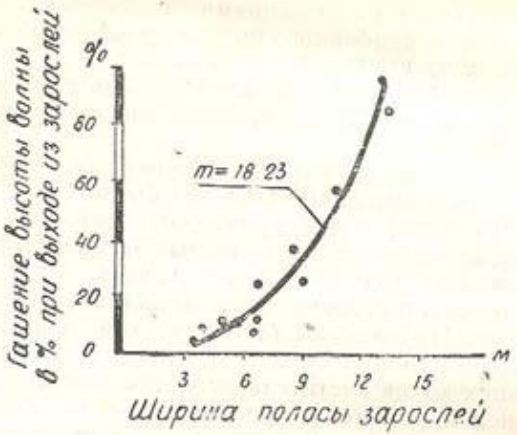


Рис. 3. График зависимости гашения высоты волны от ширины зарослей гребенщика.

13 м, второй — у уреза воды—5—8 м. Высота исходной волны около 1,0 м, величина заложения откосов m=13÷25. По результатам наблюдений составлен график (рис. 3), с помощью которого можно определить высоту волны после прохождения ее через полосу зарослей гребенщиков.

Влияние зарослей на высоту волны существенно сказывается и на замедлении темпа переформирования откосов. Так, расчетный уклон неукрепленного откоса II Тедженского водохранилища был определен m=40. Учитывая вероятность его зарастания, проектировщики сочли возможным уменьшить уклон до m=20. Десятилетний срок эксплуатации полностью подтвердил эти расчеты. Уклоны откосов достигли значений m =18÷25 и в течение последних трех лет остаются стабильными.

О положительном влиянии растительности на сохранность откосов свидетельствуют результаты сравнений двух поперечников дамбы озера Час-Как. Один из них представляет собой заросший участок дамбы, а другой—свободный от растительности. В течение последних пяти лет в створе, где отсутствовала растительность, кромка откоса отодвигалась в два раза быстрее, чем на соседнем заросшем участке. Растительность на сухом участке откоса и гребне дамбы (в основном гребенщики и верблюжья колючка) почти полностью локализовала дефляцию грунта, а в некоторых местах аккумулировала приносимый ветром песок.

На основании полученных данных можно заключить, что защитное влияние растительности при биологическом способе

борьбы с волновыми разрушениями обусловлено уменьшением энергии волн и прибойного потока. Энергия волн расходуется в зарослях на внутреннее трение, вызванное неравномерным отражением частиц воды затопленными стеблями, ветками или листьями, и непосредственно на внешнее трение о части растений.

Уменьшение высоты волны, снижение ее энергии — не единственное положительное свойство биологической защиты. Заросли могут служить аккумуляторами наносов, гасить скорость прибрежных течений и волновых потоков. Высокий эффект обеспечивается созданием поперечных «живых» бун на откосах водохранилищ совместно с заградительными полосами вдоль откосов. Надежность биологической защиты на водохранилищах республики может быть достигнута подбором соответствующих видов растительности для каждого водоема. В этом отношении рекомендуется использовать данные приведенной в статье таблицы. Для определения нижних границ посадки растительности на откосе необходимы графики режима работы водохранилища (наполнение и опорожнение) во времени, кривые зависимости объема водоема от глубины, типовые фактические поперечники дамб и сроки вегетации выбранной растительности. Выбирать места для посадки растений необходимо с таким расчетом, чтобы в течение вегетационного периода они не затоплялись на продолжительное время. Так, ивовые породы могут быть затоплены в зимнее время на длительный срок, а в период летней вегетации—не более чем на 5—6 дней. Для защиты нижней части откоса целесообразно использовать имеющийся на водоеме тростник[1]. Высаживать его лучше ранней весной корневищами. Возможна механизированная заготовка и посадка способом навала в подготовленные борозды. Высаженный тростник может быть сразу затоплен на 2,5 м. Выше посадок тростника, у уреза, следует располагать тополь разнолистный или ивовые кустарники, но лучше гребенщики. Посадку их можно производить зимой или ранней весной черенками.

Правильный подбор и рациональное размещение растительности, хороший агротехнический уход обеспечит высокую эффективность биологической защиты откосов плотин и дамб водохранилищ. Есть основания считать, что применение биологической защиты откосов дамб водохранилищ на территории Туркменской ССР даст существенный экономический эффект, если иметь в виду наличие большого количества естественного посадочного материала по берегам водоемов.

[1] Существует мнение о возможности выноса с поливной водой семян тростника на культурные поля, но этот вопрос еще мало изучен. Однако проектировщикам, имеющим дело с неукрепленными откосами земляных плотин, учитывать факт зарастания откосов тростником необходимо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акмурадов Х. А., Ишанов Э. Х. Исследования устойчивости неукрепленных откосов земляных дамб Келифских озер. Республиканская научно-техническая конференция по мелиорации и водному хозяйству (Тезисы докладов). Ашхабад, 1970.
2. Бялый А. М., Гавриш М. Е. Фитомелиоративные приемы защиты почвы в зоне водохранилищ.—В кн.: Защита водохранилищ и борьба с эрозией почв, вып. 44. Волгоград, 1964.
3. Бялович Ю. П. Волногасящие культуры на водохранилищах.— Там же.
4. Волков П. А. Волногасящие способности прибрежных зарослей водной растительности. — «Речной транспорт», 1957, № 10.
5. Высоцкий А. Ф. Метод расчета волногасящих полос лесонасаждений, ограждающих откосы насыпей на поймах рек. (Сообщение № 71 ВНИИ ж.-д. строит.), М., 1955.
6. Дубянский В. А. Песчаная пустыня. Юго-Восточные Каракумы.— В кн.: Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. 19, вып. 4, 1928.
7. Кремез С. А. Результаты наблюдений за эксплуатацией грунтово-биологического укрепления верхового откоса земляной плотины.—«Известия вузов. Энергетика», 1961, № 4.
8. Мамаева К. Натурные исследования волногасящей способности береговой заросли на Каракумском канале.— В кн.: Орошаемое земледелие и освоение пустынь. Ашхабад, «Туркменистан», 1967.
9. Морозов Н. Р. Ивы СССР, их использование и применение в защитном лесоразведении. М., «Наука», 1950.
10. Пышкин Б. А., Максимчук В. Л., Цайтц Е. С. Исследования вдольберегового перемещения движения наносов на морях и водохранилищах. Киев, «Наукова думка», 1967.
11. Русанов Ф. Н. Среднеазиатские тамариксы. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1949.
12. Сачаев А. Верблюжья колючка и ее использование. Ашхабад, 1950
13. Сегаль Г. Я. Защита мокрого откоса низконапорных дамб из торфоглинистой смеси на торфяном основании. Автореф. канд. дис. Елгава, 1965.

А. КУЛОВ, Л. А. СОСНИЦКАЯ,
М. ГУРТДЖАЕВ, К. САХАТОВА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ТУРКМЕНСКОЙ ССР

Вопросы повышения эффективности использования орошаемых земель приобрели важное значение в связи с широким мелиоративным строительством, развернувшимся в стране в последние годы. Разработка этих вопросов имеет особый смысл в Туркменской ССР, где природно-климатические условия позволяют интенсивно развивать сельское хозяйство лишь при искусственном орошении.

За последнее десятилетие орошаемый земельный фонд республики значительно увеличился благодаря колоссальным капиталовложениям в ирригационно-мелиоративное строительство и освоение земель. Развитие орошения способствовало увеличению объема производства сельскохозяйственной продукции, в первую очередь — хлопка-сырца, годовой объем которого в 1972 г. превысил 900 тыс. т.

Общий земельный фонд Туркменской ССР составил 49,4 млн. га, из них пригодно к орошению около 6,0 млн. га, или 12%. Интенсивно используемые в сельском хозяйстве орошаемые земли составили 931 тыс. га, или 16% площади пригодных к орошению земель.

Период 1960—1970 гг. отличался наиболее высокими темпами прироста орошаемых земель. Если в 1960 г. по сравнению с 1950 г. площадь земель с оросительной сетью возросла на 4%, то в 1970 г. по сравнению с 1960 г. она увеличилась на 18%. Существенные изменения площади с оросительной сетью произошли в зоне Каракумского канала, что вызвано интенсивным ирригационным строительством в южных районах республики.

Орошаемая площадь республики, составляющая около 73% земель с оросительной сетью, достигла к концу 1970 г. 643 тыс. га, или увеличилась по сравнению с 1960 г. на 30%. Основная часть орошаемых площадей республики (более 58%) расположена в зоне Каракумского канала.

В структуре площади земель с оросительной сетью колхозов и госхозов на долю пашни в 1970 г. приходилось около 70%. Особенно заметное увеличение доли пашни (на 25%) произошло за 1966—1970 гг., что свидетельствует о повышении темпов распашки земель.

В орошаемом земельном фонде, кроме пашни, довольно велика доля залежи с оросительной сетью (25—29%). В результате освоения земель этой категории и перевода их в пашню площадь залежей с оросительной сетью в 1970 г. сократилась на 43% по сравнению с 1966 г.

Орошаемые сельхозугодья занимали 96% общей площади орошения. В 1970 г. 86% орошаемых сельхозугодий размещалось в колхозах и 14% приходилось на долю госхозов. При распределении орошаемых сельхозугодий между хозяйствами в зоне Каракумского канала это соотношение сохранилось. В приамударьинской зоне основными землепользователями являлись колхозы, на долю которых приходилось 94—96% орошаемых сельхозугодий.

Большая часть многолетних насаждений республики размещена в зоне Каракумского канала. Сады занимают 35,5%, виноградники — 29,2, насаждения шелковицы — 32,4 и прочие—около 27,6%. Приусадебные участки колхозников, рабочих и служащих составляли 3—4% орошаемой площади, в том числе 2,8—3,8% — приусадебные участки колхозников, остальные 0,2% — участки рабочих и служащих. На приусадебных участках выращивались полевые и плодово-ягодные культуры.

Развитие орошаемого земледелия в Туркмении за последние пять лет характеризуется увеличением площади наиболее ценных в хозяйственном отношении орошаемых земель. Однако доля их использования в сельскохозяйственном производстве колеблется по годам. В 1970 г. она уменьшилась до 94,7%. Наиболее высокий уровень использования орошаемых земель наблюдается в зоне Каракумского канала, хотя и здесь в 1970 г. по сравнению с 1969 г. сельскохозяйственное использование земель снизилось на 0,7%.

Использованные орошаемые земли республики, занятые пашней и многолетними насаждениями, составили свыше 96%. Они дали значительную часть сельскохозяйственной продукции. Наиболее эффективно использовались орошаемые земли в совхозах.

В приамударьинской зоне используемая орошаемая площадь в 1970 г. по сравнению с 1966 г. сократилась за счет уменьшения доли пахотных земель и многолетних насаждений.

В структуре орошаемых посевных площадей республики за 1966—1970 гг. преобладали посевы технических культур — в основном хлопчатника, причем в колхозах их доля несколько

ниже, чем в совхозах. По годам доля технических культур заметно возрастает. Высокий уровень хлопковости характерен для Ташаузской области — 69,7% орошаемых посевов.

Зерновые составляли около 10% современных орошаемых посевных площадей республики, причем в колхозах доля зерновых в 2,7 раза превосходила показатель совхозов. Значительной долей зерновых отличается зона Каракумского канала—15%. В Ташаузской и Чарджоуской областях зерновые составляли соответственно 5,6 и 6,5% орошаемых посевов.

Кормовые в 1970 г. занимали 17,8% всех орошаемых посевов. Наиболее высокий удельный вес кормовых характерен для Ташаузской области — 21,1% и наименьший — для зоны Каракумского канала — 15,6%. Таким образом, развитие орошаемого земледелия в республике характеризуется ежегодным приростом площади орошаемых земель за счет увеличения площади пашни и многолетних насаждений. Пахотные земли используются преимущественно под технические культуры (хлопчатник).

Прирост орошаемых сельхозугодий в республике происходил за счет распашки земель и нового мелиоративного строительства. Основная часть орошаемых сельхозугодий — 86,5% находится в пользовании колхозов.

Площади орошаемых сельхозугодий в республике уменьшаются преимущественно в результате их перевода в земли с оросительной сетью. Например, в 1970 г. в эту категорию было переведено 36,5 тыс. га орошаемых сельхозугодий, в том числе в колхозах 30,6 тыс. га. В земли с оросительной сетью переводились пашни и многолетние насаждения. В результате этих изменений в 1970 г. площадь орошаемых сельхозугодий по Туркменской ССР составила 617,4 тыс. га.

Изучение материалов о мелиоративном состоянии орошаемых земель Туркменской ССР в 1971 г. показало, что из 671,9 тыс. га дренажем обеспечено 297,1 тыс. га, или 40,5%, в устройстве и реконструкции коллекторно-дренажной сети нуждается 306,4 тыс. га, капитальной планировки требуют 306,3 тыс. га, на той же площади необходимо провести переустройство и реконструкцию оросительной сети. В повышении водообеспеченности нуждаются 49,3 тыс. га.

Площадь засоленных орошаемых земель в 1971 г. достигала 411,9 тыс. га, из них слабозасоленных—61,1%, среднезасоленных — 30,3, сильнозасоленных — 8,6%. В зоне Каракумского канала расположено 170,5 тыс. га, или 41,4% засоленных земель республики. Из них слабозасоленных — 67,4%, среднезасоленных — 27,0, сильнозасоленных — 5,6%. Приамударьинская зона отличалась наименее благополучным мелиоративным состоянием: слабозасоленные земли составляли 56,25%,

среднезасоленные — 33,1, сильнозасоленные — 10,7% площади орошаемых земель.

В соответствии с мелиоративным состоянием земель уровень эффективности их использования по рассматриваемым зонам различный, о чем свидетельствуют данные таблицы.

Эффективность использования орошаемых земель по колхозах республики в период 1966—1970 гг.

Зона	На 1 га орошаемых земель получено, тыс. руб.		
	валовой продукции	валового дохода	чистого дохода
Приамударьинская	1,01	0,82	0,23
Каракумский канал	1,05	0,88	0,25
Туркменская ССР	1,01	0,86	0,24

Меньшая отдача получена с поливных площадей Приамударьинской зоны, отличавшейся худшим мелиоративным состоянием этих земель.

По многим показателям эффективность хлопководства в колхозах республики довольно высокая. За исключени-

Показатель	1966 – 1970 гг. (в среднем)	1971 г.
Посевная площадь, тыс. га	272,4	361,6
Валовой сбор, тыс. т	672,3	835,6
Урожайность, ц/га	24,7	23,1
Себестоимость 1 ц, руб.	42,3	47,2
Произведено хлопка на 1 чел.-дн., руб.	10,9	12,9
На 1 га посевов хлопчатника получено, тыс. руб.:		
валового дохода	1,1	1,1
чистого дохода	0,44	0,42
На 1 ц хлопка-сырца получено, руб.:		
валового дохода	44,8	47,6
Рентабельность хлопководства, %	42,0	38,4

ем некоторого повышения себестоимости 1 ц хлопка-сырца в результате снижения урожайности хлопчатника, республика добилась заметных успехов в хлопководстве. Производство хлопка-сырца в колхозах превысило 1 млн т.

Однако снижение урожайности хлопчатника на некоторых неблагополучных в мелиоративном отношении земельных участках и повышение в связи с этим затрат на единицу урожая привели в определенной мере к снижению уровня рентабельности хлопководства.

С. М. МОММАДОВ

НЕКОТОРЫЕ РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В ОСВОЕНИЕ НОВЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

Каракумский канал им. В. И. Ленина открыл широкие возможности для дальнейшего увеличения сельскохозяйственной продукции в нашей республике. Зона его орошения охватывает самые различные типы почв от Амударьи на востоке до Каспийского моря на западе. По данным почвоведов, в этой зоне имеются 5,5 млн. га годных к освоению земель, из них высокоплодородных с начала освоения — 2,08 млн. га.

В связи с тем, что фонд земель, пригодных к орошению в зоне Каракумского канала, значительно превышает водные возможности большое значение имеет детальный подбор новых площадей для орошения и освоения с использованием в первую очередь наиболее плодородных земель в обжитых районах и размещением их по этапам прироста.

В настоящее время водами, поступающими по Каракумскому каналу, орошаются 340 тыс. га, в том числе более 140 тыс. га вновь освоенных. На этой площади выращивается более 40% хлопка, производимого в республике.

Создание новых совхозов в зоне Каракумского канала потребовало значительных капитальных вложений, основная часть которых была направлена на строительство ирригационно-мелиоративных сооружений и капитальную планировку земель. Однако при проектировании совхозов в зоне первой очереди Каракумского канала («Москва», «Байрам-Али», «Каракум-Канал») не были предусмотрены мероприятия по борьбе с потерями на фильтрацию из оросительной сети и строительство коллекторов и дрен. Этим объясняются незначительные размеры капитальных вложений в водохозяйственное строительство этих совхозов.

В совхозах «40 лет ВЛКСМ» и «Теджен» коллекторно-дренажная сеть предусмотрена на всей площади орошаемых земель—соответственно 7755 и 10 000 га. На 1 га орошаемых

земель в совхозе «40 лет ВЛКСМ» приходится 12,9 м открытой коллекторной и 40,6 м закрытой дренажной сети. В совхозе «Теджен» построено открытых коллекторов 105 км на площади 680 га.

С 1970 г. ведутся работы по прокладке коллекторной сети в Байрам-Алийской группе совхозов, что вызывает необходимость переустройства на больших площадях оросительной сети и гидротехнических сооружений. Это снижает эффективность капитальных вложений в ирригационно-мелиоративное строительство.

В результате осуществления больших капитальных вложений в орошение и освоение земель за 1959—1971 гг. в хлопководческих совхозах зоны Каракумского канала введено в постоянную эксплуатацию 57,5 тыс. га ирригационно подготовленных земель. Капитальные вложения в расчете на 1 га введенной площади в среднем составили 1900 руб. С увеличением объема выполненных работ по орошению и освоению земель в зоне Каракумского канала капитальные вложения в дальнейшем возрастут. Пятилетним планом на 1971—1975 гг. по Управлению «Каракумстрой» было предусмотрено наряду с продолжением работ по строительству Каракумского канала и орошением 70 тыс. га земель в полном комплексе мелиоративное улучшение земель существующего орошения. Объем водохозяйственного строительства намечается в сумме 464 млн. руб., в том числе на объекты мелиоративного строительства 135 млн. руб., или 30%.

Урожайность хлопчатника — основной результативный показатель, влияющий на другие показатели совхозного производства на вновь осваиваемых землях. Ее рост отражает не только высокую продуктивность, степень использования ирригационно подготовленных земель и других средств производства, но и уровень рационального использования оросительной воды, рабочей силы и так далее. «Не надо забывать,— писал В. И. Ленин, — что все эти различия в хозяйственной организации, технике и прочие — суммируются в урожайности»[1].

В первые годы освоения новых земель в зоне Каракумского канала уровень урожайности сельскохозяйственных культур был ниже запланированного. Это объясняется недостаточной обоснованностью доз удобрений с учетом степени засоленности земель и выращиванием сельскохозяйственных культур на почвах, не совсем промытых от солей, и без предварительного посева культур-освоителей, отсутствием правильных севооборотов, недостатком рабочей силы. На одного постоянного ра-

[1] В. И. Ленин. Пол. собр. соч., т. 17, с. 133.

бочего, занятого в хлопководстве в этих совхозах, приходится 12—15 га против установленной нормы 4—5 га.

Данные об урожайности ведущей культуры в совхозах зоны Каракумского канала — хлопчатника — за 1962 и 1971 гг. представлены в табл. 1. Особенно хороших показателей добился совхоз «Теджен», где среднегодовая урожайность за 1963—1971 гг. составила 20,0 ц/га.

Таблица 1

Урожайность хлопчатника в совхозах зоны Каракумского канала, ц/га

Совхоз	Год		Среднее
	1962	1971	за 1962—1971 гг
«Москва»	9,0	20,1	13,3
«Байрам-Али»	13,5	21,9	15,4
«Каракум-Канал»	10,4	16,1	12,9
«40 лет ВЛКСМ»	10,7	12,6	12,7
«Теджен»	—	24,2	20,0*
«Путь ленинизма»	—	19,3	14,3**
В среднем	11,1	19,5	14,2

* Среднее за 1963—1971 гг.; ** среднее за 1967—1971 гг.

Несмотря на более низкие показатели урожайности хлопчатника в большинстве целинных совхозов, все же имеется устойчивая тенденция к ее повышению и мало подвергнута колебаниям по годам (табл. 2). Так, во втором и третьем трехлетиях по сравнению с первым темпы роста производства продукции опережают темпы роста площадей. При этом прирост урожайности хлопчатника составил соответственно 2,8 и 3,9 ц/га, а валовой сбор хлопка-сырца на всей площади возрос на 5,2 и 10,0 тыс. т.

Таблица 2

Среднегодовые темпы роста площадей хлопчатника, урожайности и валового сбора хлопка-сырца в совхозах зоны Каракумского канала

Год	Площадь хлопчатника		Урожайность хлопчатника		Валовой сбор хлопка-сырца	
	тыс. га	в % к 1963—1965 гг.	ц/га	в % к 1963—1965 гг.	тыс. т	в % к 1963—1965 гг.
1963—1965	12,5	100	12,4	100	15,5	100
1966—1968	18,5	148,0	15,2	122,5	28,1	181,3
1969—1971	25,6	204,0	16,3	131,4	41,7	269

Увеличение производства сельскохозяйственной продукции ускоряет окупаемость капитальных вложений в орошение новых земель совхозами в зоне Каракумского канала. Народнохозяйственная эффективность этих капитальных вложений с 1959 по 1971 г. выглядит так:

Совокупные капитальные вложения на орошение и освоение земель и строительство хлопководческих совхозов — 109 479 тыс. руб.

Произведено хлопка-сырца целинными совхозами с 1959 по 1971 г. — 282 230 т.

Централизованный доход государства, полученный после промышленной переработки хлопка-сырца целинных совхозов с 1959 по 1971 г. (410×282 230) — 115 714 тыс. руб.

Реализованный доход целинных совхозов с 1971 г.— 14 728 тыс. руб.

Весь созданный доход целинными совхозами с 1959 по 1971 г. — 130 442 тыс. руб.

Коэффициент народнохозяйственной эффективности (130442:109479) — 1,19.

Фактический коэффициент народнохозяйственной эффективности будет больше 1,19, так как при его расчете кроме хлопка не учтены другие виды сельскохозяйственной продукции.

Данные расчета показывают, что капитальные вложения государства по целинным совхозам зоны Каракумского канала окупились чистым доходом.

По данным научно-исследовательских учреждений, на большей части поливных земель хлопкового комплекса необходимо отводить: под хлопчатник на высокоплодородных и незасоленных почвах — 56—58%, на среднезасоленных — 53—56% поливной пашни, под люцерну — соответственно 28—29 и 26—28%. Наряду с хлопчатником необходимо уделять внимание возделыванию в целинных совхозах овоще-бахчевых и зерновых культур.

В повышении культуры земледелия и улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель важное значение имеет содержание в исправном состоянии внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети и гидротехнических сооружений. В совхозах необходимо создать службу эксплуатации, которая бы следила за работой ирригационно-мелиоративной сети и при необходимости принимала меры по ликвидации нарушений в их эксплуатации. Это будет способствовать рациональному использованию орошаемых земель, повышению культуры земледелия и дальнейшему увеличению роста урожайности производства сельскохозяйственной продукции в условиях зоны Каракумского канала.

К. С. САХАТОВА

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ — ОДИН ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ФАКТОРОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В последнее время исключительное значение в устойчивом повышении плодородия почвы и увеличении объема производства продуктов сельского хозяйства на основе роста урожайности сельскохозяйственных культур придается мелиорации земель. Благодаря проведению ряда мелиоративных мероприятий Ташаузский оазис стал занимать в Туркмении видное место по производству продуктов сельского хозяйства.

В 1972 г. орошаемая площадь оазиса достигла 155,1 тыс. га. Росту производственного фонда орошаемого земледелия способствовала действующая в оазисе коллекторно-дренажная сеть протяженностью 4549,1 км, или 29,2 пог.м/га орошаемой площади. В результате улучшения мелиоративного состояния поливных земель прирост их значительно возрос: с 300 га в 1968 г. до 1465 га в 1971 г., то есть в 4,9 раза (табл. 1).

Таблица 1

Ввод в действие мелиоративных фондов по Ташаузской области

Год	Введено в действие, га		Прирост орошаемых земель, га	Фактически полито земель, тыс. га	Протяженность коллекторно-дренажной сети, км
	мелиоративно улучшенных земель	капитально-спланированных орошаемых земель			
1968	9140	7162	300	132,0	3007
1969	10144	6206	850	133,7	3294
1970	13732	6971	1201	140,0	3671
1971	14860	7476	1465	146,2	4262

Благодаря строительству и правильной эксплуатации коллекторно-дренажной сети значительно повысился удельный вес пашни, резко возросло плодородие почв, что способствовало повышению урожайности сельскохозяйственных культур, в частности хлопчатника. В период восьмой пятилетки удельная протяженность коллекторно-дренажной сети на орошаемых землях оазиса увеличилась на 31,5%, урожайность хлопчатника при этом повысилась на 3 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удельной протяженности коллекторно-дренажной сети на рост урожайности хлопчатника в Ташаузском оазисе

Год	Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети, пог. м на 1 га площади		Средняя урожайность, ц/га
	валовой	поливной	
1965	4,4	13,0	33,0
В среднем за 5 лет (1966—1970)	6,0	17,1	36,0
В % к 1965	136,3	131,5	109,1

Урожайность хлопчатника — главной культуры земледелия в республике — оказывает определяющее влияние на уровень экономической эффективности сельского хозяйства, на продуктивность орошаемых земель. Группировка колхозов Ташаузской области по уровню урожайности хлопчатника показывает, что в тех хозяйствах, где урожайность превышает 40 ц/га (VI группа), с орошаемой пашни получено: валовой продукции — в 2,4 раза, валового дохода — в 2,8 раза, чистого дохода — в 4,1 раза больше, чем в хозяйствах I группы (табл. 3).

Мелиорация земель создает условия для широкого применения и эффективного использования техники, способствует повышению эффективности сельского хозяйства и, как следствие, увеличению внутрихозяйственных накоплений. Наибольшая экономическая эффективность вложенных в мелиорацию средств достигается в результате применения правильной системы обработки почвы, химизации, механизации и электрификации сельского хозяйства, внедрения комплекса агротехнических мероприятий.

Наряду с мелиорацией повышению плодородия почвы и росту производства сельскохозяйственной продукции служат такие факторы интенсификации, как механизация производственных процессов, эффективное использование производственных фондов. Обычно с повышением фондообеспеченности и энерговооруженности хозяйства уменьшаются затраты на об-

Таблица 3

Уровень экономической эффективности сельского хозяйства в колхозах с различной урожайностью хлопчатника (1970 г.)

Группа колхозов по урожайности хлопчатника, ц/га	Число колхозов в группе	Средняя урожайность хлопчатника в группе, ц/га	На 1 га орошаемой пашни приходится, руб.		
			валовой продукции	валового дохода	чистого дохода
I—до 20,0	3	18,8	776,7	545,7	147,6
II—20,1 до 25,0	15	21,7	1019,6	1014,7	547,8
III—25,1 до 30,0	20	27,3	1186,0	895,5	582,2
IV—30,1 до 35,0	11	32,0	1356,0	1073,2	445,7
V 35,1 до 40,0	16	37,0	1653,3	1358,5	497,2
VI—свыше 40,0	7	42,6	1873,5	1543,1	603,8

работку почвы, повышается качество земляных работ. Поэтому важно то, что тракторный парк Ташаузской области из года в год увеличивается. По сравнению с 1965 г. количество тракторов (в пересчете на 15-сильные) возросло здесь в три раза. В районах хлопководства, к которым относится Ташаузская область, значительную роль играет применение хлопкоуборочных машин, облегчающих трудоемкие процессы сбора хлопка. Экономия в оплате труда на каждую тысячу тонн хлопка-сырца, собранного машинами, достигает 30 тыс. руб.

По Ташаузской области в 1971 г. на уборке хлопка работало 904 хлопкоуборочных комбайна, которыми было собрано 67,5 тыс. т хлопка-сырца, или 40% валового сбора хлопка. Выработка на одну хлопкоуборочную машину за сезон составила 75 т, что в 1,2 раза ниже, чем в среднем по республике. Это свидетельствует об имеющихся резервах повышения уровня пользования уборочной техники и эффективности вкладываемых средств в механизацию уборки хлопка.

Вложенные в мелиорацию средства окупаются в короткие сроки. В Ташаузской области в предыдущем пятилетии было затрачено на мелиорацию земель около 45 млн. руб., а чистый доход от прироста производства сельскохозяйственной продукции за счет мелиорации земель составил 25 млн. руб. Вложенные средства окупились за два года. Коэффициент эффективности капиталовложений составил 0,53. Довольно высокая эффективность капитальных затрат в мелиорацию земель Ташаузской области позволяет планировать на перспективу (к 1985 г.) расширение площади орошаемых земель до 276 тыс. га. На этих землях будет бурно развиваться хлопководство. Среднегодовое производство хлопка-сырца достигнет 465 тыс. т.

М. ГАРАГУЛОВ, М. ГУРТДЖАЕВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Наиболее надежной информацией для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на перспективу служат многолетние данные по возделыванию в рассматриваемой зоне.

Прогнозирование роста урожайности хлопчатника на перспективу в связи с мелиорацией засоленных земель проведено на примере Чарджоуской области, где мелиоративное строительство ведется высокими темпами и результаты его ощутимы. В табл. 1 приведены данные, характеризующие динамику изменения средней урожайности хлопчатника, начиная с 1953 (когда были построены первые километры открытых дрен) по 1971 г.

В колхозе «Победа» Керкинского района протяженность коллекторно-дренажной сети в 1971 г. составляла 46,6 км. Этой сетью отведено большое количество вредных солей, что способствовало повышению экономического плодородия почвы. Анализ данных хозяйственной деятельности колхоза показал, что рассоление почв способствовало повышению урожайности

Год	Посевная площадь хлопчатника, га	Общая протяженность дренажной сети, км	Урожайность хлопчатника, ц/га
1965	765	0	13,7
1966	730	22,0	17,1
1967	650	22,3	22,4
1968	650	31,7	21,2
1969	755	39,5	21,4
1970	930	42,4	16,4
1971	900	46,6	20,0

хлопчатника: в 1971 г. — на 6,3 ц/га по сравнению с 1965 г. За счет вовлечения в сельскохозяйственный оборот ранее засоленных земель площадь посевов хлопчатника увеличилась за это же время на 135 га.

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. На одной и той же площади по мере строительства дренажа урожайность хлопчатника по годам повышается до определенного предела.

2. Темпы роста урожайности на отдельно дренируемой площади в первые годы дренирования могут быть выше, чем в среднем по массиву в целом.

3. Средняя урожайность хлопчатника в отдельном хозяйстве в первые годы строительства дренажа может быть ниже среднегодовой урожайности по массиву.

Таблица 1

Динамика роста урожайности хлопчатника и протяженности коллекторно-дренажной сети в Чарджоуской области

Год	Общая площадь посева, тыс. га	В том числе площадь с коллекторно-дренажной сетью, тыс. га	Общая протяженность коллекторно-дренажной сети, км	Средняя урожайность хлопчатника по всему массиву, ц/га
1953	89,1	0,7	8	
1954	91,4	4,7	57	За пятилетие 19,4
1955	93,0	15,8	191	
1956	95,3	16,6	200	
1957	95,4	26,6	321	
1958	101,1	27,5	332	
1959	104,0	35,1	422	
1960	106,8	48,4	580	
1961	106,8	49,2	714	
1962	108,0	50,3	876	За 6 лет 21,6
1953	109,0	52,0	1113	
1965	110,8	56,1	1725	25,8
1966	111,7	71,8	2210	28,1
1967	116,8	87,0	2633	28,9
1968	117,6	97,4	2998	29,3
1969	117,8	98,4	3027	28,8
1970	125,2	102,5	3184	28,8
1971	130,3	116,2	3318	29,9

Принимая за основу вышеуказанные фактические данные, можно построить математическую модель изменения средней урожайности хлопчатника по годам в Чарджоуской области за весь период мелиоративного строительства.

Вводим следующие обозначения:

y_0 — средняя урожайность хлопчатника до строительства дренажа;

Δy_j — увеличение средней урожайности хлопчатника на дренированной площади в j-м году от начала дренирования по сравнению с $(j-1)$-м годом;

Δs_i — новая площадь, которая дренировалась в i-м году от начала дренирования всего массива.

Тогда средняя урожайность хлопчатника в n-м году от начала дренирования по массиву определится следующей зависимостью:

$$y_n^{ср} = y_0 + \frac{\sum_{j=1}^{n}\left(\Delta y_j \sum_{i=1}^{n+1-j}\Delta s_i\right)}{S_n}, \qquad (1)$$

где

$$S_n = S_0 + \sum_{i=1}^{n}\Delta S_i\ ; \qquad (2)$$

S_n — общая площадь посева в n-м году от начала дренирования;

S_0 — общая площадь посева до начала строительства дренажа (в данном случае в 1952 г.);

ΔS_i — новая площадь, которая дренировалась в i-м году от начала дренирования всего массива.

Если предположить, что Δy_i равно Δy для любого $i=1,\ldots,n$, то из выражения (1) получим:

$$y_n^{ср} = y_0 + \frac{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n+1-j}\Delta s_i}{S_n}\cdot\Delta y\ . \qquad (3)$$

Если же и $\Delta s_i=\Delta s$ для любого $i=1, 2, \ldots, n$, то зависимость (1) еще более упростится:

$$y_n^{ср} = y_0 + \frac{n\cdot(n+1)\cdot\Delta s\cdot\Delta y}{2\cdot S_n}. \qquad (4)$$

Ввиду сложности вычислений по фромуле (1) расчеты ведем по формуле (3). Подставляя фактические значения $y_n^{ср}$, S_n и ΔS_i (см. табл. 1), получим линейные уравнения с двумя неизвестными y_0 и Δy. При нахождении $y_n^{ср}$ по годам нами были линейно интерполированы среднемноголетние значения данной величины, ц/га:

Год с начала строительства дренажа	$f(y_0; \Delta y)$
4	$y_0+0{,}4\cdot\Delta y=19{,}8$
5	$y_0+0{,}7\cdot\Delta y=20{,}3$
6	$y_0+0{,}9\cdot\Delta y=20{,}7$
7	$y_0+1{,}2\cdot\Delta y=21{,}1$
8	$y_0+1{,}7\cdot\Delta y=21{,}6$
9	$y_0+2{,}2\cdot\Delta y=22{,}0$
10	$y_0+2{,}6\cdot\Delta y=22{,}5$
11	$y_0+3{,}1\cdot\Delta y=22{,}9$

Полученные линейные уравнения можно решить графически (рис. 1).

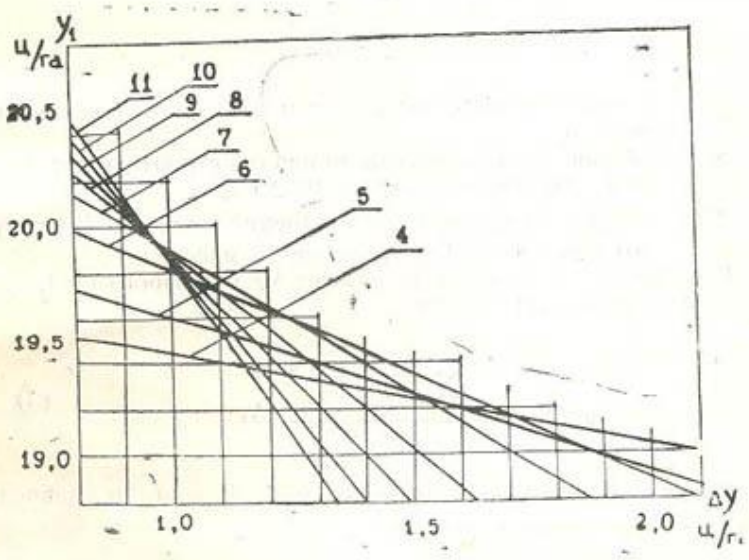


Рис. 1. Графическое решение системы уравнения (3).

Усредняя значения точек пересечений прямых на графике, получим:

$$y_0=\frac{19{,}29+19{,}35+19{,}55+19{,}70+19{,}76+19{,}80+19{,}81+19{,}81}{8}=19{,}63$$ ц/га;

$$\Delta y=\frac{1{,}39+1{,}38+1{,}29+1{,}17+1{,}08+1{,}04+1{,}02+1{,}01}{8}=1{,}17$$ ц/га.

Согласно этим осредненным данным будем иметь выравненные ряды расчетной урожайности по годам (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение расчетной и фактической урожайности хлопчатника по Чарджоуской области

Урожайность, ц/га	Годы с начала строительства дренажа						
	3	5	8	11	13	17	19
Расчетная							
на дренированной площади (y_n)	23,1	25,5	29,0	32,5	34,8	—	—
на всей площади посева ($y_n^{ср}$)	19,9	20,4	21,6	23,2	24,2	27,5	28,7
Фактическая							
на всей площади посева	19,4	20,3	21,6	22,9	25,8	28,8	29,9

При условии, что темпы освоения новых земель и дренирования посевных площадей в дальнейшем будут такими, как в предыдущем десятилетии, ожидаемая средняя урожайность хлопчатника по Чарджоуской области определяется следующим образом. Пусть для любого $i=1, 2, ..., n$ $\Delta S_i=6$ тыс. га, $\Delta S_i=\Delta S=3$ тыс. га. Принимая $\Delta y=1{,}2$ ц/га, $y_0=19{,}6$ ц/га и $S_0=90$ тыс. га, из формулы (1) получим:

$$y_n^{ср}=19{,}6+\frac{1{,}2\cdot n(n+1)}{30+n}. \qquad (5)$$

Подставляя значения n в формуле (5), получим следующие величины средней урожайности хлопчатника на перспективу по Чарджоуской области: на 1975 — 32,0 ц/га, 1978 г. — 34,6, 1980 г. — 36,3, 1982 г. (закончится дренированием посевных площадей, занятых под хлопчатником) — 37,6 и 1985 г. — 38,9 ц/га.

Рассмотренный метод может быть использован в плановых расчетах ближайшей перспективы для определения средней урожайности сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях.

Л. А. СОСНИЦКАЯ

КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ В ОРОШАЕМОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ ТЕДЖЕНСКОГО ОАЗИСА И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Орошаемое земледелие в Тедженском оазисе определено крупными капиталовложениями в ирригационно-мелиоративное строительство и сельскохозяйственное производство на орошаемых землях. Характерная особенность этих затрат—их большой объем, значительно превосходящий вложения в неорошаемое земледелие, и взаимосвязь затрат в водное и сельское хозяйство. Капитальные вложения, направляемые на водохозяйственное строительство, придают сельскохозяйственному производству определенность, устойчивость, обеспечивают расширение производственной базы и обязательное быстрое возвращение осуществленных затрат в виде дополнительных источников дохода.

Капиталовложения в орошаемое земледелие, помимо затрат на ирригационное строительство, обычно включают расходы, связанные со строительством коллекторно-дренажной сети, капитальной планировкой и промывкой засоленных земель, землеустройством, строительством производственной базы сельскохозяйственных предприятий, приобретением орудий производства, рабочего и продуктивного скота, возведением жилищных и культурно-бытовых объектов, то есть затраты на основные средства производственного и непроизводственного назначения.

Начало капитального водохозяйственного строительства в Тедженском оазисе относится к 1964 г. Наибольший размах приобрело оно в восьмую пятилетку, когда среднегодовой объем капиталовложений в ирригационно-мелиоративное строительство за счет государственных ассигнований составил 7,9 млн. руб. против 1,3 млн. руб. в 1961—1965 гг.

Еще более крупные масштабы водохозяйственного строительства, освоения земель и проведения культурно-технических работ намечены на девятую пятилетку. В республике за

эти годы по Министерству мелиорации и водного хозяйства ТССР будет вложено 411 млн. руб., или более 80 млн. руб. в год, из них непосредственно в Тедженский оазис предполагается направить пятую часть. Главную долю капиталовложений— 97% составляют затраты на производственное строительство, из них на строительно-монтажные работы — более 70%. Все запланированные объемы вложений способствуют повышению эффективности их использования.

Одной из наиболее распространенных причин, снижающих эффективность капитальных затрат в мелиоративное строительство в Тедженском оазисе, является невыполнение планов капиталовложений, которые часто составляются без учета реальных возможностей их выполнения. В Материалах XXIV съезда КПСС отмечено, что такое положение способствует распылению государственных средств, омертвлению значительных материальных ресурсов[1]. Данные Министерства мелиорации и водного хозяйства ТССР и Управления «Каракумстрой» о капитальном строительстве, осуществляемом ими в Тедженском оазисе, показали, что за 1966—1970 гг. выполнение плана капиталовложений в водохозяйственное строительство составило в среднем 86%, а сумма недоиспользованных за 5 лет капитальных средств превысила 2,5 млн. руб., что сократило площадь ввода орошаемых земель в оазисе на тысячу гектаров.

Особенностью технологической структуры капиталовложений в водное хозяйство Тедженского оазиса является сосредоточение их основной части — 85% на строительно-монтажных работах. На приобретение и восстановление оборудования, инструментов, инвентаря и прочие затраты направлялось лишь 15% капитальных вложений. Это приводит к низкому уровню технической оснащенности водного хозяйства оазиса, сдерживает темпы строительства, удорожает стоимость единицы работ.

Главным производственным направлением капиталовложений в водное хозяйство Тедженского оазиса в силу специфических природных условий являются вложения в ирригационные фонды, преимущественно в создание водохранилищ и оросительных каналов. На строительство коллекторов и дрен до недавнего времени предусматривалась незначительная часть капитальных средств, что вызвало ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель и тем самым привело к снижению результатов сельскохозяйственного производства.

Наряду с ростом капитальных вложений в водное хозяйство в оазисе возрастали затраты в сельскохозяйственное про-

[1] Материалы XXIV съезда КПСС. М., Политиздат, 1971, с. 63.

изводство. За период орошения земель амударьинской водой в оазисе созданы хлопководческие и другие совхозы, расширена производственная база существующих колхозов. Среднегодовые объемы капиталовложений в колхозах за 1958— 1970 гг. возросли в 2,2 раза, однако удельные их величины (в расчете на 1 га орошаемых земель) остались на уровне 1958—1960 гг.

Главным производственным направлением капиталовложений в колхозах является строительство зданий и сооружений производственного назначения. На сооружение водохозяйственных объектов направлялось около трети средств на строительство. Большие доходы колхозов от сельскохозяйственного производства, укрепляющие их экономику, дающие им финансовую самостоятельность, способствует более широкому привлечению многих колхозов оазиса к ирригационно-мелиоративному строительству. Это не только ускорит темпы проведения мелиоративных мероприятий, но и повысит ответственность хозяйств за использование фондов водного хозяйства.

Совокупные капиталовложения на орошение и поливное сельское хозяйство способствовали ускорению темпов роста среднегодового производства в 7 раз по сравнению с 1958—1960 гг., увеличению в 2,3 раза объема сельскохозяйственной продукции, росту производства хлопка-сырца, среднегодовой объем которого за восьмую пятилетку составил 55 тыс. т, а з 1971 г. превысил 66 тыс. т, в том числе 36,3 тыс. т хлопка тонковолокнистых сортов.

Однако в силу ряда хозяйственных причин, в первую очередь, из-за низких темпов проведения комплекса мелиоративных мероприятий, эффективность возросших совокупных капиталовложений в оазисе оказалась недостаточно высокой. Внутрихозяйственный чистый доход, полученный сельскохозяйственными предприятиями в 1968—1970 гг., достиг 4,7 млн. руб., что в расчете на каждый рубль совокупных капиталовложений составило 0,09 руб., а срок окупаемости вложений этим доходом достиг 11,3 лет. Если учесть налог с оборота, отнесенный к эффекту сельского хозяйства, то коэффициент народнохозяйственной эффективности совокупных капиталовложений составит 0,22, а срок окупаемости их по совокупному чистому доходу сократится до 4,5 лет.

Разъясняя сущность добавочных вложений капитала, В. И. Ленин подчеркивал, что рост дополнительных вложений должен сопровождаться качественной перестройкой всей системы ведения сельского хозяйства. Он писал: «В сущности ведь самое понятие «добавочные (или последовательные) вложения труда и капитала» предполагает изменение способов производства, преобразование техники. Чтобы увеличить в значительных размерах количество вкладываемого в землю

капитала, надо изобрести новые машины, новые системы полеводства, новые способы содержания скота, перевозки продукта и пр. и пр.».[1]

В Тедженском оазисе, особенно в колхозах, такая перестройка происходит крайне медленно. Здесь до сих пор примитивно используются оросительная вода, поливные земли, техника. Низкими темпами осуществляется строительство коллекторно-дренажной сети, медленно вводятся севообороты, часто ности капвложений вмелиоративном строительстве, со снижают результаты сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях, сокращают эффективность капиталовложений.

[1] Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 5, с. 101.

А. КУЛОВ

ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ В ТУРКМЕНСКОЙ ССР

В Туркменской ССР осуществляются большие работы по обеспечению водой сельского хозяйства, промышленности и удовлетворению коммунально-бытовых потребностей. Но поскольку водные ресурсы ограничены, а потребность в воде непрерывно растет в связи с высокими темпами развития индустрии и сельского хозяйства республики необходимо принять действенные меры не только по добыче воды, но и по организации рационального водопользования.

Оросительные системы Туркменской ССР имеют большую протяженность. В 1972 г. общая длина ирригационных каналов составила 21,8 тыс. км, в том числе межхозяйственная сеть—4,7 и внутрихозяйственная —17,1 тыс. км. Большинство (97,6%) оросительных каналов в 1971 г. имело земляное русло, в том числе межхозяйственных — 95,3 и внутрихозяйственных — 96,2%. Расчеты показывают, что по Туркменской ССР в период 1966—1971 гг. из источников орошения забиралось воды в расчете на 1 га политой площади в среднем за год 20 537 м³, в том числе в зоне Каракумского канала — 16 635, по Чарджоуской области — 22 567, Ташаузской области — 28 401 м³, в то время как средние оросительные нормы за эти годы составили соответственно 16 417 м³/га, 13 566, 17 650 и 21 057 м³/га. Остальная часть воды, видимо, расходовалась непродуктивно. Это объясняется в основном тем, что оросительные системы технически несовершенны, выполнены преимущественно в открытых земляных руслах.

Как известно, вода из источников орошения поступает в магистральный канал, из него — в хозяйственные и участковые каналы, выводные и поливные борозды. На этом пути значительная часть ее (40—60%) теряется за счет фильтрации в почву и испарения. Поэтому важнейшим мероприятием по интенсификации использования воды следует считать техническое совершенствование оросительных систем, и в первую очередь — строительство не открытых каналов, а закрытых трубопроводов: железобетонных, асбестоцементных и др. Они практически исключают потери и, следовательно, значительно повышают КПД сети, позволяют регулировать и контролировать поливные и оросительные нормы для каждой сельскохозяйственной культуры, что особенно важно для хлопчатника.

Расчеты показывают, что для оросительных систем республики повышение КПД межхозяйственной оросительной сети только на 5% позволит уменьшить подачу на 675,7 млн. м³ воды. Этой сэкономленной водой можно полить из фактической оросительной нормы 1971 г. дополнительно 42,6 тыс. га хлопчатника. При средней урожайности его 22,9 ц/га дополнительное производство хлопка-сырца составит 97,5 тыс. т, в денежном выражении составит 68,3 млн. руб. Это позволит получать ежегодно 18,1 млн. руб. чистого дохода. На эту сумму можно увеличить протяженность облицованной сети в республике в 4 раза по сравнению с 1970 г.

Экономное, более продуктивное использование оросительной воды требует наличия современных, технически оснащенных инженерных систем и материальной заинтересованности водопотребителей. Там, где имеется надежная инженерная оросительная система, водопотребители и УОСы осуществляют постоянный контроль за водоподачей, распределением и использованием воды. Необходимо отметить, что до настоящего времени водопотребители используют воду без достаточного учета.

Нехватка водомерных устройств вызывает споры между водоподающими и водопотребляющими организациями о количестве отпущенной для полива воды. Воду потребители получают бесплатно, при этом никаких затрат на содержание межхозяйственных оросительных систем они не производят. При бесплатном водопотреблении трудно бороться за бережное отношение к использованию оросительной воды. Возникает необходимость перестройки экономических основ водопользования, необходимость установления хозрасчетных отношений в водном хозяйстве, что создаст условия для улучшения работ по уходу и ремонту мелиоративных сооружений для более эффективного использования воды и поливных массивов. Повышение эффективности работы оросительных систем на хозрасчетных основах создает материальные стимулы к увеличению водоподачи, снижению себестоимости оросительной воды и бережливому ее расходованию.

Увеличение водоподачи, однако, не должно приводить к избыточному расходу воды сверх установленной оросительной нормы во избежание заболачивания и вторичного засоления земель. Экономическая реформа, связанная с установлением

платы за воду, должна не только решать вопросы более продуктивного использования оросительной воды, но и стимулировать более разумное использование орошаемых земель. С введением платы за воду в значительной мере будут решены вопросы, связанные с повышением экономической эффективности капвложений в мелиоративном строительстве, со снижением потерь воды из оросительных каналов и с экономически эффективным использованием воды на полях. Вышеуказанные мероприятия приведут к снижению удельных затрат на 1 га орошаемой площади и в конечном счете будут способствовать интенсификации использования воды в Туркменской ССР.

К. МУЛЛИЕВ

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ХИМИЧЕСКОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ ГРУНТА, ПОДСТИЛАЮЩЕГО АСФАЛЬТОБЕТОННУЮ ОБЛИЦОВКУ КАНАЛА

Верблюжья колючка, софора толстоплодная, тростник обыкновенный, свинорой и другие многолетники способны пробивать облицовочные материалы, применяемые при строительстве каналов. Стерилизация подстилающего грунта значительно увеличила бы срок службы покрытия. Для того, чтобы выявить возможности применения современных системных гербицидов в качестве стерилизаторов почвогрунтов в 1970 г. в русле Копетдагского магистрального распределителя был заложен полевой опыт по изучению тордона-101, атразина, симазина, их смесей с монуроном и диуроном при соотношении трех частей производных мочевины и одной части триазиновых препаратов. Обработка проводилась в двух дозах— 25 и 50 кг/га, за исключением тордона-101, который вносился в трех дозах — 6, 12 и 25 кг/га. Повторность опыта трехкратная. Суммарная площадь каждого варианта составляла 180 м². Контроль — общий для всех вариантов — три необработанных участка общей площадью 180 м². Через два месяца после внесения препаратов проводилась облицовка канала.

Эффективность гербицидов против растений-многолетников. Стеблестой многолетников на контрольных делянках составил 0,20 растений на 1 м². При этом вегетировали и однолетники. Ко времени следующего учета (через год после облицовки) на этих делянках растительность состояла только из многолетников. Подавляющая часть стеблестоя состояла из растений верблюжьей колючки, количество которых по сравнению с прежним учетом увеличилось в два раза и составило 27 растений на 180 м². Из других многолетников произрастал свинорой. Общее количество растений, пробивших асфальт и нормально вегетирующих, составило 0,16 шт/м² (табл. 1).

На делянках, обработанных тордоном в дозах 6, 12 и 25 кг/га, растительность не появилась. Высокоэффективной

Таблица 1

Эффективность химической стерилизации русла Копетдагского магистрального распределителя

Время учета количества растений	Контроль	Тордон-101			Атразин			Симазин			Мону-рон	Монурон+атразин		Монурон+симазин		Диурон+атразин			Диурон+симазин		
		доза, кг/га по действующему веществу																		
		6	12	25	25	50	50	25	50	50	50	25	50	25	50	25	50	50	25	50
Срок внесения — июнь 1970 г.																				
В год обработки	$\frac{0,20}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,01}{5,00}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,02}{10,00}$	$\frac{0}{0}$			$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,07}{35,00}$	$\frac{0}{0}$		$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,02}{10,00}$	$\frac{0}{0}$	
Во второй год	$\frac{0,16}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$			$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$		$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,005}{3,1}$	$\frac{0}{0}$	
В третий год	$\frac{0,24}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,10}{41,70}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,12}{50,00}$	$\frac{0}{0}$			$\frac{0,06}{25,00}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,06}{25,0}$	$\frac{0}{0}$		$\frac{0,04}{16,0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,04}{16,0}$	$\frac{0}{0}$	
Срок внесения — октябрь 1970 г.																				
		сентябрь 1970 г.														сентябрь 1970 г.				
В год обработки	—	—	$\frac{0}{0}$		—			—			—		—			—		—	$\frac{0,002}{0,7}$	
Во второй год	$\frac{0,35}{100}$		$\frac{0}{0}$					$\frac{0,01}{3,00}$	$\frac{0,02}{0,60}$				—			—		—	$\frac{0,07}{26,9}$	
В третий год	$\frac{0,35}{100}$	—	—					$\frac{0,002}{0,60}$	$\frac{0,002}{0,60}$		—		—			—		—	—	

Примечание. В числителе — количество растений в штуках на 1 м², в знаменателе — процент к контролю.

оказалась и обработка атразином, при внесении которого в дозе 50 кг/га была получена полная стерилизация почвогрунтов, в дозе 25 кг/га — в течение первых месяцев после внесения препарата появилось два растения верблюжьей колючки на площади 180 м², или 5% к контролю. В дальнейшем эти растения погибли и на поверхности облицовки растительность отсутствовала. Симазин проявил примерно такую же эффективность, что и атразин.

В начальный период после обработки смесью монурон-симазин через облицовку пробилось 12 растений верблюжьей колючки, что составило 0,07 шт/м², или почти такое же количество, как в контроле. Однако ко времени следующего учета все эти растения погибли. Такая же картина наблюдалась и на участках, обработанных смесью диурон-симазин в дозе 25 кг/га. Смеси производных мочевины с симазином в дозе 50 кг/га и атразином в дозах 25 и 50 кг/га вызвали полную стерилизацию грунта.

В октябре 1970 г. была проведена обработка русла канала на площади 3000 м² симазином в дозе 50 кг/га. Весной следующего года на делянках появилось 36 растений верблюжьей колючки, что составило 0,01 шт/м², или 3% к контролю. В дальнейшем большинство пробившихся растений погибло. Через год после внесения гербицидов на всей площади вегетировало шесть растений верблюжьей колючки, или 0,6% к контролю. В этот же срок была проведена обработка монуроном дозой 50 кг/га площади 600 м². Весной 1971 г. на поверхности облицовки здесь появилось 10 растений верблюжьей колючки, большинство которых впоследствии погибли. На всей делянке вегетировало одно растение верблюжьей колючки, или 0,6% к контролю.

Результаты производственного испытания тордона-101 в дозе 25 кг/га (площадь 0,2 га) и смеси диурон-симазин в дозе 50 кг/га (площадь 1,2 га) показали (см. табл. 1), что при внесении тордона-101 отмечена полная стерилизация грунта, а на участках, обработанных смесью, через облицовку пробились верблюжья колючка и софора толстоплодная. По данным учета растительности, проведенного в 1972 г., больше половины пробившихся растений погибло, причем процесс отмирания продолжался. Однако, несмотря на это, стеблестой составил более одной четверти количества растений в контроле. Это объясняется поздним сроком внесения [2], что не позволило достигнуть первоначальной абсолютной стерилизации. В результате ко времени весеннего пробуждения какая-то часть внесенного препарата инактивировалась под влиянием различных факторов и большая доля его пошла на уничтожение ослабевших растений. При этом возможны ответная реакция растительных организмов на слабое воздействие препарата и

их приспособление [6]. Г. В. Ткаченко и И. Д. Чернышев [7] с помощью серии опытов доказали, что горчак розовый в виде ответной реакции на воздействие препаратов 2-КФ и тордона выделяет через корни поступивший в организм гербицид.

Чувствительность некоторых многолетников к воздействию гербицидов различна по фазам их развития [8]. Вместе с тем внесение препаратов вручную не обеспечивает необходимой равномерности их распределения и перекрытия обработанных зон. При больших объемах работы это достигается с помощью машин.

Укладка асфальта вручную также приводит к неравномерному распределению гербицидов. Наряду с этим поверхностный стерильный слой грунта разрушается при разгрузке асфальта и в результате частого хождения рабочих по обработанному грунту.

Экспозиция после внесения препаратов продолжительностью в несколько недель (3—4), видимо, способствует лучшей сохранности облицовки. Это мнение основывается на том, что гербициды сильнее действуют на вегетирующие растения, чем на растительные организмы, находящиеся еще в неактивном состоянии. Поэтому, если после обработки грунт остается на какое-то время необлицованным, проросшие по какой-то причине растения вскоре после появления всходов погибают и в дальнейшем не угрожают антифильтрационному покрытию. Возможно, что этим в какой-то мере объясняется более высокая эффективность препаратов в полевом опыте, по условиям которого химическая стерилизация проводилась в июне, а укладка асфальта — в основном в сентябре. В производственном опыте такой экспозиции не было, так как облицовка выполнялась вслед за внесением препаратов.

При укладке асфальтобетонной облицовки, которая имеет темную поверхность, происходит более интенсивный нагрев почвогрунтов, что оказывает определенное воздействие на гербициды, внесенные для их стерилизации. С этим связано поведение препаратов, их устойчивость и подвижность в почвогрунтах.

Особенности передвижения и инактивации гербицидов в подстилающих грунтах. Анализы почвенных проб осуществлялись спектрофотометрическим методом [3—5, 8, 9]. Повторность четырехкратная. Определялись остаточные количества монурона, диурона, атразина и симазина в условиях различных вариантов полевого опыта.

Монурон. Все участки, на которых брались пробы, заасфальтированы. Препарат вносился в чистом виде и в смеси с производными триазинов. Через год после обработки монуроном в дозе 50 кг/га большое количество гербицида в почво-

Таблица 2

Содержание гербицидов в почве

Давность обработки, месяцы	Облицовка	Вариант, кг	Количество гербицида по горизонтам почвы, мг/кг		
			0—5 см	5—10 см	10—20 см
36	Есть	монурон, 50	Не обн.	0,07	0,10
15	»	**монурон**+атразин, 25	»	Не обн.	Следы
15	»	**монурон**+атразин, 50	Следы	0,25	0,36
15	»	**монурон**+симазин, 25	Не обн.	Следы	Следы
15	»	**монурон**+симазин, 50	Следы	»	0,16
12	»	монурон, 50	0,80	1,40	1,90
24	Нет	диурон, 25	0,60	0,05	Следы
24	»	диурон, 50	1,00	0,30	0,11
24	»	**диурон**+атразин, 25	0,10	Не обн.	Не обн.
24	»	**диурон**+атразин, 50	0,70	0,20	Следы
15	Есть	**диурон**+атразин, 25	Не обн.	Не обн.	Не обн.
15	»	**диурон**+атразин, 50	0,60	0,10	0,45
15	»	**диурон**+симазин, 25	Не обн.	Не обн.	Не обн.
15	»	**диурон**+симазин, 50	0,90	1,30	»
15	»	симазин, 25	1,31	0,58	Следы
15	»	симазин, 50	1,66	1,20	0,30
15	»	**симазин**+монурон, 25	0,05	Следы	Следы
15	»	монурон+**симазин**, 50	0,40	0,08	»
15	»	диурон+**симазин**, 25	0,14	Следы	»
15	»	диурон+**симазин**, 50	1,30	0,19	»
12	»	симазин, 50	2,90	1,50	5,30
24	Нет	атразин, 25	0,54	0,17	0,32
24	»	атразин, 50	1,04	0,39	1,96
24	»	диурон+**атразин**, 25	Не обн.	Не обн.	Не обн.
24	»	диурон+**атразин**, 50	0,17	0,05	0,12
15	Есть	монурон+**атразин**, 25	Не обн.	Не обн.	Следы
15	»	монурон+**атразин**, 50	0,20	0,30	0,59
15	»	диурон+**атразин**, 25	Не обн.	0,06	Не обн.
15	»	диурон+**атразин**, 50	0,42	0,50	0,17

грунте обнаружено на глубине до 20 см (табл. 2). Наибольшая концентрация препарата отмечена в горизонте 10—20 см (1,9 мг/кг почвы). Но и в верхних слоях концентрация его достаточна для гибели многих растений. Следует отметить также, что в условиях данного участка с щебенчатым малоактивным грунтом детоксикация препарата за счет микроорганизмов и его потери, связанные с адсорбцией органической фракции почвы, практически исключаются. Камни и щебень, промежутки между которыми заполнены более мелкими и мельчайшими камешками и песчаным грунтом, плохо удерживали внесенный препарат. Под воздействием незначительной влаги он скатывался с их поверхности в мелкозернистый грунт. Это способствовало непропорциональному распреде-

лению гербицида в массе грунта и накоплению большей части его в мелкоземе, откуда брались пробы для анализов. Поэтому приведенные результаты должны быть несколько завышенными. Этот же фактор способствовал быстрому проникновению большого количества препарата в глубинные слои.

Однако, несмотря на практическое отсутствие органических остатков и других биологических факторов, детоксикация монурона в данном грунте все же происходит, о чем свидетельствует относительно малое содержание его в поверхностном слое. Это объясняется, по-видимому, продолжительным воздействием высоких температур, что подтверждается данными и других анализов при накоплении большей части препарата в нижнем горизонте.

Через три года после обработки монуроном в дозе 50 кг/га в слое 0—5 см препарат не обнаружен. Большая часть его разложилась или находилась в неактивном состоянии. Небольшое количество гербицида сохранилось в горизонте 5—20 см.

По истечении 15 месяцев с момента внесения смесей монурона с атразином и симазином (соотношение 3:1) в дозе 25 кг/га препарат в рассматриваемых горизонтах практически отсутствовал. Существенные концентрации его обнаружены в нижних горизонтах (5—20 см) при внесении в дозе 50 кг/га, причем в большем количестве монурон сохранялся там, где он вносился в смеси с атразином.

Диурон. Остаточное содержание диурона определялось через два года после обработки в чистом виде и в смеси с атразином. На делянках, где диурон вносился в дозе 25 кг/га, глубже 10 см обнаружены только следы препарата. Наибольшая концентрация его отмечена на глубине до 5 см (0,6 мг/кг). Это свидетельствует о том, что инактивация препарата происходит только на поверхности почвы (см. табл. 2). По вариантам обработки диуроном в дозе 50 кг/га он проник в заметных количествах до глубины 20 см. Однако основное количество его содержалось в слое 0—5 см, а в горизонте 5—10 см — в три с лишним раза меньше.

В передвижении препарата атмосферные осадки не имеют определяющего значения по сравнению с миграцией почвенной влаги, происходящей периодически в течение суток и тем интенсивнее, чем больше нагрета поверхность почвы [1]. Так, на облицованном участке, где влияние осадков исключено, препарат проник глубже, хотя период после обработки на девять месяцев меньше.

Через 15 месяцев после обработки смесями диурона с симазином и атразином в дозе 25 кг/га препараты во всех пробах не были обнаружены. По варианту обработки смесью диурона с атразином в дозе 50 кг/га высокая концентрация первого препарата отмечена в горизонтах 0—5 и 10—20 см, но в верхних

горизонтах детоксикация его происходит интенсивнее. На участках, обработанных диуроном в смеси с симазином в такой же дозе, препараты содержались только в верхних горизонтах до глубины 10 см. В слое 10—20 см они не были обнаружены.

Симазин. Содержание препарата определялось по вариантам опыта, проведенного в русле канала, который вскоре после обработки был покрыт асфальтобетонной облицовкой. Во всех образцах, отобранных с участка производственного испытания симазина в дозе 50 кг/га, обнаружена очень большая концентрация препарата. В условиях малоактивного грунта, обладающего высокой фильтрационной способностью, симазин, отличающийся очень слабой растворимостью, за один год после обработки проник в большом количестве на глубину 20 см. Во всех горизонтах обнаружена высокая концентрация препарата. Но в поверхностном слое она меньше, чем в нижнем, несмотря на то, что симазин вносился на поверхность грунта. Причиной этого в основном является детоксикация препарата вследствие продолжительного воздействия высоких температур (см. табл. 2).

Содержание и передвижение симазина по вариантам полевого опыта, заложенного на три месяца раньше производственного, имеют большое различие по сравнению с показателями последнего. Это различие большей частью обусловлено не дозой внесения и длительностью нахождения препарата в почве, а свойствами грунта.

На делянках, обработанных симазином в чистом виде, количество обнаруженного препарата и его передвижение примерно пропорциональны вносимой дозе с наибольшей концентрацией в верхнем горизонте. По вариантам обработки в дозе 25 кг/га до глубины 20 см проникла очень небольшая часть гербицида, в дозе 50 кг/га — высокотоксичная концентрация обнаруживалась до глубины 10 см. Степень детоксикации симазина оказалась непропорциональной количеству внесенного гербицида, что можно объяснить потерей некоторой части его примерно равной величины по всем вариантам [10]. Поэтому на делянках, обработанных смесью симазин-диурон (1:3) в дозе 25 кг/га, по истечении 15 месяцев обнаружена незначительная детоксикация симазина. Более интенсивное разложение препарата отмечено по вариантам обработки смесью монурон-симазин при ослаблении подвижности гербицида в составе смеси. По всем вариантам наибольшая концентрация симазина наблюдалась в поверхностном слое, в горизонте 10—20 см выявлены только следы препарата.

Атразин. Остаточное количество атразина определялось по восьми вариантам опыта. Через два года после внесения этого препарата в дозе 25 кг/га обнаружены довольно высокие

концентрации его даже при отсутствии облицовки (см. табл. 2). Гербицид содержался во всех рассматриваемых горизонтах. В верхнем слое детоксикация и передвижение его были более интенсивными. При этом в среднем горизонте отмечена относительно низкая концентрация гербицида: 0,17 мг/кг против 0,32 мг/кг в слое 10—20 см и 0,54 мг/кг — поверхностном слое.

По истечении двух лет после обработки атразином в дозе 50 кг/га высокие его концентрации обнаружены во всех изучаемых горизонтах. И в этом случае из-за маломощного почвенного покрова и практической неокультуренности почвы наблюдалось послойное содержание препарата. Из верхнего горизонта атразин вымывался атмосферными осадками и был больше подвержен детоксикации, обусловленной микробиологической активностью почвы, содержанием органических веществ, более интенсивной световой и тепловой радиацией и т. д. Все это привело к постепенному уменьшению содержания препарата. На глубине 10—20 см значение этих факторов гораздо слабее, поэтому здесь происходило накопление гербицида.

Подвижность и сохранность атразина в открытой почве были менее выражены при внесении его в смеси с диуроном. Правда, в этом случае количество внесенного гербицида было в четыре раза меньше. Однако между количеством атразина, внесенного при обработке, и содержанием его в почве пропорциональность не прослеживалась. При обработке смесью в дозе 25 кг/га через два года после внесения атразин не обнаружен ни в одном горизонте. По вариантам обработки в дозе 50 кг/га примерно одинаковое количество препарата содержалось в горизонтах 0—5 и 10—20 см. В этом случае атразин проник в нижний горизонт в значительно меньшем количестве, чем при внесении его в чистом виде. Однако фитоцидность смеси оказалась сильнее, чем у компонентов. Очевидно, что явление невозможно объяснить одними количественными факторами.

Вертикальное передвижение атразина и его инактивация происходили и под облицовкой. Атразин в смеси с монуроном оказался более подвижным, чем в смеси с диуроном.

Выводы

1. Наиболее пригодным стерилизатором является препарат тордон-101 в дозе 25 кг/га. Он обеспечивает первоначальную полную стерилизацию грунта независимо от срока внесения.

2. Высокоэффективны в этом отношении симазин, атразин и их смеси с монуроном и диуроном в дозе 50 кг/га. В указанном количестве они вызывают полную стерилизацию почвогрунтов при соблюдении определенной технологии обработки.

3. Под облицовкой происходит интенсивная детоксикация монурона. Через три года после обработки обнаруживается небольшая концентрация препарата. Гербицид более устойчив в нижних горизонтах. Устойчивость и мобильность его сильно зависят от свойств грунта.

4. Диурон менее подвижен как на открытой площадке, так и под облицовкой. В последнем случае подвижность его возрастает. В равных условиях степень детоксикации его меньше, чем у монурона.

5. При детоксикации и передвижении триазиновых препаратов наиболее мобилен атразин. На открытой площадке разложение гербицидов происходит интенсивнее, чем под облицовкой. Через 15 месяцев после обработки смесями диурон-атразин, диурон-симазин и монурон-симазин в дозе 50 кг/га в грунте сохраняется высокая концентрация триазинов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возбуцкая А. Е. Химия почвы. М., «Высшая школа», 1968.
2. Груздев Г. С. Пути повышения эффективности гербицидов. — «Известия ТСХА», вып. 3, 1965.
3. Петунова А. А., Мартинсон Э. Э. Определение гербицида в тканях растений спектрофотометрическим методом. — «Физиология растений», 1963, № 10, вып. 3.
4. Петунова А. А., Мартинсон Э. Э. Спектрофотометрический метод определения гербицидов в тканях растений.—«Вестник с.-х. науки», 1965, № 1.
5. Петунова А. А., Сабурова П. В.. Спектрофотометрический метод определения малых количеств гербицидов — производных триазина (симазин, атразин, пропазин и хлоразин) в тканях растений.
6. Сабурова П. В., Петунова А. А. К вопросу о физиолого-биохимических причинах избирательного действия гербицида симазина (2-хлор-4,6-бис-этиламино-симм-триазин). — «Доклады АН СССР», т. 160, 1965, № 5.
7. Ткаченко Г. В., Чернышев И. Д. Причины слабого действия гербицидов на корневую систему горчака розового. — «Химия в сельском хозяйстве», 1970, № 3.
8. Туликов А. М. Изменение устойчивости корнеотпрысковых сорняков к некоторым гербицидам в зависимости от фазы развития. — «Доклады ТСХА», вып. 131, 1967.
9. Хубутия Р. А., Гигинейшвили А. А. Определение остаточных количеств почвенных гербицидов в почве и цитрусовых. — «Химия в сельском хозяйстве», 1971, № 12.
10. Horowitz M. Evaluation of herbicide persistence in soil. Weed Res., 9, № 4. 1969.

УДК 626.8

Аманов Х. А., Сапаров Б.

Развитие гидромелиорации в Туркменской ССР за годы Советской власти. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 3—21.

В статье кратко характеризуются основные этапы развития и преобразования водного хозяйства Туркменской ССР за годы Советской власти, показывается высокая эффективность гидромелиоративного строительства в условиях орошаемого земледелия, указываются величественные перспективы дальнейшего развития орошения в маловодных районах республики в свете грандиозной программы коммунистического строительства.
Табл. 3, ил. 5.

УДК 631.6(255)

Назармамедов О.

Мелиоративное состояние орошаемых земель в зоне Каракумского канала. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 22—28.

В статье дается оценка изменениям мелиоративных и гидрогеологических условий орошаемых земель в зоне Каракумского канала. На основании натурных наблюдений за работой горизонтального дренажа в почвенно-мелиоративных условиях Мургабского оазиса рекомендуются расстояния между дренами и другие расчетные параметры грунтового потока. Показано изменение режима грунтовых вод на новых орошаемых массивах Прикопетдагской зоны, предложено мероприятие по улучшению мелиоративного состояния осваиваемых целинных земель.
Табл. 1, библиогр. 1.

УДК 626.862.4

Назармамедов О., Иомудская Д., Каграманов Ю.

Моделирование группы взаимодействующих вертикальных скважин, работающих в условиях орошения. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 29—32.

В статье рассматриваются методика и результаты схематизации сложных геологических и гидрогеологических условий Ашхабадской зоны районов, выполненные с учетом схемы движения воды в разнородных грунтах. Для конкретных гидрогеологических условий Прикопетдагской зоны даны прогнозированные режимы грунтовых вод в условиях работы взаимодействующих вертикальных скважин.

УДК 626.862.4:626.841

Назармамедов О., Изингер А. Ф.

Изучение промывок на фоне горизонтального дренажа. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 34—38.

В статье рассказывается об эффективности промывных поливов на фоне глубокого закрытого дренажа в сочетании его с мелким временным открытым дренажем, приводятся объемы воды для удаления избытка вредных солей из почвы. При промывке почв солончакового засоления рекомендуется строительство временного дренажа.
Табл. 3.

УДК 631.674.1

Новицкая Ю. П., Новицкий В. А.

Расчет инфильтрационного расхода в слоистых грунтах. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 39—42.

В результате теоретических и лабораторных исследований инфильтрационного питания в слоистых грунтах установлено, что при увеличении проницаемости слоев сверху вниз и наличии разрыва сплошности фильтрационного потока на одной из границ слоев формулой Г. Н. Каменского для расчета коэффициента фильтрации многослойной среды пользоваться нельзя. В статье приводятся теоретические зависимости, проверенные экспериментально, позволяющие определить наличие разрыва сплошности и правильно рассчитать коэффициенты фильтрации для определения величины инфильтрационного питания в слоистых грунтах.
Табл. 1, ил. 2.

УДК 626.862.1

Григорьев В. М., Поплавский В. В.

Расчет фильтрации в неограниченном пласте к одиночным рядам несовершенных скважин при постоянных в них понижениях. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 43—47.

В статье приведены расчетные зависимости для определения дебита несовершенных скважин ряда и создаваемого работой ряда понижения в условиях напорной и безнапорной фильтрации.
Ил. 1, библиогр. 6.

УДК 631.6:551.49(575.4)

Ниязов О.

Гидрогеологическая характеристика орошаемых массивов предгорной равнины Копетдага. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 48—55.

Дается оценка природных условий, рассматривается произведенное гидрогеолого-литологическое районирование верхней стометровой толщи для определения типов дренажа.

Ил. 1, библиогр. 3.

УДК 631.6:551.61491.54

Калантаев В. А.

Об оптимальном режиме грунтовых вод орошаемых земель. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад. «Ылым», 1977, с. 56—61.

В статье рассматривается вопрос о режиме грунтовых вод и глубине заложения дренажа на орошаемых массивах Средней Азии на примере Голодной степи и Чарджоуского оазиса.

УДК 631.6:551.49(575.4)

Атаев С.

Гидрогеолого-литологическая характеристика низовья р. Атрек. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 62—66.

Дается оценка гидрогеолого-мелиоративных условий, рассматривается произведенное литологическое районирование верхней 50-метровой толщи.

Ил. 2, библиогр. 2.

УДК 631.6:551.491.54(575.4)

Джораев Б., Мальцев Л. М.

Режим грунтовых вод долины среднего течения Амударьи. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 67—76.

Детально рассматриваются данные наблюдений за уровнем грунтовых вод в период 1959—1972 гг. В зависимости от режимообразующих факторов характеризуются режимы грунтовых вод прибрежной зоны р. Амударьи, зоны крупных ирригационных каналов и зоны орошаемых площадей.

Табл. 2, ил. 2, библиогр. 1.

УДК 626.212:626.814

Гарагулов М. Ч.

Прогнозирование фильтрационных потерь воды из Мадауского водохранилища. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 77—83.

В статье дан прогноз фильтрационных потерь воды из Мадауского водохранилища на перспективу. Задача решена на гидравлическом интеграторе системы В. С. Лукьянова.

Табл. 2, ил. 2.

УДК 626.822

Юматов К. С.

Об авторегулировании водораспределения в межхозяйственных закрытых оросительных системах. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 84—88.

В статье характеризуются межхозяйственные закрытые оросительные системы в функциональной форме с точки зрения авторегулирования водораспределения. Предлагается применение в межхозяйственных закрытых оросительных системах диапазонных авторегуляторов расхода без подвижных элементов.

Ил. 1, библиогр. 3.

УДК 62—503.55

Белоус А. Т., Новохатский А. А. Рогачевский Л. Я., Феоктистов А. А.

К вопросу построения цифровых датчиков для частотных систем телемеханики. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 89—107.

В статье рассмотрено получение однопеременных кодов однодорожечной шкалы, пригодных для конструирования кодовых шкал преобразователей «угол-код». Дан алгоритм синтеза таких кодов на любое допустимое число уровней квантования. В качестве примера синтезирован код на 500 уровней квантования измеряемой величины.

Ил. 2, библиогр. 12.

УДК 681.325.3:626.81/84

Белоус А. Т.

Кодовые преобразователи уровня жидкости для протяженных оросительных систем. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 108—119.

Статья излагает вопросы применения на протяженных оросительных системах кодовых преобразователей уровня с различными диапазонами измерений. Для Каракумского канала им. В. И. Ленина предлагаются разработанные в ТуркменНИИГиМе кодовые преобразователи уровня жидкости, в которых применены синтезированные однопеременные двухчастотные коды на основе полученного в лаборатории автоматики и телемеханики алгоритма.

Ил. 5, библиогр. 7.

УДК 627.8.034.7

Балакаев Б. К., Агабаев Н., Верин Н. Н.

Натурные исследования транспортирующей способности лотковой сети в зоне орошения Каракумского канала. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 120—126.

Приводятся результаты натурных исследований по условиям транспортирования наносов в лотковой сети в хлопководческих совхозах «Теджен»

и «Путь ленинизма», расположенных в зоне орошения Каракумского канала, и расчетные значения транспортирующей способности этой сети.

Табл. 2, ил. 3, библиогр. 4.

УДК 627.8.034.72

Коваленко Р. И.

Графический метод расчета динамики осаждения наносов в головных отстойниках. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 127—131.

Существующие аналитические методы расчетов динамики осаждения наносов, использование которых требует много труда и времени, нашли отражение в данной статье. Для упрощения и ускорения расчетов заиления и очистки головных отстойников в зоне среднего течения Амударьи предложены разработанные автором на основе известных зависимостей А. Г. Хачатряна номограммы, показан порядок расчета по ним.

Библиогр. 5.

УДК 627.157

Коваленко Р. И.

Результаты исследований режима наносов оросительных систем зоны Каракумского канала. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 132—139.

По материалам полевых исследований режима наносов оросительных систем Магаллак и Аки-Бай зоны Каракумского канала анализируется динамика изменения мутности по длине каналов: от головного сооружения до временных оросителей и борозд. По данным о гидравлических элементах каналов выполнен расчет транспортирующей способности потока и приведены результаты сопоставления расчетной мутности с измеренной.

Табл. 1, ил. 1.

УДК 627.157

Кирста Б. Т.

Гранулометрический состав взвешенных наносов рек Туркмении. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 140—158.

Приводятся средние многолетние месячные и годовые значения гранулометрического состава взвешенных наносов рек Туркмении. На основании анализа имеющихся данных сделан вывод о возможности значительных ошибок при определении характеристик фракционного состава наносов по отдельным пробам. Вследствие значительной изменчивости гранулометрического состава наносов во времени, средние годовые характеристики его рекомендуется рассчитывать не по средним арифметическим, а по средним взвешенным значениям содержания фракций различной крупности, полученным с учетом внутригодового распределения твердого стока.

Табл. 4, библиогр. 10.

УДК 627.41

Алтунин В. С., Аннаев С. А., Аширов С. А., Писарев Ю. В

Результаты полевых исследований и теоретические предпосылки к расчету плановых деформаций легкоразмываемых берегов. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем» . Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 159—168.

В статье приводятся результаты полевых исследований и теоретические предпосылки к расчету плановых деформаций легкоразмываемых берегов. На основании проведенных исследований получены уравнения, определяющие форму границы интенсивного локального размыва на прямолинейном и криволинейном участках с учетом асинхронности момента наступления стабилизации и различного характера процесса местных деформаций во времени, начиная с момента наступления стабилизации размыва в направлениях ширины и длины зоны деформации.

Табл. 4, ил. 1, библиогр. 1.

УДК 624.131.54

Часов Ш.

Методика гидравлического моделирования деформаций русла в нижнем бьефе перегораживающих сооружений Каракумского канала. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 169—175.

В статье изложены материалы натурных и лабораторных исследований местных размывов за перегораживающими сооружениями на Каракумском канале, рекомендованы показатели степени $x=1{,}2$ и $y=1{,}42$ для прогнозирования глубины и ширины бокового местного размыва при переходе от модельных значений к натуре в условиях мелкопесчаных грунтов.

Табл. 4, ил. 3, библиогр. 11.

УДК 627.41:626.131

Аширов С. А.

Исследование противодейгишных прорезей на среднем участке Амударьи. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 176—179.

Автор приводит некоторые результаты работы противодейгишных прорезей на среднем участке р. Амударьи. Результаты полевых исследований показали эффективность строительства противодейгишных прорезей для ослабления свала потока к размываемому берегу при условии правильного выбора трассы прорези и поддержки нормальной работы ее, особенно в головной и концевой части.

УДК 556.535.6

Аширов А.

Распределение мутности по глубине потока. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 180—183.

В статье дается вывод формулы для определения распределения мут-

ности по глубине потока. В качестве исходного использовано дифференциальное уравнение, предложенное М. А. Великановым при малой концентрации. Для выражения распределения продольной скорости применена эллиптическая формула А. В. Караушева.

Библиогр. 3.

УДК 624.131.54

Доктор Ф. Ш., Михайляниц М. М.

О моделировании процесса обрушения подрезанного и подверженного вибрациям глинистого грунта в подводном забое. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 184—187.

В статье рассматривается моделирование процесса обрушения подрезанного и подверженного вибрациям глинистого грунта в подводном забое с учетом геометрического, кинематического и динамического подобия. Приводятся масштабные множители этого сложного процесса.

Библиогр. 3.

УДК 627.141.1

Эзимов С. Э., Агабаев Н., Акгаев М.

Особенности формирования селевых потоков в условиях Туркменской ССР. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 188—192.

В статье излагаются общие условия формирования селевых потоков, приводятся некоторые данные о наносимом ими ущербе народному хозяйству. Рассматриваются особенности формирования селевых потоков в горных районах Туркмении. Приводится классификация селевых потоков и ставятся конкретные задачи по дальнейшему их изучению в условиях Туркменской ССР.

Табл. 1. библиогр. 5.

УДК 627.81

Кирста Б. Т.

К вопросу о расчете стока логов Юго-Западной Туркмении и способах его использования. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, 1977, с. 193—203.

На основании анализа материалов наблюдений на малых водосборах Западно-Туркменской стоковой станции установлено, что, вследствие значительной изменчивости выпадающих осадков по площади, расчетным путем можно получить только приближенные значения стока неизученных логов. Поэтому предлагается способ ориентировочного определения поверхностного стока по сумме годовых осадков и средним значениям коэффициентов стока для различных почвогрунтов. Показаны целесообразность широкого использования стока логов для обводнения пастбищ и ограниченные возможности его применения для устойчивого орошения земель. В рассматриваемом районе устойчивое орошение в большинстве случаев невозможно без строительства водохранилищ для многолетнего регулирования стока.

Табл. 3, библиогр. 11.

УДК 631.433.1

Бекиев К., Заманмурад Х., Яклычев А.

О тепловом режиме зоны аэрации почв Прикопетдагской зоны ТССР. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 204—207.

В статье характеризуется тепловой режим зоны аэрации среднесуглинистых светлых сероземов. Приводятся определенные методом Г. Х. Цейтина количественные значения термических коэффициентов, глубина суточных колебаний температур исследуемой почвы и суточный ход теплового потока в почву в период наивысших температур года.

Табл. 1, библиогр. 5.

УДК 551.573:631.421.3

Аманов Х. А.

Исследование суммарного испарения методом лизиметров и теплового баланса на хлопковом поле. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 208—212.

Автор рассматривает методы определения суммарного испарения на хлопковом поле и приводит формулы для их расчета.

Табл. 2, библиогр. 18.

УДК 551.573

Джуманазарова Т., Соколова В. А.

Расход воды полем томатов на транспирацию. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 214—218.

В статье показано, что расход воды полем томатов на транспирацию за период вегетации составляет 65—75% от суммарного испарения почвой. Наибольшая величина транспирации наблюдается в июле—августе и приходится на период наибольшего накопления надземной массы. С увеличением урожая величина транспирации возрастает, а транспирация на 1 ц урожая уменьшается.

Табл. 2, библиогр. 18.

УДК 551.573.631.421.3

Аманов Х. А.

Суммарное испарение с люцернового поля в невегетационный период. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 219—222.

В статье рассмотрены результаты лизиметрических исследований по выявлению влияния глубины залегания грунтовых вод, водоподачи и урожайности на величину суммарного испарения и испарения грунтовых вод с люцернового поля в невегетационный период.

Табл. 2, библиогр. 7.

УДК 631.671

Заманмурад Х., Джуманазарова Т.

Суммарное водопотребление полем овощных культур в условиях Прикопетдагской зоны ТССР. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 223—228.

Приводятся результаты изучения суммарного водопотребления полем овощных культур при глубине залегания грунтовых вод 1—3 м: годовая величина суммарного испарения полем томатов и лука составляет соответственно 1876—1639 мм и 1138—913 мм, использование грунтовых вод — 863—434 мм и 252—10 мм.

Табл. 2.

УДК 626.842.3

Ходжамурадов К., Чарыев А.

Поливы хлопчатника по бороздам-щелям в условиях подгорной равнины Копетдага. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем. Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 229—231.

Результаты исследований по изучению эффективности проведения полива по бороздам-щелям в условиях слабоводопроницаемых почв Гяурской долины отражены в данной статье. Полученные данные свидетельствуют о том, что проведение поливов по бороздам-щелям имеет значительные преимущества перед существующим способом полива по обычным бороздам.

Табл. 1, библиогр. 6.

УДК 626.842.3

Дурдыков А., Чарыев А.

Элементы техники предпосевного полива хлопчатника по бороздам в условиях подгорной равнины Копетдага. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 232—234.

В статье рассматриваются опытные данные по изучению элементов техники предпосевного полива по бороздам в условиях подгорной равнины Копетдага. Рекомендованы установленные оптимальные элементы техники бороздкового полива: на среднесуглинистых почвах при уклоне 0,0035 длину поливных борозд для предпосевного полива целесообразно принимать в пределах 400—500 м, поливную струю — 0,70—0,80 л/сек. При этом достигается хорошее качество полива и повышается производительность труда поливальщика.

Библиогр. 3.

УДК 624.134:626.81

Овлякулов С.

О размещении поливного участка при безуклонной планировке. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 235—239.

Автор характеризует систему безуклонной планировки и полива по бороздам, разработанную и внедренную в колхозе им. Калинина Ильинского района Ташаузской области Туркменской ССР. Приводятся результаты опыта по выяснению характера изменения объема земляных работ при горизонтальной планировке в зависимости от угла между направлениями уклона и длинной стороны планируемого участка. Установлено, что горизонтальная планировка экономична с точки зрения объема планировочных работ только в тех случаях, когда уклон местности не превышает 0,001.

Табл. 3, ил. 2.

УДК 626:624.13

Гафуров В. К., Григорьянц Р. А.

Расчет организации строительства каналов в пустынной зоне при ведении воды за фронтом работ. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 240—245.

В статье рекомендована общая методика расчета организации производства земляных работ с ведением воды за собой применительно к двум технологическим схемам сооружения русла канала. Приводятся зависимости, связывающие производительность применяемых механизмов с размерами разрабатываемого канала, грунтами, длиной производственных участков, графиком подачи воды и другими параметрами.

УДК 624.138.22

Гафуров В. К., Григорьянц Р. А., Лукутин И. Н.

О повышении устойчивости дамб Келифских озер. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 246—251.

По данным обследования дамб № 7, 9, 10 и 11 Келифских озер, приводятся инженерные свойства грунтов, слагающих тело дамб, рассмотрены вопросы устойчивости, рекомендован метод уплотнения дамб гидровибрационным способом. Даны рекомендации по выбору режима вибрации и оптимальной влажности уплотняемого грунта.

Табл. 2, ил. 2.

УДК 627.4:624.138.22

Лукутин И. Н.

Метод глубинного гидровиброуплотнения песчаных и лессовых грунтов и определение радиуса влияния гидровибратора. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 252—258.

В статье рассматривается метод глубинного гидровиброуплотнения песчаных и лессовых грунтов и на основе известных теоретических выводов о распространении колебаний вокруг глубинного вибратора предлагается зависимость для определения эффективного радиуса влияния гидровибратора при уплотнении песчаных грунтов.

Библиогр. 12.

УДК 627.522.1

Акмурадов Х., Ишанов Э.

О биологической защите пологих откосов плотин и дамб водохранилищ Туркменистана. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 259—267.

Характеризуются наиболее распространенные виды растительности на Тедженских водохранилищах, Хауз-Хане и Келифских озерах. Приводятся результаты наблюдений по изучению влияния растительности на динамику переформирования откосов и определения волногасящей способности зарослей. Рекомендуются мероприятия для создания надежной биологической защиты на водохранилищах в Туркменской ССР.

Табл. 1, ил. 3, библиогр. 13.

УДК 631.6.003

Кулов А., Сосницкая Л. А., Гуртджаев М., Сахатова К.

Эффективность использования орошаемых земель в Туркменской ССР. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 268—271.

В статье показано, что осуществление комплекса мелиоративных мероприятий, предусматривающее значительное улучшение мелиоративного состояния земель, связанное с устройством, переустройством и реконструкцией коллекторно-дренажной сети, капитальной планировкой и повышением водообеспеченности орошаемых земель, позволяет наиболее эффективно использовать орошаемые земли, увеличить объем производства, чистого дохода, повысить рентабельность производства и экономическую эффективность орошения в Туркменской ССР.

УДК 631.61:631.164.23.003

Моммадов С. М.

Некоторые резервы повышения эффективности капитальных вложений в освоение новых земель в зоне Каракумского канала. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 272—275.

Объем, структура и эффективность капитальных вложений в освоение новых земель в зоне Каракумского канала — вот основные вопросы, поднимаемые в статье. Вскрывается также необходимость освоения новых земель путем комплексного ведения ирригационного строительства с улучшением их мелиоративного состояния. Выявлены основные резервы повышения эффективности капитальных вложений в освоение новых земель.

Табл. 2.

УДК 631.6:631.1

Сахатова К. С.

Мелиорация земель — один из важнейших факторов интенсификации сельскохозяйственного производства. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 276—278.

В статье рассматривается влияние мелиоративных мероприятий на уровень сельскохозяйственного производства Ташаузской области. Показано, что мелиорация земель — весьма капиталоемкое мероприятие, однако позволяет не только возвратить вложенные средства, но и получить дополнительные доходы. В хозяйствах, где урожайность составила свыше 40 ц/га, на 1 га орошаемой пашни приходится: валового дохода — 1500 руб., чистого дохода — 600 руб. Дальнейшее осуществление ряда мелиоративных мероприятий даст возможность расширить посевные площади под сельхозкультурами.

Табл. 3.

УДК 633.511:631.559

Гарагулов М., Гуртджаев М.

Прогнозирование урожайности хлопчатника на мелиорируемых землях. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 279—283.

На примере конкретного хозяйства и в целом по Чарджоускому оазису анализируется изменение урожайности хлопчатника в зависимости от проводимых мелиоративных работ. Рассматривается предложенный метод прогнозирования урожайности, который может быть использован в плановых расчетах ближайшей перспективы для определения средней урожайности сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях.

Табл. 2, ил. 1.

УДК 631.587:631.164.23.003

Сосницкая Л. А.

Капиталовложения в орошаемое земледелие Тедженского оазиса и их экономическая эффективность. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 284—287.

В статье рассматриваются объемы и структуры капитальных вложений в ирригацию и в мелиорацию земель Тедженского оазиса, а также в сельскохозяйственное производство на орошаемых землях. Определяются объемы совокупных капитальных затрат в орошаемое земледелие за период полива из Каракумского канала и исчисляется их экономическая эффективность.

УДК 631.67.03.004.14.003

Кулов А.

Вопросы эффективного использования воды в Туркменской ССР. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 288—290.

В статье отмечается непродуктивное использование значительной части воды, подаваемой на орошение, что в основном объясняется техническим несовершенством оросительных систем, выполненных преимущественно в открытых земляных руслах. Рассматриваются такие важнейшие мероприятия по интенсификации использования воды, как строительство закрытых

трубопроводов и других технически оснащенных инженерных систем, осуществление постоянного учета в водопользовании, создание материального стимула водопотребителей и хозрасчетных отношений между водоподающими и водопотребляющими организациями.

УДК 632.954:626.823.915

Муллиев К.

Полевые исследования по химической стерилизации грунта, подстилающего асфальтобетонную облицовку канала. «Повышение эффективности гидромелиоративных систем». Ашхабад, «Ылым», 1977, с. 290—299.

В статье обобщены результаты полевых исследований по химической стерилизации грунтов, подстилающих асфальтобетонную облицовку оросительных каналов, различными гербицидами и их смесями. Рассматриваются наиболее перспективные препараты, их дозы и эффективность в зависимости от технологии внесения. Приведены аналитические данные по передвижению и инактивации гербицидов в грунтах обработанных каналов.

Табл. 2, библиогр. 10.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 1

Аманов Х. А., Сапаров Б. Развитие гидромелиорации в Туркменской ССР за годы Советской власти . . . 3

Назармамедов О. Мелиоративное состояние орошаемых земель в зоне Каракумского канала 22

Назармамедов О., Иомудская Д., Каграманов Ю. Моделирование группы взаимодействующих вертикальных скважин, работающих в условиях орошения . . 29

Назармамедов О., Изингер А. Ф. Изучение промывок на фоне горизонтального дренажа 34

Новицкая Ю. П., Новицкий В. А. Расчет инфильтрационного расхода в слоистых грунтах 39

Григорьев В. М., Поплавский В. В. Расчет фильтрации в неограниченном пласте к одиночным рядам несовершенных скважин при постоянных в них понижениях . . . 43

Ниязов О. Гидрогеологическая характеристика орошаемых массивов предгорной равнины Копетдага 48

Калантаев В. А. Об оптимальном режиме грунтовых орошаемых земель 56

Атаев С. Гидрогеолого-литологическая характеристика низовья р. Атрек 62

Джораев Б., Мальцев Л. М. Режим грунтовых вод долины среднего течения Амударьи 67

Гарагулов М. Ч. Прогнозирование фильтрационных потерь воды из Мадауского водохранилища 77

Юматов К. С. Об авторегулировании водораспределения в межхозяйственных закрытых оросительных системах . 84

Белоус А. Т., Новохатский А. А., Рогачевский Л. Я., Феоктистов А. А. К вопросу построения цифровых датчиков для частотных систем телемеханики 89

Белоус А. Т. Кодовые преобразователи уровня жидкости для протяженных оросительных систем 108

Балакаев Б. К., Агабаев Н., Верин Н. И. Натурные исследования транспортирующей способности лотковой сети в зоне орошения Каракумского канала 120

Коваленко Р. И. Графический метод расчета динамики осаждения в головных отстойниках 127

Коваленко Р. И. Результаты исследований режима наносов оросительных систем зоны Каракумского канала . . 132
Кирста Б. Т. Гранулометрический состав взвешенных наносов рек Туркмении 140
Алтунин В. С., Аннаев С. А., Аширов С. А., Писарев Ю. В. Результаты полевых исследований и теоретические предпосылки к расчету плановых деформаций легкоразмываемых берегов 159
Часов Ш. Методика гидравлического моделирования деформаций русла в нижнем бьефе перегораживающих сооружений Каракумского канала 169
Аширов С. А. Исследование противодейгинных прорезей на среднем участке Амударьи 176
Ашыров А. Распределение мутности по глубине потока. 180
Доктор Ф. Ш., Михайлянц М. М. О моделировании процесса обрушения подрезанного и подверженного вибрациям глинистого грунта в подводном забое 184
Эзимов С. Э., Агабаев Н., Акгаев М. Особенности формирования селевых потоков в условиях Туркменской ССР 188
Кирста Б. Т. К вопросу о расчете стока логов Юго-Западной Туркмении и способах его использования . . . 193
Бекиев К., Заманмурад Х., Язкычев А. О тепловом режиме зоны аэрации почв Прикопетдагской зоны ТССР 204
Аманов Х. Исследование суммарного испарения методом лизиметров и теплового баланса на хлопковом поле . . 208
Джуманазарова Т., Соколова В. А. Расход воды полем томатов на транспирацию 214
Аманов Х. Суммарное испарение с люцернового поля в невегетационный период 219
Заманмурад Х., Джуманазарова Т. Суммарное водопотребление полем овощных культур в условиях Прикопетдагской зоны ТССР 223
Ходжамурадов К., Чарыев А. Поливы хлопчатника по бороздам — щелям в условиях подгорной равнины Копетдага 229
Дурдыков А., Чарыев А. Элементы техники предпосевного полива хлопчатника по бороздам в условиях подгорной равнины Копетдага 232
Овлякулов С. О размещении поливного участка при безуклонной планировке 235
Гафуров В. К., Григорьянц Р. А. Расчет организации строительства каналов в пустынной зоне при ведении воды за фронтом работ 240
Гафуров В. К., Григорьянц Р. А., Лукутин И. Н. О повышении устойчивости дамб Келифских озер . . . 246
Лукутин И. Н. Метод глубинного гидровиброуплотнения песчаных и лессовых грунтов и определение радиуса влияния гидровибратора 252
Акмурадов К., Ишанов Э. О биологической защите пологих откосов плотин и дамб водохранилищ Туркменистана 259
Кулов А., Сосницкая Л. А., Гуртджаев М., Сахатова К. Эффективность использования орошаемых земель в Туркменской ССР 268
Моммадов С. Некоторые резервы повышения эффективности капитальных вложений в освоение новых земель в зоне Каракумского канала 272
Сахатова К. Мелиорация земель — один из важнейших факторов интенсификации сельскохозяйственного производства 276
Гарагулов М. Ч., Гуртджаев М. Прогнозирование урожайности хлопчатника на мелиорируемых землях . . 279
Сосницкая Л. А. Капиталовложения в орошаемое земледелие Тедженского оазиса и их экономическая эффективность 284
Кулов А. Вопросы эффективного использования воды в Туркменской ССР 288
Муллиев К. Полевые исследования по химической стерилизации грунта, подстилающего асфальтобетонную облицовку канала 291
Библиографические карточки . . . . 300—312

Повышение эффективности гидромелиоративных систем

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
АН Туркменской ССР

Редактор издательства *Л. Дрямова*
Технический редактор *Г. Артыкова*
Художественный редактор *А. Агаева*
Корректоры *Е. Камнева, Т. Ермакова, А. Евсеенко*

Сдано в набор 25/V 1976 г. Подписано к печати 23/II 1977 г. Формат 60×90¹/₁₆. Привед. печ. л. 19,5. Уч.-изд. л. 16,16. Тираж 1000 экз. Заказ 5997. Изд. № 28.
Цена 1 р. 87 к. И—04113.

Издательство «Ылым» АН ТССР.
744000, Ашхабад, ул. Энгельса, 6.
Типография АН ТССР.
744012, Ашхабад, ул. Ростовская, 92а.