

626.8

С-45

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ  
«СРЕДАЗГИПРОВОДХЛОПОК» имени А. А. САРКИСОВА

**В О П Р О С Ы**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ**  
**РАБОТЫ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ**  
**СИСТЕМ СРЕДНЕЙ АЗИИ**

Сборник научных трудов

Выпуск 7

Ташкент—1976

626.8  
С-75

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

Ордена Трудового Красного Знамени институт  
„Средазгипроводхлопок“ имени А. А. Саркисова

В О П Р О С Ы  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РАБОТЫ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ  
СИСТЕМ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Сборник научных трудов

Выпуск 7



Ташкент—1976

55334

В сборнике освещаются вопросы мелиорации засоленных земель, проектирования и расчета гидросооружений, автоматизации ирригационных объектов, эффективности развития орошения в Средней Азии. Рассмотрены гидрогеологические условия бассейна Аральского моря и их возможные изменения в связи с развитием орошения.

Материалы сборника могут быть использованы работниками научно-исследовательских и проектных институтов, а также в практике гидромелиоративного строительства.

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ф.А.Абуталиев, Н.М.Алевиев, В.И.Антонов, А.П.Воронов,  
М.Х.Кондраков (ответственный за выпуск), Ф.Ш.Мухамеджанов,  
Б.Я.Нейман, Э.Л.Окулич-Козарин, Г.Н.Павлов, А.В.Петров,  
А.К.Пужко, Л.А.Фримерман, В.Р.Шредер, Ф.Я.Эйнгорн

Ответственный редактор В.А.Духовный

Сборник подготовлен институтом "Средазгипроводхлопок"

По плану 1976г.



Среднеазиатский научно-исследовательский институт  
иригации имени В.Д.Журина "САНИРИ", 1976.

УДК 631.6:333

А.П.Воронов, нач.отдела  
К.А.Ракитин, нач.отдела  
(Средазгипроводхлопок)

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
РАЗВИТИЯ ИРРИГАЦИИ И ПОЛИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ  
В РЕСПУБЛИКАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ И ЮЖНОМ КАЗАХСТАНЕ

Государственная программа развития мелиорации земель и роста сельскохозяйственного производства, осуществляемая в нашей стране, направлена на последовательное решение задачи полного удовлетворения всевозрастающих потребностей населения в промышленной и сельскохозяйственной продукции.

Орошение земель, в частности, являясь основополагающим фактором научно-технического прогресса в сельском хозяйстве, обеспечивает решение многих народнохозяйственных и социальных проблем, в том числе развитие экономики районов, расположенных в засушливых зонах.

Особенно велика роль орошения для Средней Азии и Южного Казахстана - наиболее древнего и самого крупного района орошаемого земледелия, где в настоящее время сосредоточено более 50% поливных земель страны.

По своим природно-хозяйственным условиям Средняя Азия и Южный Казахстан - уникальный регион с самыми высокими в Советском Союзе термическими ресурсами, что позволяет выращивать здесь многие ценные теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, в том числе тонковолокнистый хлопчатник. Здесь сосредоточено более 95% союзного производства хлопка-сырца, в том числе 100% тонковолокнистых сортов, 40% производства риса, более 30% производства фруктов и винограда, практически

все производство шелковичных коконов, кенафа, каракульских смушек и другое.

По объему промышленного и сельскохозяйственного производства, численности населения, энергоресурсам — это один из крупнейших экономических районов страны. Являясь основной базой хлопководства, он располагает большими потенциальными возможностями в увеличении производства зерна, мяса, молока, овощей, фруктов для обеспечения потребностей населения края и поставок свежей продукции в течение семи-девяти месяцев в году в другие республики страны.

Однако производство основных наиболее ценных технических и продовольственных сельскохозяйственных культур здесь возможно только при искусственном орошении. Орошение в данном районе имеет многовековую историю, традиции и оказывает огромное влияние в плане социальном и экономическом на развитие среднеазиатских республик и Южного Казахстана.

Орошаемое земледелие является основой сельскохозяйственного производства и дает свыше 80% сельскохозяйственной продукции. Площадь орошаемых земель к началу 1976 г. достигла 6 млн. га, что составляет более 50% орошаемого фонда страны.

В рассматриваемой зоне орошаемые земли занимают лишь 4% сельскохозяйственных угодий, богарная пашня — 3% и пастбищные угодья — 93%. Богарное земледелие размещается преимущественно в предгорных районах, где атмосферные осадки составляют 300-400 мм в год. Это позволяет выращивать коротко-вегетационные сельскохозяйственные культуры, главным образом колосовые зерновые. Однако продуктивность богарных земель невысокая и по годам сильно колеблется, что объясняется периодическими засухами. Обширные пастбищные угодья, в основном пустынного и полупустынного типа, используются для выпаса овец.

И хотя орошаемые земли в этой зоне занимают только 4% сельскохозяйственных угодий, при соответствующем уровне агротехники они дают валовой продукции во много раз больше, чем богарные.

Громадный фонд свободных земель, агроклиматические условия, благоприятные для выращивания ценных теплолюбивых

культур, трудовые ресурсы, имеющийся многовековой опыт орошения, развитые промышленность и транспорт — все это предопределяет дальнейшее интенсивное развитие орошаемого земледелия в республиках Средней Азии и Южном Казахстане.

Рассматриваемая территория отличается такими демографическими особенностями, как высокий естественный прирост населения, который более чем вдвое превышает общесоюзные показатели, интенсивная положительная миграция населения из других республик страны, ускоренный рост трудовых ресурсов.

Высокие темпы развития промышленности и городов привели к существенному перераспределению городского и сельского населения. Однако удельный вес последнего в общей численности населения остается достаточно высоким (свыше 60%), что при систематическом росте производительности труда в сельском хозяйстве создает сложную проблему размещения и рационального использования трудовых ресурсов.

В среднеазиатских республиках и Южном Казахстане за годы Советской власти проведена колоссальная работа по развитию орошения, однако быстрый рост населения, в том числе сельского, способствует тому, что нагрузка орошаемых земель на одного сельского жителя невысокая — 0,4 га.

Несмотря на наличие благоприятных природно-экономических условий, уровень развития сельскохозяйственного производства не полностью отвечает нуждам народного хозяйства. В частности, овощей, фруктов, мяса, молока, бахчевых, винограда производится недостаточно для снабжения населения края и поставки в другие районы страны.

Анализ современного состояния производительных сил и природно-экономических предпосылок для их развития позволяет сделать выводы о том, что, сохраняя значение основной хлопковой базы страны, среднеазиатские республики должны играть более важную роль в общесоюзном разделении труда в других отраслях сельскохозяйственного производства. Быстрый рост населения здесь диктует необходимость значительного развития всех отраслей сельского хозяйства, обеспечивающих производство в необходимом количестве продуктов питания для собственных нужд и для поставки в другие республики. Такая задача вполне выполнима, если учесть, что в Средней Азии и Южном Казахстане есть

огромные массивы высокоплодородных земель, пригодных для орошения (свыше 58 млн.га), но используемых в большей своей части под малопродуктивные пастбищные угодья и богарное земледелие.

Основное направление перспективного развития народного хозяйства Средней Азии и Южного Казахстана — это широкое развитие орошаемого земледелия в целях увеличения производства хлопка, риса, овощей, фруктов, а также продукции животноводства. Причем планируемый объем производства основных видов сельскохозяйственной продукции определяется как внутренними потребностями рассматриваемого района, так и общегосударственными интересами.

Прежде всего это относится к наиболее ценному промышленному сырью — хлопку, производство которого в Средней Азии в недалекой перспективе намечено увеличить почти в два раза. Производство зерна возрастет в 3,5–4 раза, овоще-бахчевой продукции — в 2,5–3 раза, мяса — в 3–3,5 раза, молока — более чем в 2,5 раза и т.д.

Для выполнения этой программы необходимо, наряду с дальнейшей интенсификацией сельскохозяйственного производства, увеличить фонд орошаемых земель в республиках Средней Азии и Южном Казахстане до 13,7 млн.га.

Это, безусловно, требует основательного решения проблемы водообеспечения народного хозяйства среднеазиатского района, который, при наличии больших потенциальных возможностей, располагает ограниченными водными ресурсами при крайне неравномерном распределении водотоков по территории, причем сток отдельных водных источников уже близок к исчерпанию.

Планомерное развитие орошаемого земледелия в данном районе требует осуществления большого комплекса технических мероприятий, обеспечивающих наиболее рациональное использование собственных водных источников, всемерную экономию воды и сохранение ее качества в водотоках.

В решении проблемы водообеспечения всех потребителей Средней Азии и Южного Казахстана четко определены три основных направления:

1) регулирование и перераспределение стока среднеазиатских рек;

2) строительство на массивах нового орошения совершенных инженерных систем и переустройство существующих оросительных систем с повышением их КПД;

3) переброска части стока сибирских рек в Среднюю Азию.

Предварительные расчеты показывают, что в рассматриваемом экономическом районе потребуются существенное увеличение капитальных вложений в строительство крупных гидротехнических сооружений регионального характера, ускорение переустройства систем существующего орошения, непрерывное наращивание ввода новых орошаемых площадей.

Намечаемые масштабы развития орошения и освоения новых земель, переустройство систем существующего орошения связаны с выполнением больших объемов работ и значительными капиталовложениями. Общий объем капиталовложений для осуществления проектных объемов работ по мелиорации земель составит более 50 млрд.руб. (без стоимости намеченной переброски части стока сибирских рек).

Процесс интенсификации сельского хозяйства будет сопровождаться увеличением капиталовложений в создание основных фондов сельскохозяйственного назначения на землях нового орошения, в обновление основных фондов существующих сельскохозяйственных предприятий: укрупнение сельских поселков, строительство ферм, ремонтных предприятий и т.д.

Предстоит вложить большие средства в завершение комплексной механизации отраслей производства, в улучшение породного состава скота и структуры многолетних насаждений и другое.

В целом основные фонды на орошаемых землях республик Средней Азии и Южного Казахстана составят в перспективе 84,5 млрд.руб.

Рост капитальных вложений и основных фондов обеспечит повышение фондо- и энерговооруженности труда, его производительности, снижение себестоимости и повышение чистого дохода, улучшение использования земель, значительный рост оплаты труда в сельскохозяйственных предприятиях. Основные ожидаемые на перспективу показатели интенсификации сельского хозяйства: на 1 чел.-день производство валовой продукции - 22 руб.; на 1 руб. основных производительных фондов - 0,29 руб. валового дохода и 0,14 руб. чистого дохода.

Принимая во внимание масштабы и характер проблемы, произведены расчеты прироста национального дохода (чистой продукции) с учетом рекомендации отраслевой инструкции (методики) по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обводнения пастбищ, утвержденной Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР по согласованию с Госпланом СССР в 1972 г., об отнесении части налога с оборота от реализации продукции промышленной переработки хлопка и другого сырья на сельское хозяйство.

На перспективу по экономическому району расчетный валовой общественный продукт составит 35 млрд.руб., национальный доход (чистая продукция) в сельском хозяйстве - 23,9 млрд.руб. при материальных затратах 11,1 млрд.руб.

При этом дополнительный национальный доход, относимый на эффект орошения, составит 14,8 млрд.руб., или свыше 60% всего прироста национального дохода в сельском хозяйстве.

Коэффициент абсолютной экономической эффективности капиталовложений на перспективу планируется 0,25. Валовой общественный продукт и национальный доход на 1 м<sup>3</sup> водопотребления будет соответственно 0,217 и 0,148.

На 1 га орошаемой площади валовой общественный продукт составит 2,6 тыс.руб., национальный доход - 1,7 тыс.руб.

На одного работника, занятого в сельском хозяйстве, валовой общественный продукт намечен в 7,0 тыс.руб., национальный доход - 4,8 тыс.руб.

Приведенные цифры показывают, что орошаемое земледелие в среднеазиатском экономическом районе высокоэффективно.

Как было отмечено выше, все показатели даются без стоимости работ по переброске части стока сибирских рек, необходимого для пополнения водных ресурсов региона. Безусловно, учет затрат по переброске несколько изменит приведенные показатели эффективности орошения.

Вместе с тем развитие орошения не ограничивается лишь эффективностью сельскохозяйственного производства в Средней Азии и Южном Казахстане.

Об экономической целесообразности развития орошения в этой зоне свидетельствуют и другие факторы. Один из них -

обеспечение северных районов страны в больших количествах ранней и сверхранней продукцией овощеводства, садоводства, виноградарства и другое (до 30% потребности этих районов).

По ориентировочным расчетам, завоз продукции из Средней Азии и Южного Казахстана в северные районы страны даст в перспективе дополнительный эффект в виде экономии в ежегодных издержках производства и транспортных расходах в размере 1,2 млрд.руб. Кроме того, сократятся единовременные затраты на 10 млрд.руб.

Таким образом, в плане общесоюзного разделения труда и углубления специализации экономических районов развитие орошения в Средней Азии и Южном Казахстане имеет большое народнохозяйственное значение.

Развитие орошения в рассматриваемом районе будет иметь определенное социальное значение в свете решения проблемы эффективного использования трудовых ресурсов.

С учетом роста производительности труда в сельском хозяйстве мероприятия по развитию орошения в намечаемом районе позволят создать дополнительно 3,5 млн.рабочих мест, значительно повысить уровень материального благосостояния сельских тружеников.

В аспекте долгосрочной программы развития народнохозяйственного комплекса на основе рационального использования водных и земельных ресурсов страны следует учитывать высокую эффективность развития орошения в Средней Азии при огромных потенциальных возможностях производства здесь ценной сельскохозяйственной продукции.

УДК 551.49:634.6

Н.М.Игнатилов, гл.спец.  
(Средазгипроводхлопок)

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО  
МОРЕ И ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ В СВЯЗИ С ПЕРСПЕК-  
ТИВНЫМ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ РАЗВИТИЯ ОРОШЕНИЯ

Бассейн Аральского моря и сопредельные Западно-Туркменская и Прикаспийская низменности занимают территорию Советской Средней Азии и характеризуются многообразием природных условий. Здесь наблюдаются разительные перепады высот — от депрессий, залегающих ниже уровня мирового океана, до высокогорий с абсолютными отметками 6-7 тыс.м и более. Общее повышение поверхности происходит от западных и северо-западных районов Туркмении и Казахстана к восточным и юго-восточным Таджикистана и Киргизии. Ориентировка основных горных хребтов на юге широтная и субширотная (горные страны Тянь-Шань, Алай, Памир, Гиндукуш), на востоке — северо-западная (хребет Каратау и Чу-Илийские горы) и на севере — меридиональная (Мугоджары, горные возвышенности Центрально-Казахстанского мелкосопочника). Такое строение поверхности земли создает предпосылки для формирования разобщенных в горной части и сливающихся по мере продвижения на равнины бассейнов поверхностного и подземного стока. Гидрогеологические особенности этих бассейнов предопределяются их географическим положением, климатическими условиями и геологическим строением.

Вся рассматриваемая территория представлена платформенными и горно-складчатыми областями, в строении которых участвуют породы самого различного происхождения, состава и возраста —

от докембрийских до современных. Северная часть ее, со сравнительно неглубоким сильно дислоцированным фундаментом и относительно слабо нарушенным покровом мезокайнозоя, почти целиком лежит в пределах Туранской плиты эпигерцинской платформы, а южная охватывает области геосинклинали альпийского цикла горообразования, где древние породы либо обнажаются на поверхности земли, либо лежат на глубине до 9-11 км под мощной толщей более поздних осадков.

Самые древние породы: гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты, граниты, порфириды, туфы архея и протерозоя — распространены в Мугоджарах, Центрально-Казахстанском мелкосопочнике, хребте Каратау, Центральном Тянь-Шане, на Памире, реже в горах Таджикистана. Следующая, палеозойская группа пород имеет повсеместное распространение как в горной области, так и на равнинах Центрально-Казахстанского мелкосопочника и Бетпакдалы. Представлена она глинисто-сланцевыми толщами, туфо-песчаниками, конгломератами, известняками, алевролитами, эффузивами (от кислого до основного состава) общей мощностью до 10-15 км.

Породы мезозоя залегают на преобладающей части территории в основании более молодых толщ, а обнажаются на участках приподнятых структур в пределах равнин и у подножий горно-складчатых сооружений. Низы мезозоя представлены в основном континентальными фациями: конгломератами, песчаниками, глинами, но в горах Таджикистана известна мощная толща морских юрских известняков, а в Южной Фергане — вулканогенный комплекс. Породы меловой системы в горах состоят из континентальных конгломератов, гравелитов, песчаников и песков, а во впадинах — из морских пестроцветных глин, алевролитов, песчаников и песков с прослоями известняков и мергелей. В Казахстане континентальный облик меловые отложения имеют в хребте Каратау и к северу от него. В западных и юго-западных районах морские глины и песчаники мела часто покрыты толщей известняков, низы которых относятся к мелу, а верхи — к нижнему палеогену.

Палеоген встречается повсеместно как на равнинах, так и у подножий горно-складчатых областей. Он имеет морское происхождение, за исключением восточной части Сарысуйской

котловины и Приташкентского района, где верхний, а иногда средний и нижний палеоген слагаются лагунными и континентальными породами.

Неоген на большей части территории представлен в нижней половине глинами и известняками, перекрытыми конгломератами и песчаниками, в Фергане — глинистыми породами с гипсом и каменной солью, в Северном Приаралье, Тургае и Бетпаедале — зеленовато-серыми, иногда бурыми глинами с прослоями мергелей, известняков, глинистых песчаников и песков.

Отложения четвертичной системы имеют распространение как в горной, так и в равнинной областях и отличаются весьма разнообразной мощностью: от сантиметров и метров на склонах гор и пластовых равнин до десятков и сотен метров во впадинах и на водоразделах равнинных рек. Происхождение и состав их также различны.

Нижнечетвертичными континентальными осадками ( $Q_I$ ) сложены древние речные террасы в горах и на равнинах, низы высоких предгорных равнин и морены древнейших полупокровных оледенений в высокогорье. Представлены они валунниками, галечниками, часто сцементированными до конгломератов, песками и суглинками мощностью от единиц до сотен метров, а в Фергане и Юго-Западном Узбекистане до 800–1500 м. Морские отложения встречаются в Прикаспийской низменности и состоят из песчано-глинистых, реже песчано-галечниковых отложений бакинского горизонта мощностью от 1–2 до 50 м и более.

В среднечетвертичное время ( $Q_{II}$ ) образовались речные террасы четвертого и третьего этажей, коррелятивные им дельтавно-пролювиальные осадки и морены второго долинного и полупокровного оледенений. В горной области породы представлены в основном валунно-галечниками и галечниками, покрытыми лессовыми породами, а в равнинной — песками, суглинками и глинами. На Мангышлаке и в Прикаспийской низменности в это время отложились морские известняки и известковистые песчаники хазарского горизонта.

В верхнечетвертичное время ( $Q_{III}$ ) сформировались аллювиально-пролювиальные осадки верхних надпойменных террас (второй этаж), озерные, дельтовые и морские отложения, состоящие из галечников, песков, перекрытых лессовидными суглин-

ками и супесями, реже из глин, илов и солевых грязей впадин, а также морены последнего полупокровного оледенения.

Современные отложения ( $Q_{IV}$ ) представлены комплексами долинных и каровых ледников, аллювием пойм и первых (одной-двух, в горной области до трех) надпойменных террас, озерными и морскими осадками. Это, в основном, валуно-галечники, пески, песчано-глинистые и глинистые породы небольшой мощности (до 5-10, редко до 30-40 м).

Помимо перечисленных выше отложений, разделенных по отделам системы, на территории бассейна, особенно в Казахстане, широко распространены нерасчлененные осадки четвертичного возраста. Это золотые пески в пределах пустынь, пылеватые суглинки водоразделов Тургайских равнин, элювиальные и элювиально-делювиальные суглинки и супеси, часто с содержанием щебня, на Мамгышлаке, Устюрте, в Мугоджарах и Центрально-Казахстанском мелкосопочнике, пролювиальные и пролювиально-делювиальные пески с галькой и щебнем и суглинки или глины у подножий изрезанных склонов столовых равнин и останцовых возвышенностей, алевроитистые глины такыров, поваренная соль и пестроцветные глины в озерах Челкарского прогиба и бассейна Турган.

В тектоническом строении рассматриваемой территории участвуют области Русской платформы, Уральской, Казахстанской и Тибетанской геосинклиналей, альпийских поднятий Копетдага и Памира, а также Туранского койлогенного покрова. Эти крупные геотектонические области отделены друг от друга зонами глубинных разломов; кроме того, отдельные глубинные разломы в центре бассейна расчленяют его на западную и восточную половины. В настоящее время материковые платформы слабо подвержены проявлениям новейших тектонических движений с малыми градиентами и с преобладанием общих поднятий (Казахстанский мелкосопочник, Улутау, Центрально-Кызылкумские горы, Мангышлак, Большой Балхан, Каршинская степь). Платформенными впадинами, испытывающими на протяжении неоген-четвертичного времени опускание, являются Прикаспийская и Сарыкамышская, Центрально-Кызылкумская и впадина Юго-Восточных Каракумов. Орогенные области характеризуются интенсивными проявлениями новейших тектонических движений с большими градиентами и с

преобладанием общих поднятий, что находит отражение в сосредоточении районов сильных землетрясений в пределах этих областей — здесь выделяются зоны с сейсмичностью от 6 до 9 баллов. Район сейсмичности в 6 баллов проходит несколько севернее границы между орогенными и платформенными областями; к югу от него сейсмичность повышается и территория относится к сейсмически опасной.

В соответствии со сказанным, в бассейне Аральского моря можно выделить два основных вида форм рельефа: горный и равнинный. Для горного вида характерны денудационно-тектонический, структурно-денудационный, аккумулятивный и нивальный типы рельефа. Для континентальных равнин основными типами являются структурный, денудационный, ледниково- и эрозионно-аккумулятивный; дефляционно-аккумулятивный и различные их сочетания; для прибрежно-морских равнин — абразионно-аккумулятивный и аккумулятивно-регрессионный.

Формирование осадков четвертичного возраста, которые принимают активное участие в образовании форм рельефа, тесно связано с естественноисторическими условиями и современными геодинамическими процессами. Сравнительно тонкий четвертичный покров все время подвергается изменению, передвижению и переотложению. Основные генетические группы осадков: элювиальная, гравитационная, водная, гляциальная, субэральная и органическая. Большинство из них имеет специфический характер и ограниченные районы распространения, а водная и субэральная группы развиты повсеместно — от высоких гор до морских впадин. Почти все типы водной группы (делювиальный, пролювиальный, аллювиальный, аллювиально-озерный и аллювиально-морской, озерный и морской) непосредственно участвуют в формировании четвертичных осадков в соответствии с силой и характером потоков и водоемов. В областях интенсивного горообразования эти отложения отличаются наибольшей мощностью и более крупным составом фракций (преобладают валунно-галечники, пески), для платформенных равнин характерны небольшие мощности (до 20–50 м, редко более) и мелкий состав фракций (преобладают глинистые грунты и пески). В зоне пустынь большую роль играет ветер, благодаря которому древнеаллювиальные равнины, занимающие почти все пространство пустынь, за исключением

приподнятых плато и останцов гор, приобрели современный вид.

Своеобразный характер формирования четвертичных отложений отмечается на равнинах Центрального и Западного Казахстана, где в настоящее время преобладающим фактором является денудация. Здесь склоны возвышенных участков прикрыты элювизально-делювиальными отложениями, а в местах, где осадков выпадает незначительное количество, преобладает элювий.

Подземные воды повсеместно распространены в отложениях всех генетических типов и различных возрастов. Горные массивы и мелкосопочники на равнинах, сложенные скальными породами палеозоя и древнее, содержат трещинные, трещинно-карстовые и трещинно-жильные воды, которые в большинстве случаев, исключая отдельные районы Казахстанского мелкосопочника и Бетпакдалы, имеют невысокую минерализацию и почти полностью расходятся на формирование речного стока. Межгорные впадины, предгорные прогибы и платформы обычно содержат подземные воды трещиноватой зоны складчатого фундамента, межпластовые преимущественно артезианские воды мезозоя, палеогена и неогена и грунтовые поровые воды четвертичных, иногда более древних отложений. Тесная взаимосвязь между грунтовыми и напорными водами проявляется в пределах предгорных и подгорных равнин и в долинах рек, где осуществляется формирование потоков подземных вод и переход их из безнапорного в напорное состояние.

Мощными аккумуляторами грунтовых вод в горной области наравне с трещиноватыми и закарстованными коренными породами служат крупнообломочные отложения межгорных впадин, предгорных и подгорных равнин. По мере продвижения от гор на равнины поровые грунтовые воды разобщаются по отдельным бассейнам, обусловленным тектоническим строением. Каждому такому бассейну в зависимости от особенностей водовмещающих пород присущи определенные закономерности гидрогеологических процессов, четко выраженные во всех зонах — от питания до разгрузки.

В зоне питания, которое осуществляется за счет фильтрации трещинных вод и инфильтрации поверхностных в рыхлые породы конусов выноса, грунтовые воды характеризуются значительными скоростями передвижения, имеют невысокую минерализацию (от

ультрапресных до солоноватых), гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатный состав, крутые уклоны и глубину залегания уровня более 20-50м. В зонах транзита и разгрузки в пределах плоских аллювиальных и пролювиальных равнин грунтовые воды приурочены в основном к песчаным и супесчано-суглинистым грунтам, обладают более высокой минерализацией и близким залеганием уровня к поверхности земли. Здесь они принимают активное участие в почвообразовательных процессах и являются мощным фактором, обуславливающим состояние земель, используемых для возделывания сельскохозяйственных культур. Здесь же они получают дополнительное подпитывание от инфильтрации поверхностных оросительных и атмосферных вод, а расходуются в основном на испарение, транспирацию и выклинивание; подземный отток в сторону песчаных равнин обычно незначителен. В пустынях минерализация воды, исключая редкие линзы опресненных вод реликтового, инфильтрационного и конденсационного происхождения, повышенная, а в зонах разгрузки распространены, как правило, высокоминерализованные воды сульфатного и хлоридного состава вплоть до рассолов.

На равнинных пространствах платформенных областей основным источником питания грунтовых вод является инфильтрация атмосферных осадков, в долинах рек частичное подпитывание происходит за счет инфильтрации поверхностных вод в паводковый период (р.Иргиз, Сарысу) или за счет подземного перетекания из других горизонтов (бассейн р.Тургай). Расходуются эти воды в основном на испарение (в том числе внутригрунтовое) и транспирацию растениями, на перетекание в нижележащие горизонты и на хозяйственные нужды. В зависимости от условий питания минерализация их весьма разнообразна. Так, в морских отложениях Прикаспийской низменности высокая минерализация грунтовых вод обусловлена наличием соляных водоемов, солов, соляных куполов и только на окраине низменности, в результате инфильтрации атмосферных осадков, образуются пресные и слабосоленоватые воды. Золовые массивы песков отличаются наличием пресных (в развеваемых песках) и солоноватых (до 3 г/л) вод в центральной части массивов, солоноватых и соленых вод к периферии (в бассейне р.Сарысу до 50 г/л). В водах аллювиальных отложений речных долин обычное содержание солей состав-

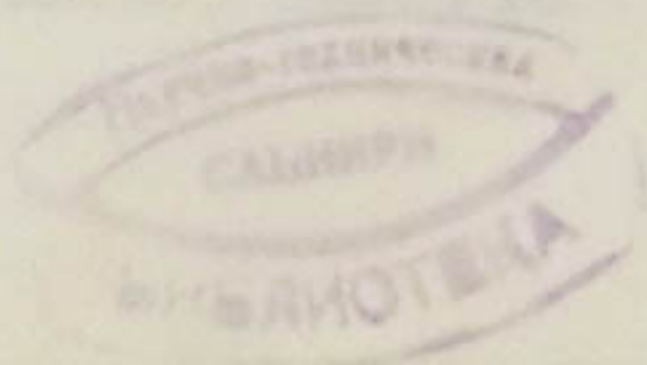
ляет 1-3 г/л, к низовьям увеличивается до 3-5 г/л, а в отдельных случаях до 10-15 г/л и более (долина р. Тургай). На водоразделах минерализация грунтовых вод до 3 г/л, в местах распространения глинистых пород при неглубоком залегании уровня (до 2 м) 20-50 г/л.

Трещинные грунтовые воды платформенных областей также имеют пеструю минерализацию, которая объясняется степенью водообмена и составом водовмещающих пород. Здесь встречаются как ультрапресные гидрокарбонатные воды (в интрузивных массивах Центрально-Казахстанского мелкосопочника), так и сильно солоноватые хлоридные воды терригенных осадков протерозоя (Бетпакдалы).

Глубина залегания уровня грунтовых вод в пределах платформенных областей также весьма разнообразна. Наименьшая глубина (до 5 м) наблюдается на низких речных террасах, во впадинах, понижениях и на равнинных участках при неглубоком залегании водоупорных коренных пород; наибольшей глубиной залегания уровня (до 15-50 м) обладают повышенные участки равнин, водоразделы, низкогорья и возвышенные столовые равнины.

Значительные изменения гидрогеологических условий, сложившихся под влиянием естественнoисторических факторов, наблюдаются на землях нового и старого орошения. В настоящее время развитие орошения осуществляется на огромных массивах равнинных пространств всех республик Средней Азии и в Южном Казахстане. Опыт строительства и эксплуатации оросительных систем показывает, что только небольшие площади высоких предгорных равнин и верхних речных террас в горной области и в предгорьях обладают достаточной естественной дренированностью и при орошении земель, занятых главным образом под посевы хлопчатника, не требуют строительства искусственного дренажа. Все же остальные орошаемые земли равнин освоены с применением искусственного дренажа, причем во многих районах нового орошения (Голодная и Каршинская степи, Центральная Фергана и др.) строительство его осуществляется одновременно с освоением территории.

Гидрогеолого-мелиоративное районирование орошаемых и подлежащих орошению земель, проведенное на основе регионального районирования грунтовых вод с тщательным анализом геомор-



фолого-литологических, гидродинамических и гидрохимических особенностей территории и распространенных на ней грунтовых вод, позволило Н.Н.Ходжибаеву [1] выделить две основные провинции:

- геосинклинальную предгорно-горную с высотно-зональными грунтовыми водами;
- платформенную равнинно-низменную с широтно-зональными грунтовыми водами.

Каждая из провинций в гидродинамическом и гидрохимическом отношении, как видно из сказанного ранее, обладает своими, присущими только ей характерными чертами.

В горной части геосинклинальной провинции грунтовые воды пресные, гидрокарбонатного типа, безнапорные, естественно-подреннированные. Питание их происходит на месте за счет инфильтрации атмосферных осадков. Подземный сток резко преобладает над испарением, что приводит к выщелачиванию солей. В предгорной части этой провинции, в том числе и в межгорных впадинах, грунтовые воды пресные и солоноватые, гидрокарбонатно-сульфатные. Их питание осуществляется в основном за счет инфильтрации поверхностного стока, а расходуются они на выклинивание и испарение. Воды верхнего горизонта и напорные воды более глубоких горизонтов четвертичных отложений представляют единый водоносный комплекс. В местах разгрузки этих вод происходит континентальное засоление, поскольку в структуре водно-солевого баланса соотношение между подземным стоком и испарением изменяется от периферии к центру в сторону уменьшения первого и увеличения второго. Обычно глубина соленакпления здесь измеряется первыми десятками метров, а тип воды преобладающе сульфатный.

Грунтовые воды платформенной провинции безнапорные, слабодренированные, характеризуются в общем повышенной минерализацией сульфатного и хлоридного типа. Питание их осуществляется за счет инфильтрации поверхностных вод сезонных водотоков и скудных атмосферных осадков, внутригрунтовой конденсации водяных паров и перетекания подземных вод нижележащих горизонтов. Расходуются на испарение, вековой сток и хозяйственные нужды. В балансе резко преобладает испарение над оттоком. Провинция отличается глубоким континентальным

засолением сульфатно-хлоридного и хлоридно-сульфатного типа.

В провинциях по геолого-структурному признаку выделяются бассейны формирования грунтовых вод. Они, в свою очередь, по морфогенетическим типам расчленены на группы потоков, отличающиеся общностью геолого-геоморфологических условий, общим направлением движения грунтовых вод, однотипными условиями формирования и разгрузки. По группам потоков устанавливается дренированность территории, скорость движения потоков, уклоны. При достаточной изученности местности в группах потоков можно выделить отдельные потоки, характеризующиеся законченностью цикла гидрогеологического процесса, приуроченного к определенной территории со свойственными только ей физико-географическими и геолого-структурными особенностями.

В группах потоков и в потоках различаются зоны питания, транзита и разгрузки, под которыми понимаются площади распространения факторов гидрогеологического процесса, преобладающих как в ненарушенных, так и в нарушенных орошением условиях. По ним можно привести развернутую характеристику геоморфолого-литологического строения, участия грунтовых вод в почвообразовательных процессах и в формировании состояния земель, установить возможность орошения подземными водами, дать качественный прогноз изменения гидрогеологического цикла и рекомендации о необходимости в дренаже при орошении. Как правило, подрайоны транзита и формирования потоков на значительной части своей площади, а подрайоны разгрузки целиком требуют при орошении поливными нормами, действующими в орошаемых районах Средней Азии для возделывания традиционных культур — хлопчатника, риса, люцерны, применения дренажных устройств с целью понижения уровня грунтовых вод и рассоления почв.

Вовлечение в орошение новых земель в бассейнах Амударьи и Сырдарьи приведет к сокращению поступления поверхностной воды в Аральское море, уменьшению его акватории и, следовательно, к изменению гидрогеологических условий земель, находящихся в зоне его влияния. Прогноз такого изменения был выполнен Д.Ф.Солоденниковым в институте "Средазгипроводхлопок", Н.Н.Ходжибаевым, Д.У.Миралиевым, Г.И.Салимовой и др. — в Узбекгидрогеологии (бывш. Узбекский гидрогеологический трест),

И.С.Пашковским в МГУ им.М.В.Ломоносова на модели ЭГДА для грунтовых вод неоген-четвертичных отложений и напорных вод палеоген-мелового водоносного горизонта, являющегося основным источником обводнения пастбищных территорий вблизи Аральского моря. Результаты этих работ показали, что при понижении уровня Аральского моря до 10 м распространение его влияния на грунтовые воды к 2000-му году достигнет 3-5 км от ныне существующей береговой линии. Поскольку бассейны грунтовых вод взаимно не связаны, прогнозирование изменения гидрогеологических условий для них целесообразно выполнять в более крупном масштабе для каждого бассейна в отдельности. Условия подземного оттока грунтовых вод во всех случаях крайне затруднены, поэтому рекомендуется при развитии орошения расчет дренажа производить на весь объем инфильтрации из оросительных систем.

Величина притока подземных вод напорного палеоген-мелового водоносного горизонта составляет 0,224 млн.м<sup>3</sup> в год. Она неспособна поддерживать нынешний уровень Аральского моря. Влияние снижения уровня моря на изменение пьезометрических напоров к 2000-му году распространится на 15-20 км от существующей береговой линии; в этой полосе следует ожидать снижения дебита фонтанирующих скважин.

Вопрос использования подземных вод для нужд сельского хозяйства, как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, обводнения пастбищ и орошения земель, в настоящее время наиболее остро стоит для неорошаемых земель, удаленных от постоянных водотоков и водоемов. Естественные ресурсы пресных и солоноватых вод, пригодных для хозяйственного использования, подсчитанные для Средней Азии сотрудниками отдела ресурсов подземных вод института ГИДРОИНТЕО под руководством доктора геолого-минералогических наук С.Ш.Мирзаева [2], а для Казахстана - коллективом института Гидрогеологии и геофизики АН КазССР при участии сотрудников Казахского гидрогеологического управления МГ КазССР под руководством академика АН КазССР У.М.Ахмедсафина [3], по всему бассейну исчисляются в размере 2890 м<sup>3</sup>/с динамических и 5,92 x 10<sup>12</sup> м<sup>3</sup> статических. Из общего количества динамических запасов трещинные воды горно-складчатых областей (преимущественно) составляют

1095 м<sup>3</sup>/с, грунтовые и грунтово-напорные поровые воды — 1650 м<sup>3</sup>/с, напорные — 145 м<sup>3</sup>/с. Из статических запасов трещинные воды на равнинных участках (для горных районов статические запасы не подсчитывались) составляют  $86,2 \times 10^9$  м<sup>3</sup>, грунтовые поровые воды  $2,66 \times 10^{12}$  м<sup>3</sup> и напорные  $3,17 \times 10^{12}$  м<sup>3</sup>, в том числе упругие  $29 \times 10^9$  м<sup>3</sup>. Величина статических запасов представляет те емкостные ресурсы, которые могут быть в маловодный период частично использованы в качестве дополнительной воды, а в многоводные годы восполнены.

Расходование динамических запасов на уровне 1970 г. происходило в основном на поверхностное выклинивание (1670 м<sup>3</sup>/с), испарение с поверхности подземных вод (177 м<sup>3</sup>/с), забор скважинами (78 м<sup>3</sup>/с) и подземный отток (280 м<sup>3</sup>/с). При этом забор скважинами напорных вод в размере 27 м<sup>3</sup>/с происходил за счет сработки упругих запасов. По остальным 712 м<sup>3</sup>/с динамических запасов в настоящее время идет накопление фактического материала для выяснения условий их взаимодействия с поверхностными водами. В расчете эксплуатационных запасов при осторожном подходе эту воду можно считать взаимосвязанной с поверхностной. В таком случае дополнительной к поверхностной воде в смысле возможности повторного использования можно принять только воду, расходуемую на испарение, забор скважинами и подземный отток, что в сумме с учетом ныне забираемых скважинами 2,5–3 млрд. м<sup>3</sup> дает около 17 млрд. м<sup>3</sup> в год (535 м<sup>3</sup>/с).

Изменение запасов трещинных грунтовых вод в перспективе может произойти только под влиянием изменения климатических условий, поскольку основное питание эти воды получают от инфильтрации атмосферных осадков. Расходуются они на выклинивание, питая все реки бассейна, особенно в периоды отсутствия осадков, и в меньшей мере — на подземный отток. Эти воды распространены часто в труднодоступных горных районах и поэтому, исключая низкогорья и участки подземного перетока в поровые грунтовые и напорные воды, практическое использование их для хозяйственных целей ограничено (водоснабжение рудников, промышленных предприятий).

Поровые грунтовые и грунтово-напорные воды тесным образом связаны с деятельностью человека. Естественные запасы их в пер-

спективе могут возрасти за счет увеличения орошаемых земель в бассейне, где основным источником пополнения запасов явится инфильтрация оросительных вод. Вопрос о дальнейшем использовании этой воды надлежит решать в каждом конкретном случае особо, с учетом степени минерализации, состава солей, наличия микроэлементов и других компонентов, проникающих в эту воду на культурных землях. В количественном отношении изменение запасов этой воды может прогнозироваться по проектному режиму орошения на новоосваиваемых землях.

Запасы напорных вод наименее подвержены влиянию как общих природных факторов, так и деятельности человека. Однако они формируются за счет трещинных и поровых грунтовых вод, сравнительно невелики и уже в настоящее время использование их в Казахстане и Узбекистане превышает оцененные естественные динамические ресурсы. Ожидать увеличения их в перспективе нет оснований.

### Л и т е р а т у р а

1. Ходжибаев Н.Н. Естественные потоки грунтовых вод Узбекистана. Ташкент, "ФАН", 1970.
2. Мирзаев С.Ш. и др. Естественные запасы подземных вод Средней Азии и основные закономерности их формирования, распределения и разгрузки.—Сб. "Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР", вып. II. Ташкент, "ФАН", 1970.
3. Ахмедсафин У.М. и др. Формирование подземного стока на территории Казахстана. Алма-Ата, "Наука", 1970.

УДК 634.6:634.4

М.Н.Галанин, руковод. группы  
(Средазгипроводхлопок)

## ВОДНО-СОЛЕВОЙ БАЛАНС ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА

Таджикистан располагает значительными земельно-водными ресурсами, которые в настоящее время в большинстве своем введены в сельскохозяйственный оборот и используются, в первую очередь, для выращивания хлопчатника. Однако орошаемые земли, несмотря на большие капитальные вложения в ирригационно-мелиоративное строительство и последующие затраты на содержание орошаемых площадей, часто не дают ожидаемого эффекта из-за неблагоприятного мелиоративного состояния. Полноценный же анализ мелиоративного состояния невозможен без данных о водно-солевом балансе, который является основой для прогноза и управления режимом грунтовых вод на орошаемых землях. Он необходим и для оценки ресурсов подземных вод.

Территория Северного Таджикистана занимает западную часть Ферганской котловины, северо-восточную часть Ташкентско-Голодностепской котловины, западную часть южных склонов Кураминского хребта, высокие и низкие предгорья Туркестанского хребта и межадырные впадины: Шахристанскую, Лякат-Саватскую, Исфара-Ляканскую, Мирзаватскую.

Заадырная (Камышкурганская) и межадырные впадины выполнены валунно-галечниковыми отложениями с включениями песка и мелкозема. Мощность аллювиально-пролювиальных образова-

ний от 100-200м в предгорьях до 500м в центре впадин.

Геоморфология и геологическое строение впадин создает благоприятные условия для накопления в них запасов подземных вод. В питании подземных вод межгорных впадин принимают участие поверхностные речные воды, а при орошении резко возрастает роль ирригационных вод. Приток подземных вод здесь может осуществляться не только по аллювию речных долин, но и по границе четвертичных отложений со скальными породами. Подземные воды движутся от предгорий к центру впадин, выклиниваясь в русла водотоков, в дрены и по контакту с адырами, создающими подпор. Отложения аллювия-пролювия по границе с адырами имеют в вертикальном разрезе слоистое строение, что способствует появлению местных напоров подземных вод. Мощность водовмещающей толщи 30-100м, глубина залегания уровня грунтовых вод изменяется от 3-5 до 50-100м.

Грунтовые и субнапорные воды здесь рассматриваются как единый водоносный комплекс, так как между ними существует тесная гидравлическая связь. Расходы скважин в центральной части впадин 10-15 л/с, реже 30-50 л/с (при понижениях до 20 м). Дебиты самоизливающихся скважин 10-40 л/с. Качество воды хорошее, минерализация 0,3-0,8 г/л при гидрокарбонатно-кальциевом составе. Подземные воды используются для орошения и водоснабжения.

Отложения конусов выноса и предгорных равнин представлены аллювиально-пролювиальными галечниками с прослоями и линзами конгломератов и суглинков в головной части и переслаиванием галечников с глинистыми грунтами по периферии. Мощность водовмещающей толщи изменяется от 20 до 320м. Зеркало грунтовых вод в основном повторяет рельеф поверхности земли.

В верхней части равнин водоносный горизонт часто имеет спорадическое распространение. В центральной части на глубине до 100м потоки сливаются в сплошной поток с единым зеркалом грунтовых вод. В периферических частях конусов выноса прослой суглинков, а также местами экранирующее влияние адыров обусловили формирование напорных вод, дающих при вскрытии самоизлив (например Дигмайские родники с дебитом 2,1-2,2 м<sup>3</sup>/с). Поток грунтовых вод формируется за счет потерь поверхностных водотоков и ирригационной сети. Подземные воды

движутся от горного обрамления к долинам рек и саяв, где они разгружаются путем выклинивания. Удельные дебиты скважин изменяются от 0,3–5,0 до 21–26 л/с. Состав воды гидрокарбонатно-сульфатный при минерализации 0,3–0,6 г/л, реже до 3 г/л. Воды используются для водоснабжения населенных пунктов.

Подземный водоотбор для целей ирригации и водоснабжения в 1967 г. составил 5,9 м<sup>3</sup>/с; из общего количества эксплуатационных скважин 50% составили скважины вертикального дренажа, пройденные с целью мелиорации земель, в основном по левобережью Фархадского и Кайраккумского водохранилищ.

На территории Северного Таджикистана выделены две зоны орошения: долина Сырдарьи с предгорной зоной и горная. Орошение подразделяется на самотечное, машинное и родниковое. Общая площадь земель с оросительной сетью 162,6 тыс.га, из них в 1967г. орошалось 139,7 тыс.га.

Следует отметить, что в пределах предгорных равнин нередко происходит подтопление застроенных территорий (например г.Пролетарск, Исфара, Кайраккум, пос.Костакос и др.) за счет притока с вышерасположенных сопряженных массивов, имеющих резко повышенную водопроницаемость слагающих их галечников, и за счет потерь воды местной ирригационной сети.

В результате анализа накопленных материалов автором данной статьи построен региональный водно-солевой баланс грунтовых вод четвертичных отложений Северного Таджикистана за 1967г., как год средний по водности за период 1958–1968 гг., с учетом полноты и наличия фактического материала для расчета. Работа выполнена в Северной гидрогеологической экспедиции по заданию Управления геологии Совета Министров Таджикской ССР, по методическим указаниям института "ГидроИНГЕО" [1].

Исходными материалами для составления баланса послужили законченные отчеты и полевой материал партий Северной гидрогеологической экспедиции, экспедиций Мосгипроводхоза, Таджикгипроводхоза, партий структурного бурения, Северной геофизической экспедиции; данные управлений Гидрометслужбы и оросительных систем. Сведения о площадях под сельскохозяйственными культурами собраны в районных статистических и производственных управлениях.

Оценка водно-солевого баланса дана на основании серии мелкомасштабных аналитических карт, определены источники питания и статьи расхода грунтовых вод, определен характер гидрогеологического процесса и солеобмена по выделенным балансовым районам и в целом.

Для замкнутых самостоятельных структур (котловин) боковой границей балансового района служит контакт рыхлых отложений с коренными породами. Для полуоткрытых структур (равнин) граница балансового контура установлена в зависимости от геолого-литологических, гидрогеологических и водохозяйственных условий территорий. Нижняя граница балансового района — кровля регионального водоупора, верхняя граница — поверхность земли (исключая незначительные выходы на поверхность земли коренных пород).

На рис. I приведена схема расположения балансовых районов (структур): 1) Камышкурганская впадина; 2) Самгарская равнина; 3) Южное предгорье Моголтау; 4) Мирзэраватская впадина; 5) Дальверзинская равнина; 6) Исфара-Ляканская впадина; 7) Исписар-Канибадамская впадина; 8) Нау-Пролетарская равнина; 9) Шахристанская котловина; 10) Лякат-Саватская котловина; 11) Голодностепская равнина.

Рассчитывался баланс грунтовых вод по формуле

$$\mu \Delta h = (W_1 + U_{\varphi} + I_1) - (W_2 + B + Y_g + P + Z), \quad (1)$$

где  $\mu$  — водоотдача или недостаток насыщения;  
 $\Delta h$  — разность уровней грунтовых вод в начале и конце расчетного периода, м;  
 $W_1$  — подземный приток, м<sup>3</sup>/с;  
 $U_{\varphi}$  — инфильтрационное питание, м<sup>3</sup>/с;  
 $I_1$  — глубинное подземное подпитывание, м<sup>3</sup>/с;  
 $W_2$  — подземный отток, м<sup>3</sup>/с;  
 $B$  — современный водоотбор, м<sup>3</sup>/с;  
 $Y_g$  — дренажный сток, м<sup>3</sup>/с;  
 $P$  — родниковое выклинивание, м<sup>3</sup>/с;  
 $Z$  — испарение, м<sup>3</sup>/с.

Солевой баланс рассчитывался по формуле

$$\Delta V = (X + W_1 + K_1 + O + B + I_1 + C) - (W_2 + Y_2 + D + E + B + П), \quad (2)$$

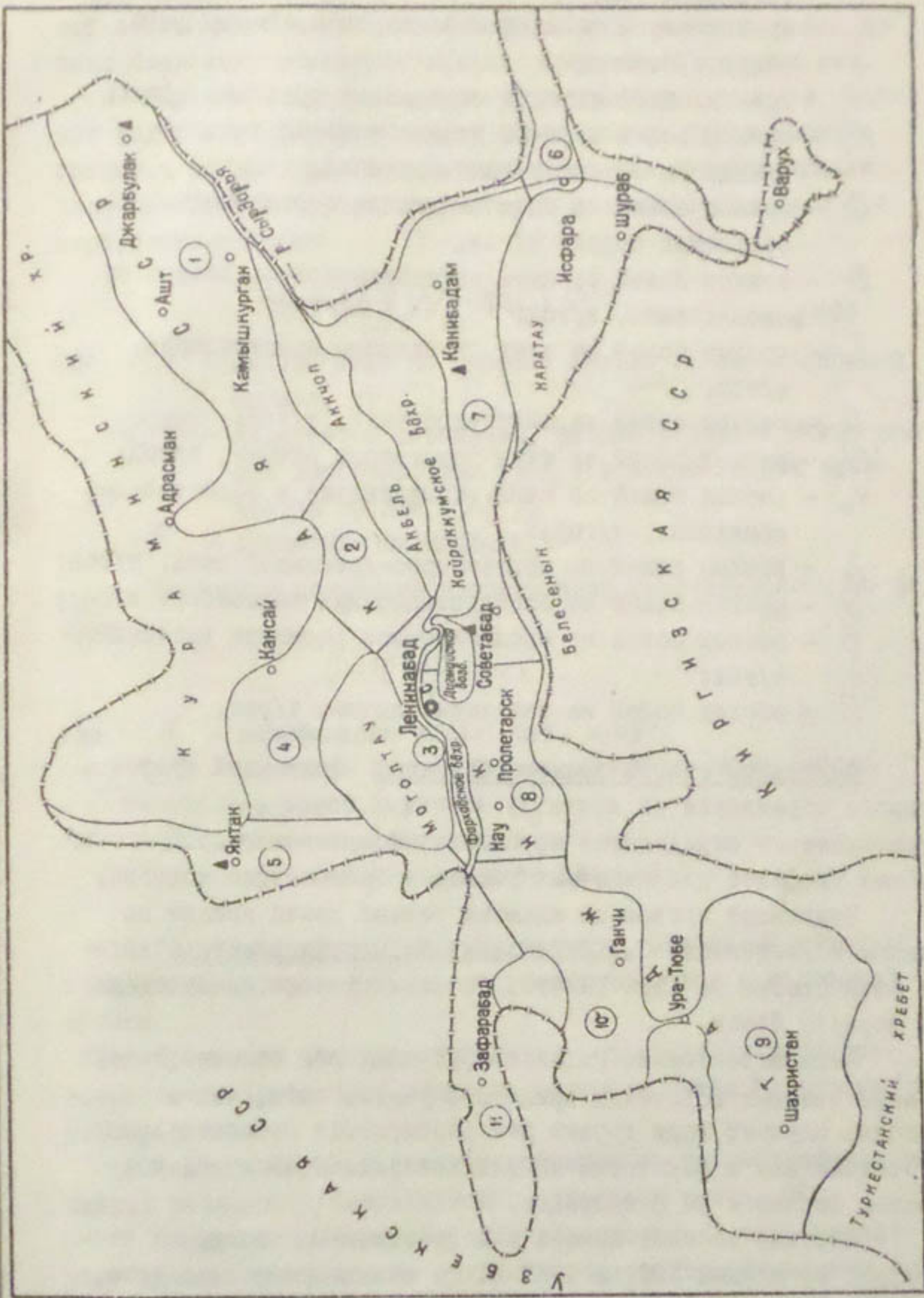


Рис. 1. Схема расположения балансовых районов:  
⊙ - балансовый район; ▲ - опытно-балансовый участок.

где  $\Delta V$  - баланс солей в блоке: зона аэрации плюс горизонт грунтовых вод;

$X$  - приход солей за счет инфильтрации атмосферных осадков, т/год;

$W_1$  - приход солей за счет подземного притока, т/год;

$K_1$  - приход солей за счет инфильтрационных потерь в каналах и естественных водотоках, т/год;

$O$  - приход солей за счет инфильтрационных потерь на орошаемых полях, т/год;

$B$  - приход солей за счет инфильтрационных потерь из водохранилищ, т/год;

$I_1$  - приход солей за счет глубинного подпитывания, т/год;

$C$  - приход солей за счет удобрений, т/год;

$W_2$  - расход солей за счет подземного оттока, т/год;

$Y_2$  - расход солей за счет выклинивания в естественные понижения, т/год;

$A$  - расход солей по коллекторно-дренажной сети, т/год;

$Э$  - расход солей на эксплуатационный водозабор, т/год;

$Б$  - расход солей на биологическое развитие растений, т/год;

$П$  - расход солей на засоление почвы, т/год.

Приходные статьи водного баланса. Подземный приток с горного обрамления по контакту коренных пород с молодыми образованиями определялся на основе построения гидрогеологических профилей для типичных участков балансового контура.

Подземный приток по аллювию речных долин принят по данным исследований О.Х.Шахбазиди, М.Турсунходжаева и автора этой статьи за 1966-1970 гг. Расчеты притока произведены по формуле Дарси.

Инфильтрационное питание грунтовых вод за счет потерь в естественных водотоках принято с учетом того, что в большинстве случаев вода горных рек разбирается оросительными системами или в некоторых из них поверхностный отток полностью теряется на фильтрацию.

Питание за счет потерь в искусственных водотоках подсчитано по данным УОС за 1967 г. по межхозяйственной сети,

с применением КПД при расчете потерь во внутрихозяйственной сети. Для Самгарского и Исфаринского районов использованы сведения экспериментальных определений прошлых лет.

Инфильтрационное питание грунтовых вод за счет поливных вод и атмосферных осадков определялось путем анализа графиков режима уровня грунтовых вод, где просачивающиеся воды вызывают пики, высота которых позволяет судить о размере инфильтрации:

$$U_{\varphi} = \Delta h (W_n - W_o) F, \quad (3)$$

где  $\Delta h$  - высота пика на графике режима за вегетационный период, м;

$W_n - W_o$  - недостаток насыщения, равный разности между полной влагоемкостью ( $W_n$ ) и естественной влажностью грунта ( $W_o$ );

$F$  - орошаемая площадь, м<sup>2</sup>.

Глубинное подземное подпитывание рассчитывалось по формуле

$$Q = K \frac{\Delta h \cdot B}{m}, \quad (4)$$

где  $K$  - коэффициент фильтрации, м/сут;

$\Delta h$  - разность напора (вычисляется по карте гидроизогипс), м;

$B$  - расчетная площадь, м<sup>2</sup>;

$m$  - мощность разделяющего слоя, м.

Расходные статьи водного баланса. Подземный отток за пределы балансовых районов подсчитывался, как и подземный приток.

Дренажный сток грунтовых вод определялся расчленением общего дренажного стока графическим путем (отсечение пиков графика).

Родниковое выклинивание принималось по результатам режимных наблюдений Кайраккумской станции и реке - УОС.

Современный водозабор для водоснабжения и вертикального дренажа приведен по данным учета расхода подземных вод по водозаборах Северного Таджикистана за 1967 г. отрядом

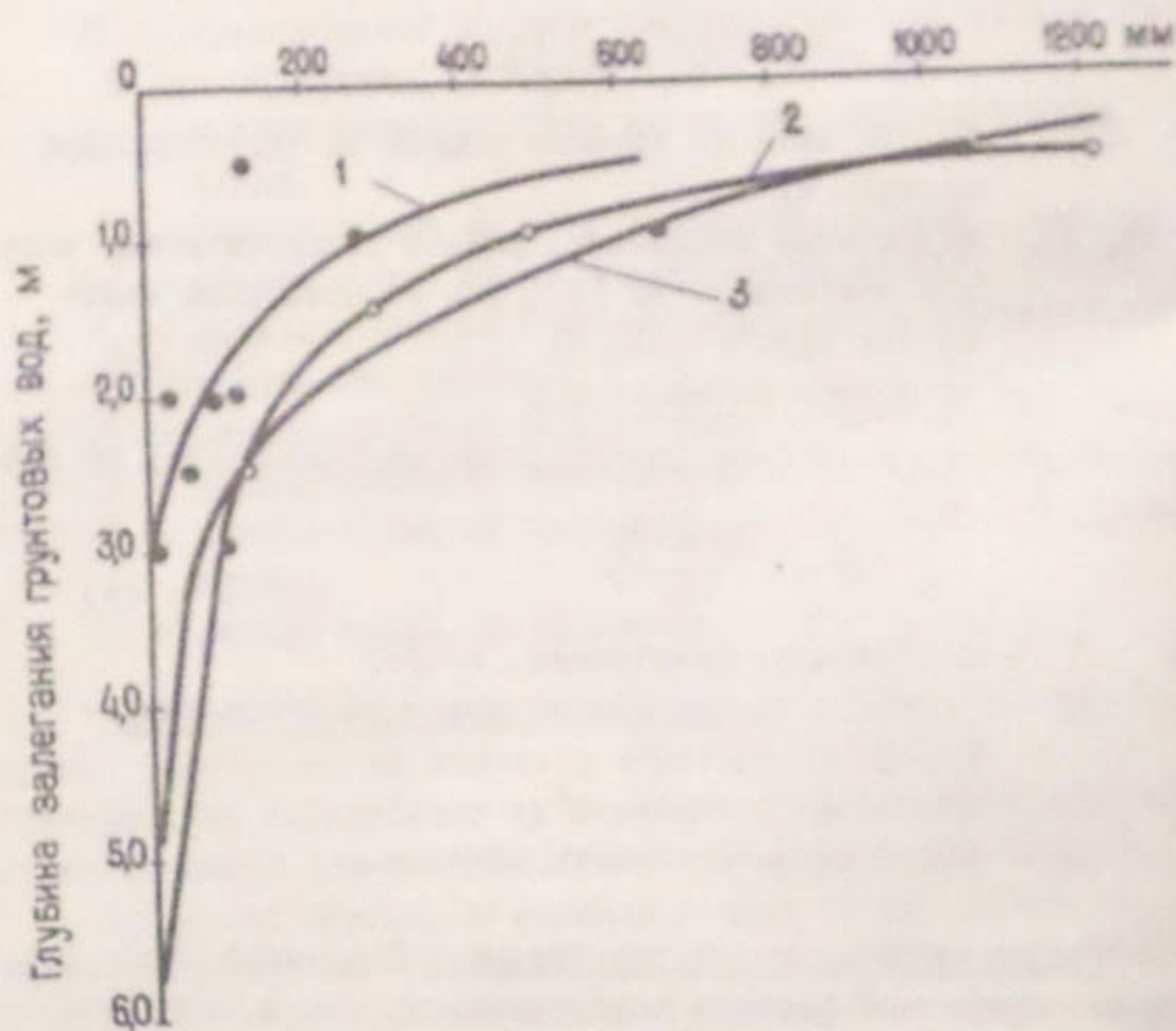


Рис. 2. Графики зависимости испарения грунтовых вод от глубины их залегания на опытных участках:  
 1 - участок Хашим-куль (перелог);  
 2 - участок Каттаган (под хлопчатником);  
 3 - участок Янтэк (под хлопчатником).

"Охрана подземных вод" Кайраккумской станции.

Испарение грунтовых вод рассчитывалось по карте годового испарения, построенной на основе карт сельскохозяйственных культур и глубин залегания грунтовых вод, по результатам лизиметрических наблюдений и теплового баланса на ключевых участках в различных гидрогеолого-мелиоративных условиях (рис. 1, 2).

Глубина уровня в лизиметрах поддерживалась постоянной: 0,5; 1,0; 2,0; 2,5 и 3,0. Наблюдения велись за лизиметрами с хлопчатником, люцерной и перелогом. При переносе результатов исследований в естественные условия с учетом урожайности сельскохозяйственных культур вычислялся переходный коэффициент

$$K = \frac{Y_{ест}}{Y_{л}}, \quad (5)$$

где  $Y_{ест}$  - урожайность в естественных условиях, ц/га;  
 $Y_{л}$  - урожайность в лизиметрах, ц/га.

Испарение для расчетной площади определялось умножением величины испарения, полученной в лизиметрах, на переходный коэффициент и расчетную площадь. В дальнейшем испарение с орошаемой и неорошаемой площади суммировалось.

Расчетная величина коэффициента водоотдачи  $\mu$  в случае расхода воды установлена на основе карты фильтрационных свойств водосодержащей толщи, с использованием зависимости между коэффициентом фильтрации рыхлообломочных песчаных пород и водоотдачей [2].

Разность уровней грунтовых вод  $\Delta h$  определена по карте годового изменения уровня, зависит от соотношения приходных и расходных элементов баланса и характеризует прирост или убыль воды в водоносном горизонте (комплексе).

Солевой баланс грунтовых вод составлен при тех же граничных условиях, что и водный, для всего региона.

Приходные и расходные элементы уравнения солевого баланса  $\Delta V$  вычислены умножением расхода подземных и поверхностных вод  $Q$  на содержание в них сухого остатка  $\eta$  и на расчетный период времени  $t$  :

$$\Delta V = Q \cdot \eta \cdot t \text{ (т/м}^3\text{)}. \quad (6)$$

Результаты балансовых расчетов приведены в табл. 1-2.

Таблица I

## Баланс грунтовых вод

| Балансовый район | Приходные статьи     |                                     |                     |                      | Расходные статьи   |                      |                    |                      |                        | Результат разности между приходом и расходом в 1967г. | Среднее изменение уровня грунтовых вод ± мм Δh |           |
|------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|
|                  | Подземный приток     | Инфильтрация                        |                     |                      | Подземное поднятие | Подземный отток      | Испарение          | Дренажный сток       | Изменение по скважинам |                                                       |                                                | Выливание |
|                  |                      | подземных вод и атмосферных осадков | из рек              | из каналов           |                    |                      |                    |                      |                        |                                                       |                                                |           |
| 1                | $\frac{1,30}{15,3}$  | $\frac{1,35}{16,7}$                 | $\frac{4,34}{53,5}$ | $\frac{1,18}{14,5}$  | -                  | $\frac{6,25}{81,0}$  | $\frac{0,33}{4,3}$ | $\frac{0,71}{9,2}$   | $\frac{0,43}{5,5}$     | -                                                     | $\frac{+0,45}{4,8}$                            | +0,40     |
| 2                | $\frac{1,12}{19,2}$  | $\frac{1,32}{23,2}$                 | -                   | $\frac{2,20}{56,6}$  | -                  | $\frac{3,26}{56,0}$  | $\frac{0,08}{1,4}$ | $\frac{1,85}{31,6}$  | $\frac{0,39}{6,6}$     | $\frac{0,25}{4,4}$                                    | $\frac{-0,21}{3,6}$                            | -0,11     |
| 3                | $\frac{0,37}{100}$   | -                                   | -                   | -                    | -                  | $\frac{0,37}{91,0}$  | $\frac{0,04}{9,0}$ | -                    | -                      | -                                                     | $\frac{-0,04}{1,0}$                            | -0,05     |
| 4                | $\frac{0,84}{100}$   | -                                   | -                   | -                    | -                  | $\frac{0,84}{100}$   | -                  | -                    | -                      | -                                                     | 0                                              | 0         |
| 5                | $\frac{1,24}{22,0}$  | $\frac{0,54}{9,6}$                  | -                   | $\frac{3,86}{68,4}$  | -                  | $\frac{4,48}{34,4}$  | $\frac{0,16}{3,8}$ | $\frac{3,89}{61,4}$  | $\frac{0,17}{3,8}$     | -                                                     | $\frac{+0,94}{16,8}$                           | +0,84     |
| 6                | $\frac{1,10}{36,1}$  | $\frac{0,19}{6,2}$                  | -                   | $\frac{1,77}{57,7}$  | -                  | $\frac{0,46}{21,0}$  | $\frac{0,20}{9,1}$ | $\frac{1,43}{65,3}$  | $\frac{0,10}{4,6}$     | -                                                     | $\frac{+0,87}{29,0}$                           | +0,87     |
| 7                | $\frac{7,0}{52,5}$   | $\frac{1,79}{13,3}$                 | -                   | $\frac{4,56}{34,2}$  | -                  | $\frac{3,01}{23,6}$  | $\frac{1,26}{9,9}$ | $\frac{6,38}{50,0}$  | $\frac{2,10}{16,5}$    | -                                                     | $\frac{+0,6}{4,5}$                             | 0         |
| 8                | $\frac{3,02}{30,4}$  | $\frac{2,82}{28,4}$                 | -                   | $\frac{4,07}{41,2}$  | -                  | $\frac{3,98}{39,4}$  | $\frac{0,23}{2,3}$ | $\frac{2,06}{20,4}$  | $\frac{1,67}{16,5}$    | $\frac{2,16}{21,4}$                                   | $\frac{-0,19}{6,0}$                            | +1,17     |
| 9                | $\frac{0,42}{16,0}$  | -                                   | $\frac{2,0}{76,3}$  | $\frac{0,20}{7,7}$   | -                  | $\frac{0,25}{8,6}$   | $\frac{0,01}{0,3}$ | -                    | $\frac{0,12}{4,1}$     | $\frac{2,52}{87,0}$                                   | $\frac{-0,28}{1,0}$                            | -0,96     |
| 10               | $\frac{0,25}{27,2}$  | $\frac{0,16}{17,3}$                 | -                   | $\frac{0,51}{55,5}$  | -                  | $\frac{0,76}{99,0}$  | $\frac{0,06}{0,1}$ | -                    | $\frac{0,01}{0,9}$     | -                                                     | $\frac{+0,14}{0,2}$                            | +0,05     |
| 11               | $\frac{1,04}{15,5}$  | $\frac{2,65}{38,2}$                 | -                   | $\frac{3,06}{45,0}$  | $\frac{0,19}{0,3}$ | $\frac{1,52}{99,0}$  | -                  | -                    | $\frac{0,02}{1,0}$     | -                                                     | $\frac{+2,40}{77,6}$                           | +6,45     |
| Итого            | $\frac{17,70}{30,7}$ | $\frac{10,82}{18,9}$                | $\frac{6,34}{11,0}$ | $\frac{22,41}{39,1}$ | $\frac{0,19}{0,3}$ | $\frac{22,48}{45,0}$ | $\frac{2,32}{4,7}$ | $\frac{15,32}{30,6}$ | $\frac{5,05}{9,9}$     | $\frac{4,03}{9,8}$                                    | -                                              | -         |

В числителях приведены значения балансов в м³/о, в знаменателе — процентное соотношение от общего объема стока от всех объектов.

Таблица 2

Соловьи баланс грунтовых вод

| Баланс со-<br>лей за<br>1967 г. | Расходные статьи              |                                   |                                                |                                            |                 |                           |                |                                      |                            |                                                             |               |        |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------|--------|
|                                 | Расход солей за счет          |                                   |                                                |                                            |                 |                           |                |                                      |                            |                                                             |               |        |
|                                 | на<br>засоле-<br>ние<br>почвы | на<br>осоложе-<br>ние<br>растений | исполь-<br>зуются<br>такие<br>водосв-<br>созан | кошек-<br>торно-<br>древяж-<br>ной<br>сечи | выкли-<br>вания | подзем-<br>ного<br>оттока | удобре-<br>ние | подзем-<br>ного<br>подпиты-<br>вания | приходные статьи           |                                                             |               |        |
|                                 |                               |                                   |                                                |                                            |                 |                           |                |                                      | подзем-<br>ного<br>притока | инфильтрация<br>с ороша-<br>емых по-<br>лей и из<br>каналов |               |        |
| 1                               | 11,4<br>11,5                  | 24,7<br>26,2                      | 52,0<br>55,0                                   | -                                          | 6,8<br>7,3      | 122,6<br>48,8             | -              | 72,3<br>29,8                         | 5,1<br>20,3                | 34,9<br>13,9                                                | 15,9<br>6,2   | -155,9 |
| 2                               | 14,2<br>8,8                   | 120,8<br>74,5                     | -                                              | -                                          | 26,6<br>16,7    | 78,4<br>26,5              | 1,7<br>0,6     | 123,2<br>44,6                        | 5,3<br>2,0                 | 4,5<br>1,6                                                  | 61,9<br>22,7  | -113,4 |
| 5                               | 21,7<br>16,2                  | 105,5<br>78,2                     | -                                              | -                                          | 8,7<br>5,6      | 17,3<br>5,7               | -              | 242,4<br>80,5                        | 4,0<br>1,5                 | 23,2<br>6,7                                                 | 20,4<br>7,6   | -171,4 |
| 6                               | 22,9<br>29,9                  | 15,4<br>20,1                      | -                                              | -                                          | 38,3<br>50      | 38,7<br>22,8              | -              | 36,2<br>21,2                         | 1,1<br>0,6                 | 5,0<br>2,7                                                  | 82,5<br>52,7  | -93,9  |
| 7                               | 343,5<br>59,5                 | 151,3<br>26,0                     | -                                              | -                                          | 84,8<br>14,5    | 325,2<br>24,6             | -              | 395,4<br>30,0                        | 96,2<br>7,4                | 303,8<br>23,0                                               | 198,0<br>15,0 | -741,7 |
| 8                               | 52,1<br>20,4                  | 163,5<br>64,0                     | -                                              | -                                          | 40,4<br>15,6    | 82,7<br>26,3              | 41,7<br>13,3   | 65,2<br>21,0                         | 23,1<br>7,3                | 7,0<br>2,1                                                  | 94,4<br>30,0  | -58,8  |
| 9                               | 4,4<br>18,6                   | 7,1<br>30,0                       | -                                              | -                                          | 12,2<br>51,4    | 3,9<br>0,5                | 39,2<br>53,1   | -                                    | 2,9<br>0,4                 | -                                                           | 28,4<br>37,8  | -51,4  |
| 10                              | 3,9<br>15,8                   | 15,6<br>64,0                      | -                                              | -                                          | 5,0<br>20,2     | 18,4<br>61,0              | -              | -                                    | 0,1<br>0,4                 | -                                                           | 11,2<br>38,6  | -5,5   |
| 11                              | 18,4<br>8,1                   | 151,3<br>67,2                     | -                                              | 5,6<br>0,4                                 | 51,6<br>22,6    | 37,6<br>24,0              | -              | -                                    | 0,4<br>0,3                 | -                                                           | 119,3<br>75,7 | +69,2  |
| Итого                           | 492,5<br>31,2                 | 755,4<br>47,8                     | 52,0<br>3,3                                    | 5,6<br>0,4                                 | 274,0<br>17,3   | 728,2<br>25,0             | 83,3<br>2,9    | 935,4<br>32,2                        | 140,2<br>4,8               | 378,4<br>13,0                                               | 639,5<br>22,0 |        |

В числителе приведены элементы баланса в тыс. т/год; в знаменателе - процентное содержание от общей суммы статей баланса.

## В ы в о д ы

1. Основным источником питания грунтовых вод земель Северного Таджикистана – фильтрационные воды из ирригационных систем, с орошаемых площадей и поверхностных водотоков.

За расчетный период (1967 г.) на питание грунтовых вод поступило: из ирригационных систем  $23,0 \text{ м}^3/\text{с}$ , с орошаемых площадей  $9,28 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В расходной части водного баланса большое место занимают дренажный сток – 30,6% и подземный отток – 45,0%.

2. Баланс грунтовых вод положительный и имеет близкую сходимость с проверочными расчетами левой части уравнения баланса (см. табл. I).

3. Основным источником солевого питания грунтовых вод территории являются оросительные воды, которые транспортируют за год 755,4 тыс. т солей. По отдельным районам величина питания составляет от 20,1 до 78,2% от суммы статей. Всего в 1967 г. поступило 4579,5 тыс. т, а израсходовано 2905,0 тыс. т солей.

4. Наибольшее поступление и вынос солей наблюдаются по левобережью Кайраккумского и Ферхадского водохранилищ (см. табл. 2). Здесь и в Антском районе нарушение режима оттока дренажных вод в результате использования их для поливов близлежащих территорий вызывает ухудшение мелиоративного состояния земель. Вынос солей в этом случае (наибольший дренажный сток) может наблюдаться и в невегетационный период.

5. Расход солей из грунтовых вод на засоление почвы составляет в общем балансе 13% (378,4 тыс. т) и зависит от величины испарения грунтовых вод и их минерализации.

6. В целом по территории, согласно расчетам, происходит рассоление. Солевой баланс отрицательный – 1325,5 тыс. т. Положительный баланс отмечен в Голодной степи, где ведущая роль в соленаккумуляции принадлежит оросительным водам – 67,2%.

## Л и т е р а т у р а

1. Ганиев К.Р. Методические указания по составлению регионального водно-солевого баланса грунтовых вод. Ташкент, ГидроИНГЕО, 1968.

2. Гринбаум И.И. Об оценке водоотдачи и активной пористости рыхлообломочных грунтов по коэффициенту фильтрации. — "Разведка и охрана недр", 1962, № 6.
3. Ильин И.А. Водные ресурсы Ферганской долины. Л., Гидрометеиздат, 1959.
4. Кац Д.М. Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях. М., "Колос", 1967.
5. Кошкин В.В., Говоров Ю.Ф. Водный и солевой режимы орошаемых земель Дальверзинского массива. — Тр. НИИ Почв, т. 13, вып. I. Душанбе, "Ирфон", 1969.
6. Ходжибаев Н.Н., Алимов М.С. Региональный водно-солевой баланс Голодной степи. Ташкент, "Фан", 1966.
7. Турсунов Х., Галянин М.Н., Мудрак В.Л. Отчет "Результаты детальных гидрогеологических исследований в Исфаринской впадине для хозяйственного и технического водоснабжения г. Исфара и его промпредприятий с подсчетом запасов подземных вод на октябрь 1967 г." Фонды Северной ГТЭ. Кайраккум, 1967.
8. Галянин М.Н. Отчет "Региональный водно-солевой баланс грунтовых вод Северного Таджикистана за 1967 год." Фонды Северной ГТЭ. Кайраккум, 1970.

УДК 631.4:631.6

Г.Г.Решетов, канд.с.-х.наук, гл.спец.

(Средазгипроводхозок)

### К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ПО ЗАСОЛЕНИЮ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МЕЛИОРАЦИИ

Оценка засоления почв по данным анализов водных вытяжек является основным способом при почвенных и солевых съемках. Существующие классификации степени засоления почв построены по содержанию иона хлора [1], плотного остатка и хлора (СюзНИХИ), суммарному эффекту токсичных ионов или сумме токсичных солей [2], [3].

Оценка засоления почв по отдельным показателям водных вытяжек, в частности по плотному остатку и содержанию хлора, производилась исследователями давно. Однако плотный остаток и хлор не выражают истинного сульфатного засоления.

В.Ю.Маргулис и В.С.Муратова [4] предложили определять засоление почв по сумме токсичных солей. Они установили корреляционную зависимость суммы токсичных солей от содержания иона натрия. Затем были предложены классификации степени засоления почв по содержанию иона натрия в зависимости от химизма солей [5], [6].

Классифицируя засоление почв для целей мелиорации, следует учитывать, во-первых, порог токсичности, т.е. предельное содержание солей, при превышении которого необходимо их удаление или нейтрализация, и, во-вторых, количество солей, определяющее размер мелиорации.

К засоленным нужно относить почвогрунты или их отдельные

горизонты, содержащие легкорастворимые вредные соли в количестве, превышающем порог токсичности для определенных сельскохозяйственных культур.

Чувствительность хлопчатника к засолению различными исследователями оценивается неодинаково, хотя почти все классификации засоления почв по содержанию хлора начинаются с величины 0,01%. Но во многих работах отражен факт нормального развития растений при значительно больших его концентрациях.

О.А.Грабовская [7] считает, что порог токсичности хлор-иона, при котором начинают проявляться признаки угнетения растений, равен 0,03%. По данным М.С.Есипова [8], хлопчатник выдерживает в Голодной степи и в Центральной Фергане содержание 0,045% хлора. По мнению В.К.Кабаева [9] и С.П.Сучкова [10], предельная концентрация хлора в почве в Голодной степи 0,03–0,04%, в Ферганской долине – 0,045%, в Чимбае – 0,06%. В исследованиях Б.П.Строганова [11] и Р.А.Азимова [12] предельное содержание хлор-иона в почве, при котором хлопчатник может произрастать, варьирует от 0,03 до 0,06%, в зависимости от типа засоления, сорта, фаз развития хлопчатника и т.д.

Учитывая вышесказанное, порог токсичности по содержанию хлора, очевидно, можно принять равным 0,03–0,04%, или около 1 мг-экв хлора на 100 г почвы, соответствующего 1 мг-экв натрия при хлоридном засолении.

Токсичность натрия, связанного с сульфатами, до недавнего времени признавалась меньшей, нежели натрия хлористого. Хлор считался [3] токсичнее сульфатов в пять раз.

Исследования Т.П.Крюгер [13], [14] позволили установить, что минерализованные воды, содержащие более 2,9 г/л  $NaCl$  или 4,0 г/л  $Na_2SO_4$ , для орошения хлопчатника одинаково непригодны. Отсюда процентное отношение между хлоридно-натриевыми и сульфатно-натриевыми солями равно 1,4, что в пересчете на мг-экв выражается как 1:1.

В соответствии с этим классификационное деление засоленных почв, предложенное Почвенным институтом им.В.В.Докучаева [5], принимается нами независимо от характера засоления по содержанию иона натрия (табл. 1).

Таблица 1

Оценка степени засоления почв по иону натрия

| Степень засоления почв | Содержание натрия, мг-экв |
|------------------------|---------------------------|
| Незасоленные           | <1                        |
| Слабозасоленные        | 1-3                       |
| Среднезасоленные       | 3-6                       |
| Сильнозасоленные       | 6-12                      |
| Очень сильнозасоленные | 12-28                     |
| Чрезвычайно засоленные | >28                       |

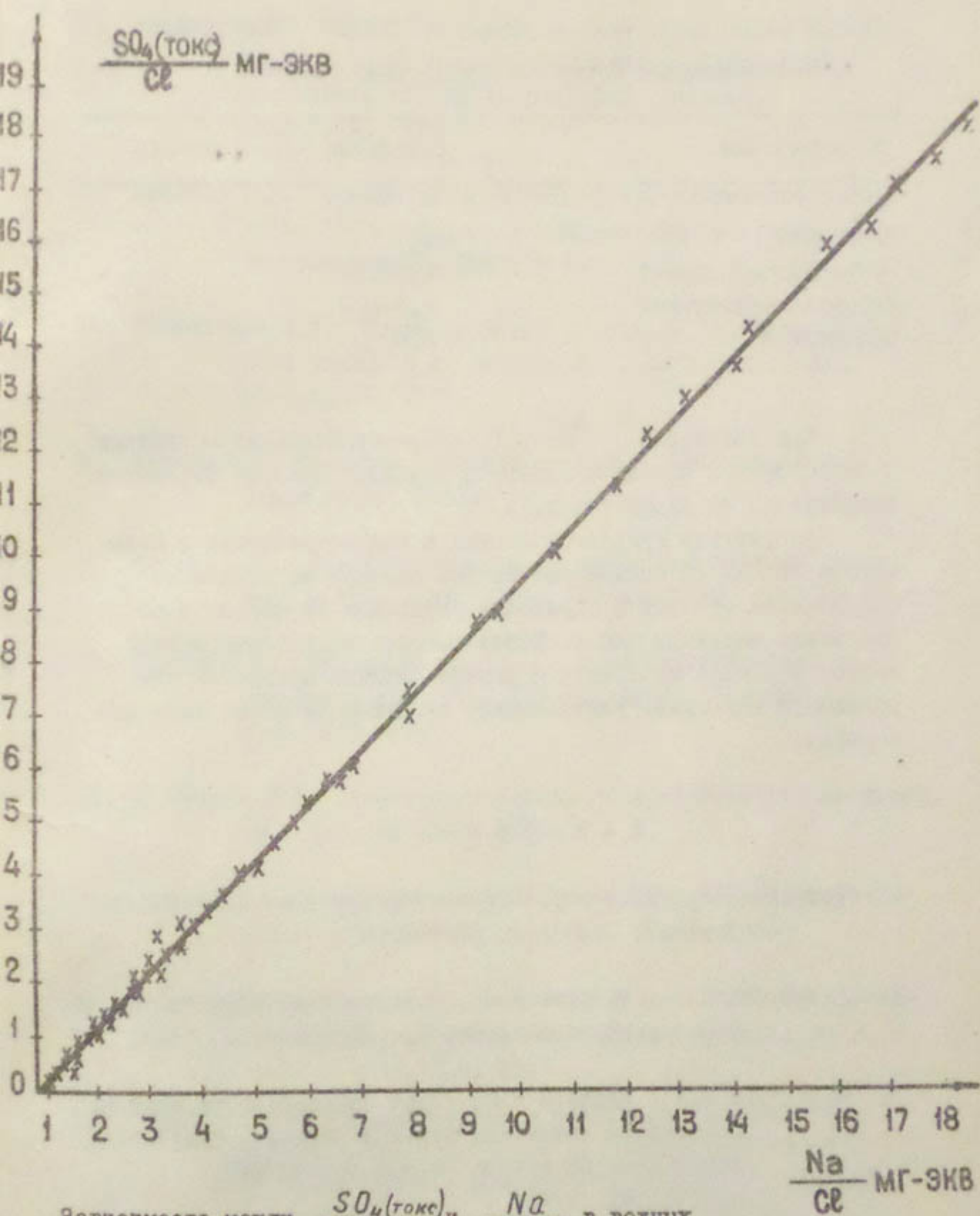
Но определяя степень засоленности почв по содержанию иона натрия, необходимо учитывать анионный качественный состав солей, поскольку тип засоления имеет большое значение при мелиорации земель из-за различной растворимости и подвижности хлоридов и сульфатов.

При сопоставлении отношений  $\frac{SO_4}{Cl}$  и  $\frac{Na}{Cl}$  между ними выявлена прямолинейная зависимость (что отражено на рисунке), выражающаяся эмпирической формулой

$$\frac{SO_4}{Cl} = 1,04 \frac{Na}{Cl} - 0,96.$$

Анализы водных вытяжек (по Голодной и Каршинской степям), использованные при построении зависимости, показали очень высокий коэффициент корреляции ( $r = 0,99$ ). Это позволяет по отношению натрия к хлору определять анионное засоление почвогрунтов, что особенно важно при солевых съемках, ограничиваемых массовыми сокращенными анализами водных вытяжек.

Классификация химизма токсичных солей, построенная по отношению натрия к хлору и на основании известной классификации химизма засоления почв [15], приводится в табл. 2.



Зависимость между  $\frac{SO_4(токс)}{Cl}$  и  $\frac{Na}{Cl}$  в водных  
вытяжках почвогрунтов.

## Классификация типов засоления почвогрунтов

| Тип засоления       | Отношение $\frac{Na}{Cl}$ , мг-экв |
|---------------------|------------------------------------|
| Хлоридный           | $<1,5$                             |
| Сульфатно-хлоридный | $1,5-2,0$                          |
| Хлоридно-сульфатный | $2,0-6,0$                          |
| Сульфатный          | $>6,0$                             |

При значениях  $\frac{Na}{Cl} < 1$ , свидетельствующих о наличии в почвогрунтах хлоридов магния и кальция, степень засоления оценивается по хлору (табл.1).

Присутствие сульфатов магния в водных вытяжках в количестве до 25% от содержания натрия заметно не влияет на определение степени и характера засоления по натрию и по отношению натрия к хлору. Более высокое содержание магния меняет характер засоления и должно служить предметом специального изучения, учитывающего особенности этого типа засоления.

## Л и т е р а т у р а

1. Федоров Б.В. Засоленные почвы Ферганы и их мелиорация. Ташкент, Госиздат, 1934.
2. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Методические указания по учету засоленных почв. М., Гипроводхоз, 1968.
3. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов. - "Бюллетень Почвенного института им.В.В.Докучаева". Вып. У. М., 1972.
4. Маргулис В.Ю., Муратова В.С. К оценке засоления почв для проектирования промывок. - В сб. "Земельно-водные ресурсы пустынь". Ашхабад, "Ылым", 1971.

5. Панкова Е.И. Оценка засоления и опыт составления крупномасштабных карт засоления почв. - "Бюллетень Почвенного института им.В.В.Докучаева". Вып. У. М., 1972.
6. Решетов Г.Г. Оценка хлоридно-сульфатно-натриевого засоления почвогрунтов по сокращенным анализам. "Почвоведение", 1973, № 6.
7. Грабовская О.А. Почвы Вахшской долины. - Сб. "Почвы Вахшской долины и их мелиорация". Сталинабад, Изд. АН ТаджССР, 1947.
8. Есипов М.С. Освоение засоленных земель. Ташкент, Госиздат УзССР, 1951.
9. Кабаев В.Е. Солевыносливость сельскохозяйственных культур. - "Соц.сельск.х-во Узбекистана", 1953, № 1.
10. Сучков С.П. Природные условия и почвы. Агрономическая характеристика почв Кара-Калпакии. Ташкент, Изд. САГУ, 1954.
11. Строганов Б.П. Физические основы солеустойчивости растений. М., Изд. АН СССР, 1962.
12. Азимов Р.А. Физиологическая роль кальция в солеустойчивости хлопчатника. Ташкент, "Фан", 1973.
13. Крюгер Т.П. Влияние орошения хлоридными водами на развитие процессов засоления и осодонцовывания почв. - Труды САНИИП, Т.4, 1964.
14. Крюгер Т.П. Влияние орошения минерализованными сульфатными водами на почву и хлопчатник. - В сб. "Вопросы химии и физики почв в свете их генезиса и повышения производительной способности". Ташкент, "Фан", 1966.
15. Иванова Е.И., Розанов А.Н. Классификация засоленных почв. - "Почвоведение", 1939, № 7.

УДК 626.86

С.Я.Сойфер, инж.-гидрогеолог,  
аспирантка

(ВНИИГим)

### ПРИБЛИЖЕННЫЙ ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ ДЖИЗАКСКОЙ СТЕПИ)

Основными проблемами мелиорации земель в аридной зоне являются рассоление почв и предупреждение процессов вторичного засоления на основе создания (или сохранения) оптимального мелиоративного режима в системе мелиорируемые земли-сельскохозяйственные культуры. Поэтому всегда возникает необходимость в достоверном обосновании оптимального комплекса мелиоративных мероприятий, что достигается прежде всего целенаправленной постановкой натурных исследований, изучением закономерностей и физической сущности миграции влаги и солей в естественных условиях, а также динамики этих процессов при орошении.

В засушливых районах аридной зоны решение этих проблем связано с дефицитом поверхностных вод для орошения, который наряду с межбассейновыми перебросками стока рек и регулированием его требует рационального использования подземных вод, и в частности дренажных, для орошения.

Исследования по использованию минерализованных вод для орошения сельскохозяйственных культур и повышению солеустойчивости растений в различных природных условиях имеют многолетнюю историю. Разработаны критерии и классификационные показатели пригодности подземных вод, причем отмечается тенденция к расширению применения коллекторно-дренажных вод в связи с адаптацией отдельных культур к повышенному содер-

жанию солей.

В свете сказанного актуально решение вопроса прогнозной оценки минерализации дренажных вод и исследование возможности создания оптимального миграционного цикла в пределах региона с использованием возвратных вод для орошения. Вместе с тем, сама по себе минерализация дренажных вод характеризует динамику основной расходной статьи прогнозного водно-солевого баланса и является, по существу, критерием стабилизации водно-солевого режима орошаемых земель в междуренье.

Рассмотрим методы приближенной оценки динамики минерализации дренажных вод для участка Джизакской степи, условия которой типичны для среднеазиатских объектов мелиорации.

Исследуемая площадь расположена на предгорной аккумуляционно-пролювиальной равнине. Региональный водоупор (кровля  $Q'_H$ ) залегает на глубине 70-130 м (рис. 1).

По мелиоративно-гидрогеологическим условиям участок относится к области подпора и выклинивания, району затрудненного оттока грунтовых вод с глубиной залегания до 3-10 м. Содержание плотного остатка изменяется от 5 до 50 г/л, тип минерализации сульфатный и сульфатно-хлоридный. Содержание солей в грунтовых водах и в грунтах с глубиной постепенно уменьшается и в водоносном пласте на глубине 25-45 м составляет 1-2 г/л.

В геофильтрационном строении на участке распространены двухслойный пласт (П-4,5,7,8 -  $Zm$ ), многослойная система (IУ-9-  $Zm$ ) и однослойная система слабопроницаемых пород (У-1,2-  $Zm$ ). Восходящая фильтрация подземных вод в естественных условиях способствует накоплению солей в покровных отложениях слабопроницаемых пород; интенсивность соленакпления резко возрастает в верхней части разреза под влиянием испарения с поверхности грунтовых вод. Такие условия способствуют формированию солевых эпюр, характеризующих геомиграционные схемы II-В и III-В [1]. Комплекс гидрогеологических параметров, параметры переноса солей, тип и параметры дренажа положены в основу расчета прогнозной оценки динамики минерализации дренажных вод пяти рассмотренных расчетных схем (см. рис. 1).

В динамике минерализации стока горизонтального дренажа



| N<br>расчет-<br>ной<br>схемы | Геофильтрационная<br>схема | Гидрогео-<br>логич.<br>параметры                                                                                                                                              | Геомиграционная<br>схема | Параметры<br>переноса<br>солей                   | Тип и<br>параметры<br>дренажа                                                    | Расчетная<br>зависимость                                              | Прогнозная<br>минерализация<br>дренажных вод |
|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                              | обознач.                   |                                                                                                                                                                               | обознач.                 |                                                  |                                                                                  |                                                                       |                                              |
| 1                            |                            | V-1-Zm<br>$m_0 = 5 \text{ м}$<br>$K_0 = 0.02 \text{ м/сут}$<br>$m_1 = 10 \text{ м}$<br>$K_1 = 0.01 \text{ м/сут}$<br>$\mu = 0.01 \text{ м/сут}$                               |                          | III-B<br>$D = 8 \cdot 10^{-5}$<br>$\mu_2 = 0.35$ | Горизонтальный<br>$Z_d = 3.55 \text{ м}$<br>$L = 150 \text{ м}$                  | $C(t) = C_m e^{-\lambda t}$<br>$t \leq t_m$                           |                                              |
| 2                            |                            | V-2-Zm<br>$m_0 = 5 \text{ м}$<br>$K_0 = 0.02 \text{ м/сут}$<br>$m_1 = 15 \text{ м}$<br>$K_1 = 0.01 \text{ м/сут}$<br>$\mu = 0.01 \text{ м/сут}$<br>$\mu = 0.02 \text{ м/сут}$ |                          | II-B<br>$D = 5 \cdot 10^{-5}$<br>$\mu_2 = 0.35$  | Горизонтальный<br>$Z_d = 3.55 \text{ м}$<br>$L = 175 \text{ м}$                  |                                                                       |                                              |
| 3                            |                            | II-8-Zm<br>$m_0 = 22 \text{ м}$<br>$K_0 = 0.05 \text{ м/сут}$                                                                                                                 |                          | III-B<br>$D = 8 \cdot 10^{-5}$<br>$\mu_2 = 0.35$ | Вертикальный<br>$Z_{\text{зак}} = 60 \text{ м}$<br>$Z_{\text{ф}} = 10 \text{ м}$ | $C(t) = C_{20} +$                                                     |                                              |
| 4                            |                            | II-8-Zm<br>$L = 25 \text{ м}$<br>$m = 8 \text{ м}$<br>$T = 100 \text{ м/сут}$                                                                                                 |                          | II-B<br>$D = 8 \cdot 10^{-5}$<br>$\mu_2 = 0.35$  | Вертикальный<br>$Z_{\text{зак}} = 60 \text{ м}$<br>$Z_{\text{ф}} = 10 \text{ м}$ | $+ C_m \sum_{n=1}^{\infty} \bar{\omega}_n \bar{t}_n e^{-\lambda_n t}$ |                                              |
| 5                            |                            | II-5-Zm<br>$m_0 = 40 \text{ м}$<br>$K_0 = 0.01 \text{ м/сут}$<br>$L = 45 \text{ м}$<br>$m = 5 \text{ м}$<br>$T = 50 \text{ м/сут}$                                            |                          | II-B<br>$D = 8 \cdot 10^{-5}$<br>$\mu_2 = 0.35$  | Вертикальный<br>$Z_{\text{зак}} = 60 \text{ м}$<br>$Z_{\text{ф}} = 5 \text{ м}$  |                                                                       |                                              |

Рис. 1. Расчетные схемы и результаты приближенного прогноза динамики минерализации дренажных вод для фрагмента Джизакской степи.

Участок проектируемого вертикального дренажа  
 Участок проектируемого горизонтального дренажа

II-5-Zm Геофильтрационная схема

II-B Геомиграционная схема

-70-80- Изолинии кровли

5 Номера расчетных схем

можно выделить три основных этапа формирования так называемой "выходной кривой".

Первый этап характеризуется значительным снижением минерализации дренажных вод (в 2-4 раза по сравнению с исходным значением) и отражает нестационарный процесс миграции солей в междренье. Динамика минерализации дренажных вод в этот период приближенно выражается зависимостью:

$$C = C_H \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{при} \quad 0 \leq t \leq t_H, \quad (1)$$

где  $C$  - минерализация дренажных вод в момент времени  $t$  г/л;

$C_H$  - начальная минерализация, г/л;

$t$  - время, год;

$t_H$  - продолжительность этапа нестационарной миграции солей, которая может быть ориентировочно установлена из соотношений:

$$\text{при } C_H > 30 \quad t_H = \frac{1.4}{\lambda};$$

$$10 \leq C_H \leq 30 \quad t_H = \frac{1.0}{\lambda};$$

$$C_H < 10 \quad t_H = \frac{0.7}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{10^3 \cdot K_n \cdot Z_A}{m_n \cdot L_A}, \quad (2)$$

где  $K_n$  и  $m_n$  - коэффициент фильтрации (м/сут) и мощность покровного слоя, м;

$Z_A$  - глубина заложения дрен, м;

$L_A$  - междреннее расстояние, м.

Второй этап характеризуется снижением минерализации дренажных вод на 10-15% от исходного значения и отражает квазистационарный процесс миграции солей в междренье. Длительность его примерно вдвое превышает длительность нестационарной миграции, а динамика минерализации дренажных вод аппроксимируется линейной зависимостью.

Третий этап характеризуется изменением плотного остатка дренажных вод в пределах 3-10% от исходного значения и отражает фактически стационарный миграционный процесс. При исход-

ной минерализации дренажных вод более 10 г/л в этот период плотный остаток стабилизируется в пределах 4–6 г/л, при меньшей исходной минерализации значение плотного остатка 3–4 г/л.

Результаты расчетов показали, что в описанных условиях при работе горизонтального дренажа продолжительность этапа нестационарной миграции солей при междренном расстоянии 150 м составляет 5–6 лет (схема 1), а при междренном расстоянии 175 м – 7–8 лет (схема 2).

Через 15–20 лет в таких условиях минерализация дренажных вод уменьшится до 4–5 г/л и дренажные воды можно будет рассматривать как дополнительный источник поливной воды.

Динамика минерализации стока вертикального дренажа отличается более сложным и длительным процессом миграции солей в покровном слое и основном водоносном пласте. В этом случае представляется возможным выделить три основных этапа в формировании "выходной кривой":

- увеличение минерализации;
- период относительной стабилизации;
- последующее снижение минерализации, отражающее нестационарный миграционный процесс. Продолжительность характерных периодов обусловлена особенностями строения области миграции и режимом эксплуатации систем.

Неравномерность поля скоростей фильтрации в покровном слое предопределяет различную интенсивность рассоления и, следовательно, влияет на формирование минерализации дренажных вод. Теоретические и экспериментальные исследования поля скоростей фильтрации при рассолении пород аридной зоны (В.М.Шестаков, Д.Ф.Шульгин, И.Ф.Музычук, В.С.Макарова, Г.М.Нешумов, В.Маргулис и др.) позволяют выделить в покровном слое три зоны с характерным интервалом скоростей фильтрации:

- I  $V > 0,05$  м/сут – преобладает конвективный перенос солей;
- II  $0,005 \leq V \leq 0,05$  – конвективный и диффузионный перенос солей соизмеримы;
- III  $V < 0,005$  – преобладает диффузионный перенос солей.

Для зоны с преобладающим развитием диффузионных процессов характерны неустойчивый солевой режим и проявление процессов вторичного засоления при гидроморфном режиме: т.е., по существу,

при низкой скорости фильтрационного потока формируется зона, "инертная" по отношению к основному водоносному пласту. Для рассоления верхней части покровных отложений III зоны часто на практике строится временный горизонтальный дренаж. Таким образом, область нисходящей миграции солей может не совпадать с зоной гидродинамического влияния скважины ( $R$ ), и при решении задач мелиоративной практики, связанных с оценкой рассоления пород покровных отложений и формированием химического состава дренажных вод, исследование поля скоростей фильтрации на ранних стадиях позволяет целенаправленно проектировать тип и конструкцию дренажных сооружений для создания и регулирования оптимального водно-солевого режима.

Построение поля скоростей фильтрации может быть осуществлено на ранних стадиях исследований методом аналогового моделирования или аналитически. Это позволяет при заданных параметрах дренажа установить протяженность зон с различным механизмом переноса солей и определить радиус миграционного влияния ( $R_m$ ).

Минерализация дренажных вод складывается из минерализации водоносного пласта и солей, поступающих из I и II зон покровного слоя. Приближенно эта зависимость для равномерного исходного засоления в покровном слое может быть представлена в виде

$$C_2(t) = C_{20} + C_{10} \bar{\omega}_I \bar{t}_I \exp\left(-\frac{V_I t}{n_2 L}\right) + C_{10} \bar{\omega}_{II} \bar{t}_{II} \exp\left(-\frac{0,1 \cdot V_{II} \cdot L \bar{t}_{II}}{D}\right), \quad (3)$$

где  $C_2(t)$  — минерализация вод, отводимых вертикальным дренажем, г/л;

$C_{20}$  — исходная концентрация солей в пласте, г/л;

$C_{10}$  — исходная концентрация солей в покровном слое, г/л;

$t$  — время, сут;

$\bar{t}_I = \frac{t}{t_K}$ , где  $t_K$  — время опреснения покровной толщи при конвективном переносе солей, сут;

$$t_K = \frac{7n_2 L}{V_I};$$

$\bar{t}_g = \frac{t}{t_c}$ , где  $t_c$  — время опреснения покровной толщи при соизмеримых конвективном и диффузионном переносе солей.

Решив зависимость С.Ф.Аверьянова [2], описывающую рассоление пород покровных отложений, относительно времени, получим:

$$t_c = t_1 + 2t_2 + 2\sqrt{t_1 \cdot t_2 + t_2^2},$$

где  $t_1 = \frac{L}{V_I}$ ;  $t_2 = \frac{4D}{V_{II}^2}$ ;

$V_I$  — скорость нисходящей фильтрации в I зоне покровной толщи, м/сут;

$V_{II}$  — то же, во II зоне, м/сут;

$L$  — мощность покровной толщи, м;

$n_2$  — эффективная пористость;

$D$  — коэффициент конвективной диффузии (гидродисперсии), м<sup>2</sup>/сут;

$\bar{\omega}_I, \bar{\omega}_{II}$  — отношение площади поперечного сечения I и II зон к площади гидродинамического влияния скважины.

Для линейного вертикального дренажа:

$$\bar{\omega}_I = \frac{y_1}{y}; \quad \bar{\omega}_{II} = \frac{y_2 - y_1}{y}.$$

Для систематического вертикального дренажа:

$$\bar{\omega}_I = \frac{R_1}{R}; \quad \bar{\omega}_{II} = \frac{R_M^2 - R_1^2}{R^2};$$

$y, y_1, y_2, R_1, R_M, R, L$  — обозначения на рис. 2.

На основании расчетов по предложенной методике построены графики изменения минерализации дренажных вод (см. рис. 1), по которым минерализация достигает максимума через 8 лет (схема 4,  $m_n = L = 25$  м), через 10 лет (схема 3,  $m_n = L = 25$  м), через 14 лет (схема 5,  $m_n = L = 45$  м).

Максимальное значение по схемам 4 и 5 составляет 4–4,5 г/л ( $C_{10} = 15$  г/л), по схеме 3 — 4,5–5 г/л ( $C_{10} = 20$  г/л). С учетом амплитуды колебания эти значения могут увеличиваться до 5–6 г/л.

После непродолжительного периода относительной стабилизации максимального значения следует период снижения минера-

лизации дренажных вод до исходного значения ( $C_{20}$ ). Характер снижения плотного остатка и продолжительность отдельных этапов формирования минерализации дренажных вод показаны на рис. 1. При двухслойном строении пласта и мощности покровной толщи порядка 25 м (схема 3 и 4) длительность трех характерных

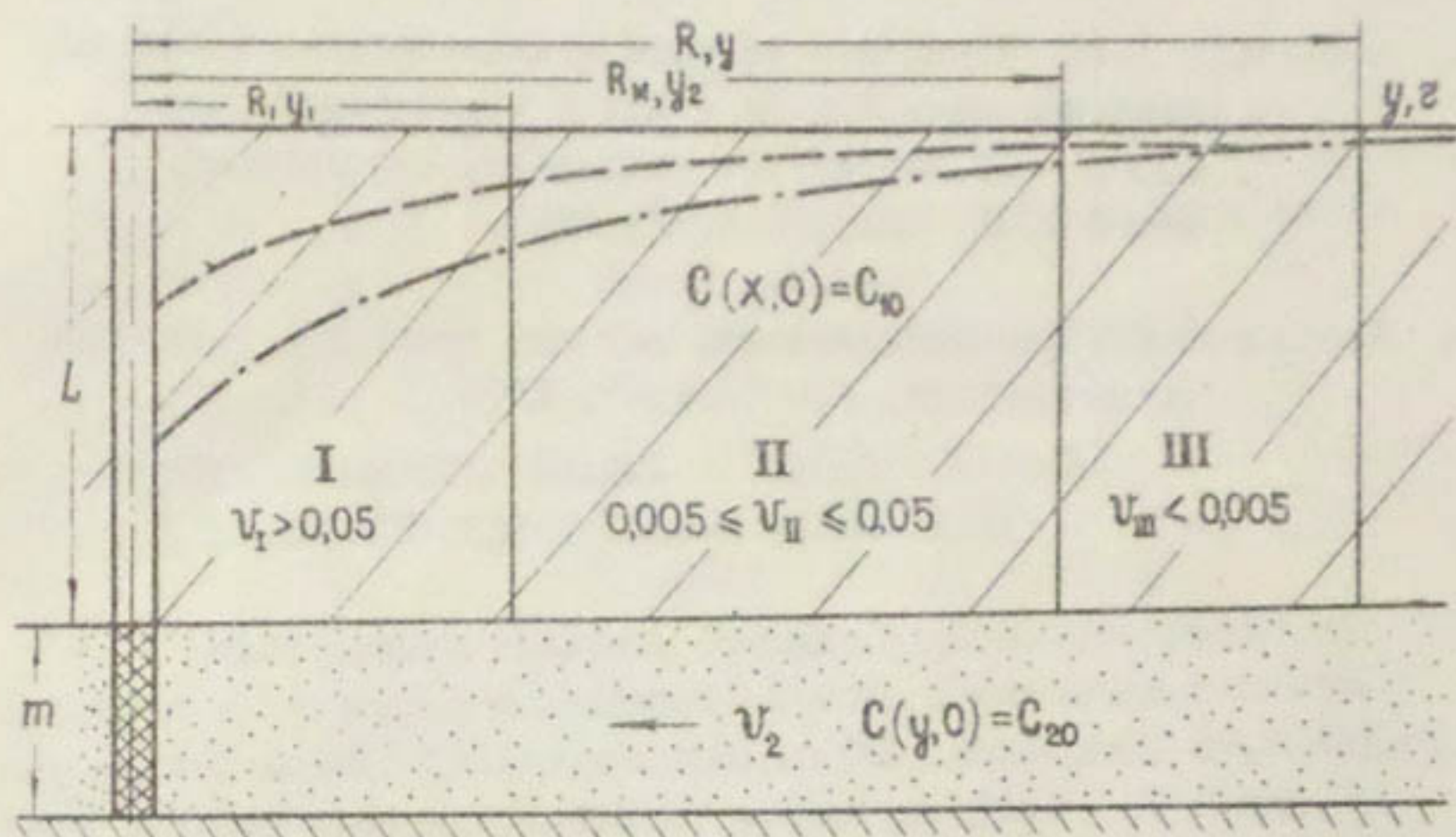


Рис. 2. Схема двухслойного пласта при работе вертикального дренажа

- // Суглинки      ▨ Пески  
 - - - - - Уровень грунтовых вод  
 - · - · - - Пьезометрический уровень  
 I, II, III - Зоны с различным механизмом переноса солей.

периодов составляет 25-30 лет (при дебите скважины  $Q_{скв} = 1300 \text{ м}^3/\text{сут}$ ), а при мощности покровной толщи около 45 м продолжительность этих периодов увеличивается до 30-40 лет (при  $Q_{скв} = 2160 \text{ м}^3/\text{сут}$ ).

## Л и т е р а т у р а

1. Сойфер С.Я. Принципы геомиграционной схематизации для решения мелиоративных задач. - Тр. Совхозпроект, № 3 (43), 1975.
2. Аверьянов С.Ф. Некоторые вопросы предупреждения засоления земель и меры борьбы с ним в Европейской части СССР. - Сб. "Орошаемое земледелие Европейской части СССР". М., "Колос", 1965.
3. Использование минерализованных вод для орошения. - Научные труды ВАСХНИЛ. М., "Колос", 1973.

УДК 631,6:626.86

Ф.В.Серебренников, канд.техн.наук,  
руковод.лабор.  
(Средазгипроводхлопок)

## РОЛЬ ПРОМЫВНОГО РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ И ДРЕНАЖА В КОМПЛЕКСЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В нашей стране намечены широкие перспективы развития орошения в аридной и полуаридной зонах. Достаточно сказать, что если к началу 1971г. в целом по СССР орошалось 10,7 млн.га, то в будущем площадь орошаемых земель достигнет 21,0 млн.га, т.е. фактически увеличится вдвое. Только в республиках Средней Азии и Казахстане предстоит освоить 3,6 млн.га и тем самым довести площадь орошаемых земель до 9,7 млн.га.

Освоение большинства новых земель, в силу их природных особенностей, сопряжено с проблемой устранения существующего или предупреждения вторичного засоления орошаемых земель. Для борьбы с проявлениями процессов засоления осуществляется специальный комплекс мелиоративных и агротехнических мероприятий. Хотя основы комплекса были разработаны еще в конце 30-х годов [1], до сих пор среди специалистов нет единого мнения о роли составляющих комплекса мелиоративных мероприятий в направленном регулировании солевого режима почв. В первую очередь это относится к пониманию роли режима орошения и дренажа, занимающим центральное место в комплексе. В частности, об отсутствии единой оценки основ комплекса мелиоративных мероприятий свидетельствует дискуссия о глубине заложения горизонтального дренажа на орошаемых землях, раз-

вернувшись в 1971-1972 гг. на страницах журнала "Агроководство". Между тем накопленный практический опыт сельскохозяйственного освоения новых земель, опыт эксплуатации существующих оросительных систем, а также современный уровень мелиоративной науки позволяют дать четкую трактовку роли основных составляющих комплекса мелиоративных мероприятий и одновременно ответить на ряд вопросов, непосредственно связанных с проблемой орошения земель, предрасположенных к засолению [2,5]. Сделать это тем более необходимо в свете задач уже начатого претворения в жизнь грандиозного плана развития орошаемого земледелия в нашей стране.

Мелиоративную сторону проблемы орошения засоленных или склонных к засолению земель наиболее полно и последовательно освещает, на наш взгляд, концепция, выдвинутая в середине 50-х годов группой ученых во главе с В.А.Ковдой [4]. Сущность этой концепции сводится к следующему. В гидрогеологическом отношении земли, подверженные процессам засоления, обладают слабой естественной дренированностью. Орошение таких земель сопровождается неуклонным подъемом минерализованных грунтовых вод из-за потерь воды на полях и фильтрации из оросительной сети. В ходе освоения благодаря промывному режиму орошения, осуществляемому на фоне дренажа, происходит вымыв солей из почвогрунтов зоны аэрации, а затем начинается медленный процесс спреснения верхних горизонтов грунтовых вод. Рассоление грунтовых вод должно достигнуть таких величин, "при которых, независимо от близкого уровня их залегания, процессы засоления в орошаемых почвах прекращаются" [4]. Таким образом, образование пресных грунтовых вод, изолирующих минерализованные собственно грунтовые воды, гарантирует от засоления почвогрунты зоны аэрации. Вот почему "главным объектом мелиорации в засоленных почвах являются минерализованные грунтовые воды" [5].

Приняв эту концепцию за основополагающую, рассмотрим, опираясь на опыт освоения новой зоны Голодной степи, основные вопросы борьбы с засолением орошаемых земель.

Прежде всего представляет интерес конкретизировать сроки перехода от мелиоративного к эксплуатационному периоду работы оросительной системы и уточнить смысл этих понятий.

В мелиоративный период применение инженерных средств мелиорации и агротехнических приемов направлено на выполнение главной задачи — гарантированного опреснения почвогрунтов зоны аэрации на глубину 2 м и до уровня, безвредного для выращивания культурных растений. Основная задача эксплуатационного периода — сохранение и поддержание достигнутого в мелиоративный период опреснения верхних горизонтов грунтовых вод (например до 4–6 г/л). Поэтому начало процесса рассоления грунтовых вод под совместным действием промывного режима орошения и работы дренажа следует считать переходом к эксплуатационному периоду. При относительно близком исходном залегании грунтовых вод мелиоративный период длится обычно 2–3 года, при глубоком исходном залегании — 5–7 лет.

Раскрывается сущность промывного режима орошения. И в мелиоративный период, для рассоления почвогрунтов зоны аэрации, и в эксплуатационный, для сохранения опресненных горизонтов грунтовых вод, режим орошения должен носить промывной характер. Поэтому часть оросительной нормы расходуется сверх водопотребления на создание нисходящих токов в зоне аэрации и в грунтовых водах. Следует отметить, что для мелиоративного периода, когда решается задача устранения исходных запасов солей в почве, характерен форсированный тип промывного режима орошения. В последующем, в эксплуатационный период, на смену расточительному форсированному приходит экономный профилактический тип промывного режима орошения. Сам режим орошения формируется по-иному, чем при глубоком стоянии уровня грунтовых вод. Благодаря использованию свободной емкости зоны аэрации (путем аккумуляции поливной воды в самых верхних горизонтах грунтовых вод и в капиллярной кайме) становится возможным увеличение межполивных периодов и сокращение числа поливов. Это оказывает непосредственное влияние на способ и используемую технику полива. При выборе способа полива следует учитывать характерное для условий близкого залегания грунтовых вод капиллярно-грунтовое питание корнеобитаемого слоя.

По-новому можно оценить роль дренажа в комплексе мелиоративных мероприятий: дренаж призван блокировать восходящее движение солей из минерализованных собственно грунтовых

вод в опресненные верхние горизонты путем создания в зоне контакта пресных и минерализованных вод исходящих токов соответствующей интенсивности. При такой трактовке назначения дренажа ясно прослеживается связь между режимом орошения, создающим предпосылки для образования исходящих токов, и дренажем, обеспечивающим необходимую скорость движения этих токов в грунтовых водах. Кроме того, высказанное положение может служить основой для расчета дренажа орошаемых земель [6].

С тех же позиций ясно и недвусмысленно решается вопрос о глубине залегания дренажа. Поддержание благоприятного мелиоративного состояния земель в эксплуатационный период может быть достигнуто различными сочетаниями режима орошения и параметров дренажа, если в каждом варианте режим орошения обеспечивает заданный диапазон влажности в корнеобитаемом слое почвы, а дренаж, отводя некоторую часть оросительной нормы, создает в грунтовых водах поле скоростей, препятствующее восходящему движению солей. Поэтому параметры дренажа следует назначать исходя только из технико-экономических соображений [7,8]. Отсутствие единого мнения в этом вопросе объясняется неправильной его постановкой: следствие, т.е. глубина дренажа, принимается за исходное условие. Опыт освоения земель новой зоны Голодной степи свидетельствует, что оптимальной глубиной заложения горизонтального закрытого дренажа следует считать 3,5 м.

Конкретизируются также сроки строительства дренажа. При относительно близком исходном залегании уровня грунтовых вод дренаж необходимо строить одновременно с оросительной сетью для того, чтобы максимально усилить эффективность капитальных промывок и промывного действия поливов. При глубоком исходном залегании грунтовых вод строительство дренажа должно быть завершено ко времени их поднятия на глубину 4-5 м, чтобы создать необходимые условия рассоления верхних горизонтов грунтовых вод. В любом случае строительство дренажа должно быть закончено в течение мелиоративного периода.

Получает четкое решение задача оценки мелиоративного состояния орошаемых земель на стадии эксплуатационного периода. В качестве основного показателя мелиоративного состояния

следует рассматривать величину минерализации верхних горизонтов грунтовых вод [9]. Наличие опресненных горизонтов свидетельствует о благоприятном мелiorативном состоянии орошаемых земель. Напротив, наличие минерализованных грунтовых вод (20 и более г/л) указывает на интенсивное развитие процессов засоления зоны аэрации. Возможны промежуточные случаи, когда можно говорить о неустойчиво благоприятном или неустойчиво неблагоприятном состоянии земель.

Вопрос о необходимости проведения антифильтрационных мероприятий на оросительной сети получает однозначный ответ. Поскольку потери на фильтрацию способствуют образованию так называемой вторичной напорности грунтовых вод и, увеличивая нагрузку на дренаж, ухудшают условия поддержания и сохранения опресненных горизонтов грунтовых вод, становится очевидной целесообразность гидроизоляции всех звеньев оросительной сети.

Не имеет смысла рассчитывать на медленное, протекающее десятилетиями, опреснение приканальной зоны, так как того же эффекта можно добиться применением обычных приемов: промывным режимом орошения, дренажем и т.д.

Рассмотренная взаимосвязь между режимом орошения и работой дренажа представляет интерес с точки зрения решения задач прогнозирования солевого режима на основе методов физико-химической гидродинамики пористых сред. Все изложенное выше свидетельствует о том, что недостаточно ограничиваться учетом движения солей только в зоне аэрации или только в грунтовых водах. Напротив, прогноз следует вести одновременно для зоны аэрации и грунтовых вод, учитывая, что в межполивной период бутор грунтовых вод срабатывается под одновременным действием суммарного испарения и дренажа, из-за чего скорости движения в капиллярной кайме и грунтовых водах направлены в противоположные стороны: в зоне аэрации — вверх, а в грунтовых водах — вниз, причем подвижной границей является поверхность грунтовых вод. Во время полива скорости различны по величине, но направлены в одну сторону — вниз при движущемся вверх уровне грунтовых вод. В первом приближении эта задача решена в работе [10], в иной поста-

новке аналогичная по смыслу задача рассмотрена в работе [11].

И в заключение следует отметить, что рассмотренная нами концепция может быть использована при разработке экономико-математической модели для выбора оптимального сочетания режима орошения, техники полива, вида и параметров дренажа.

Она может послужить основой и при решении более общего вопроса о целесообразности создания того или иного типа мелиоративного режима, зависящего от искусственно поддерживаемой глубины залегания уровня грунтовых вод на территории орошаемого объекта.

### Л и т е р а т у р а

1. Постановление Всесоюзного совещания по вопросам борьбы с засолением почв и освоения перелогов для орошения. - "Почвоведение", 1940, № 5.
2. Борьба с засолением орошаемых земель. М., "Колос", 1967.
3. Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель. М., "Колос", 1971.
4. Значение дренажа в повышении плодородия почв. М., 1956.
5. Ковда В.А. Дренаж в борьбе с засолением орошаемых почв. - В кн.: "Применение дренажа при освоении засоленных земель". М., Изд-во АН СССР, 1958.
6. Серебренников Ф.В. К расчету дренажа орошаемых земель. - "Докл. АН УзССР", 1973, № 9.
7. Айдаров И.П., Каримов Э.К. Некоторые вопросы обоснования мелиоративных режимов орошаемых земель при проектировании оросительных систем. - "Водные ресурсы", 1974, № 2.

8. Ракс Л.М. Технико-экономическое обоснование оросительных норм и параметров гидромелиоративных систем. - "Гидротехника и мелиорация", 1974, № 2.
9. Ковда В.А. Опыт оросительных мелиораций. - В кн.: "Мелиорация почв в СССР". М., "Наука", 1971.
10. Серебрянников Ф.В., Карпов Н.Н., Пылев Н.Н. Прогнозирование на ЭВМ солевого режима в условиях орошения. - "Докл. АН УзССР", 1975, № 6.
11. Голованов А.Н., Новиков О.С. Математическая модель переноса влаги и растворов солей в почвогрунтах на орошаемых землях. - Тр. МГМИ, т. XXXVI, М., 1974.

УДК 631.413

М.К.Громатович, руковод. группы  
Ф.В.Серебренников, канд. техн. наук,  
руковод. лабор.

А.В.Толстунов, руковод. группы

(Средазгипроводхлопок)

### О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА В КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Комбинированный дренаж на орошаемых землях, подверженных засолению, не получил должного распространения, хотя идея его применения возникла в начале XX века и эксплуатация его позволила бы избежать основных недостатков горизонтального и вертикального дренажа.

Если в отношении горизонтального и вертикального видов дренажа имеется богатый опыт проектирования, строительства и эксплуатации дренажных систем в самых различных природных условиях аридной зоны Советского Союза (достаточно в качестве примера привести новую зону орошения Голодной степи), то применение комбинированного дренажа не вышло за пределы опытно-производственных участков (Чарджоуский оазис, Мугено-Сальянская степь в Азербайджане).

Комбинированный дренаж представляет собой систему открытых или закрытых горизонтальных дрен или водоводов и подключенных к ним вертикальных скважин-усилителей, вскрывающих хорошо проницаемые обводненные горизонты. Скважины комбинированного дренажа, в отличие от вертикального, работают без принудительной откачки, только под действием естественного напора, возникающего в результате разности уровня грунтовых

вод в середине междуренья и горизонта воды в устье скважины-усилителя. Отсутствие высоких градиентов в прифилтровой зоне позволяет значительно упростить конструкцию таких скважин по сравнению со скважинами вертикального дренажа, не говоря уже о том, что полностью устраняется проблема электро-снабжения. Отпадает также необходимость в дорогостоящем насосно-силовом оборудовании.

Применение комбинированного дренажа во многом определяется гидрогеолого-мелиоративными условиями. Усилители вертикального типа наиболее эффективны в грунтах слоистых, когда дрена по условиям отвода воды не может быть заглублен до хорошо проницаемого слоя и усилители, прорезая оставшуюся не вскрытой прослойку покровного грунта с малым коэффициентом фильтрации, дают выход грунтовой воде из нижнего слоя непосредственно в дрена без больших потерь напора. Обычно комбинированный дренаж бывает эффективен при мощности слабопроницаемого слоя не более 20 м, однако в каждом конкретном случае необходимо проводить технико-экономический анализ.

Комбинированный дренаж целиком и полностью отвечает задаче обеспечения благоприятного мелиоративного состояния земель, склонных к развитию процессов вторичного засоления.

Работу дренажа нельзя рассматривать в отрыве от промывного режима орошения. Последний, создавая в зоне аэрации преобладание нисходящих токов над восходящими, обеспечивает инфильтрационное питание грунтовых вод. Дренаж, в свою очередь, создает нисходящие токи в грунтовых водах. Формирование инфильтрационного питания за счет оросительной воды и поддержание нисходящих токов ведет к постепенному опреснению грунтов зоны аэрации, а затем и верхних горизонтов грунтовых вод. Образование и поддержание опресненных горизонтов, изолирующих минерализованные собственно грунтовые воды, гарантирует благоприятное мелиоративное состояние орошаемых земель.

Устройство скважин-усилителей способствует интенсификации нисходящих опресняющих токов в междуренной полосе, благодаря чему создается возможность значительно увеличить расстояния между закрытыми дренами, в ряде случаев (при относительно близком залегании водоносных горизонтов) ограничиться коллекторной сетью и одновременно обеспечить надлежащий от-

рицательный солевой баланс в зоне взращивания и грунтовых водах.

В контуре I очереди орошения и освоения земель Кершинской степи предстоит дренировать 234,2 тыс. га. По гидро-геолого-мелиоративным условиям более чем на 25% этой площади возможно применение комбинированного дренажа.

Натурные исследования работоспособности и эффективности комбинированного дренажа на территории Кершинской степи нами проводятся с 1970 г.

На опытном участке в совхозе "Аврора" была построена система скважин-усилителей, объединенных общим водоводом. Конструкции оголовков скважин-усилителей и водовод выполнены герметическими для обеспечения работы водовода в вакуумированном режиме. Однако срывы работ вакуум-насосов не позволили использовать систему как вакуумированную, и усилители работали самотеком.

Горизонтальный водовод был заглублен на 2 м, и фактически усилители работали не за счет разности напоров в междуреньях, а за счет природной напорности подземных вод. Дебиты скважин-усилителей при работе самотеком составляли 1,2-3,6 л/с, при работе в вакуумированном режиме они возрастали до 4-12 л/с, при этом манометры показывали увеличение напора в 2,5-4 раза.

Необходимо отметить, что опытный участок в совхозе "Аврора" расположен на предгорной пролювиальной равнине, образованной периферийной частью древних слившихся конусов выноса мелких водотоков, и гидрогеолого-литологические условия здесь оказались неблагоприятными для устройства усилителей. Мощность покровных отложений, состоящих из переслаивающихся суглинков и супесей, 24-27 м. Первый слой песка мощностью 2-2,5 м с коэффициентом фильтрации 10-12 м/сут прослеживается по участку на глубине 25-27 м. Второй слой песка, более мощный (5-12 м), залегает на глубине 40 м. На опытном участке тяжелые мелиоративные условия: близко залегают сильно минерализованные (27-30 г/л по плотному остатку) грунтовые воды, почвогрунты сильно засолены, присутствуют субнапорные подземные воды, пьезометрический уровень которых превышает уровень грунтовых вод на 1,2-2 м.

Скважины-усилители имеют следующую конструкцию: скважина

диаметром 350–500 мм обсажена металлическими или полиэтиленовыми трубами диаметром 200–219 мм с цементным фильтром на глубине 25–27 м или на глубине 40–45 м, с песчано-гравийной обсыпкой затрубного пространства.

Усилители на участке работали постоянно, даже когда сток из горизонтальных дрен прекращался. При работе усилителей отмечалось более интенсивное, чем при горизонтальном дренаже, снижение грунтовых вод и заметное снижение напорности подземных вод (рис. 1).

Изучение мелиоративной эффективности комбинированного дренажа по сравнению с горизонтальным проводилось также в колхозе "Москва" на опытном участке, расположенном вдоль коллектора К-8. В геоморфологическом отношении территория опытного участка представляет граничную область пролювиальной и аллювиальной равнины, сложенной переслаивающейся толщей средних и тяжелых суглинков, песков и супесей четвертичного возраста. Проводимость хорошо проницаемого горизонта песков с прослоями супесей более  $100 \text{ м}^2/\text{сут.}$  Покровные средние и тяжелые суглинки мощностью 5–8 м подстилаются мелкозернистым песком мощностью от 8 до 14 м. Коэффициенты фильтрации суглинков 0,12–0,2 м/сут, песков 11,2 м/сут.

На участке в первый год исследований изучалась работа открытой горизонтальной дрены глубиной 2,5 м, во второй год дрена была углублена до 4,2 м, в третий год на откосах открытой дрены были построены скважины-усилители. Гидрогеологические условия участка создали возможность заложения мелких усилителей глубиной 11–12 м, фильтр которых был опущен в песок на 3–4 м. Конструкции скважин-усилителей следующие: первая скважина пробурена диаметром 219 мм, обсажена полиэтиленовой трубой диаметром 100 мм, перфорированной на глубине 8–11 м, и засыпана песчано-гравийным фильтром; вторая скважина пробурена диаметром 168 мм, обсажена полиэтиленовой трубой диаметром 100 мм, перфорированной на глубине 7–11 м, и обернута стекловолокном. Работоспособность обеих конструкций оказалась почти однозначной. Усилители работали круглый год. Дебиты первой скважины оказались незначительно выше, чем второй, и составляли от 0,6 до 2,8 л/с, в зависимости от повышения напоров. Удельный дебит усилителей 1,3 л/с. После включения усилителей резко возрос удельный дренажный приток и

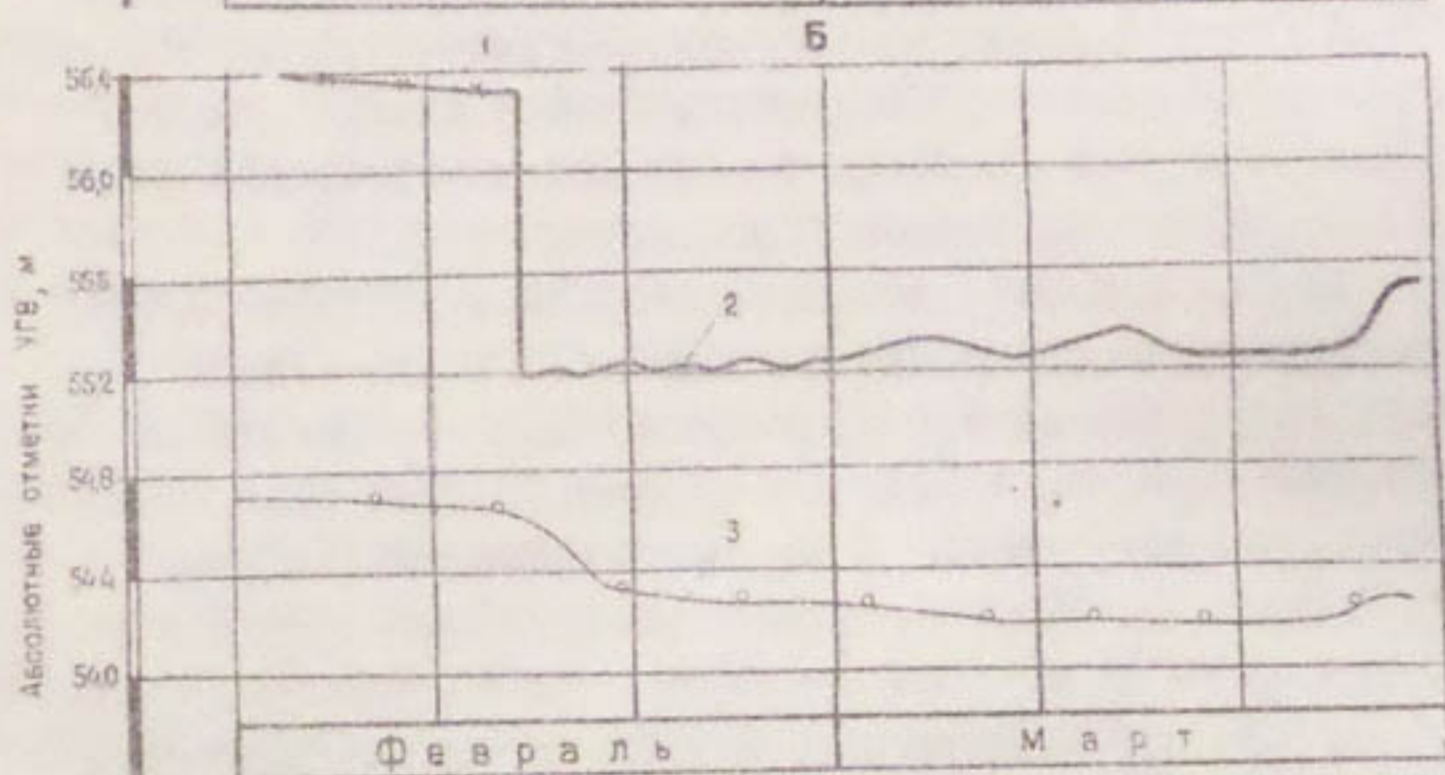
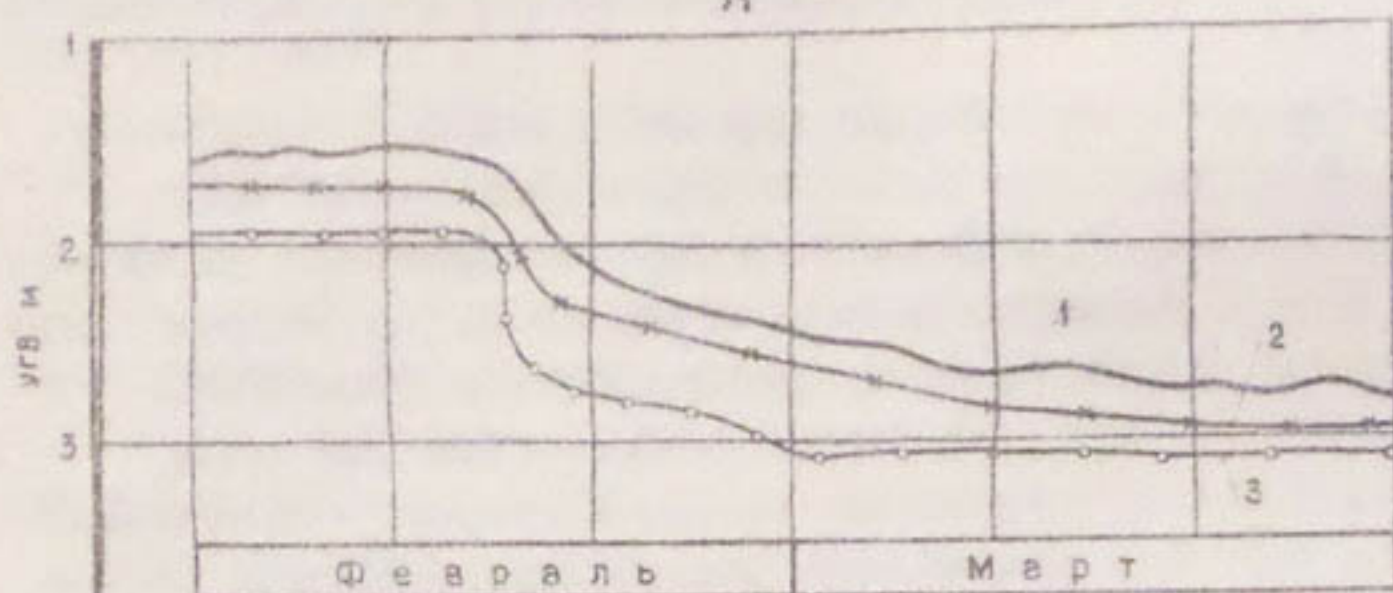
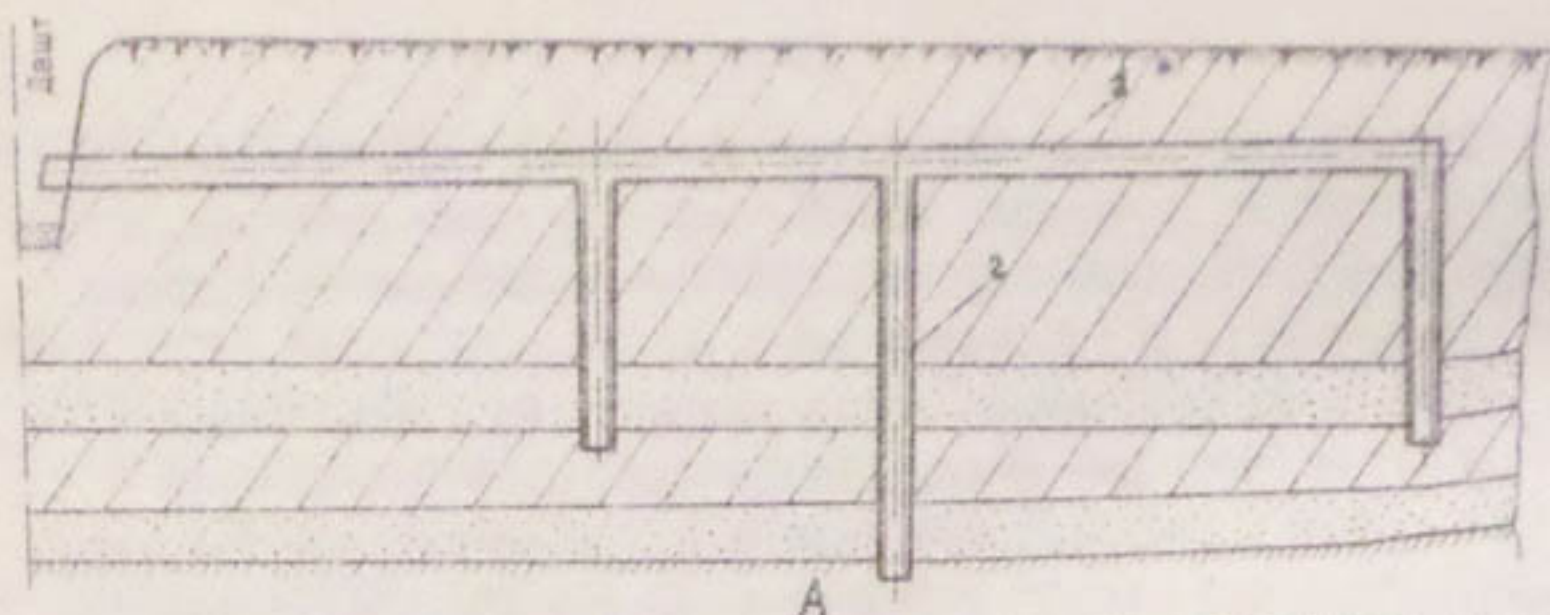


Рис. 1. Водовод со скважинами-усилителями  
в совхозе "Аврора":

А - Схема водовода: 1 - горизонтальный водовод;  
2 - скважина-усилитель; Б - Изменение уровней  
грунтовых вод при работе усилителей: 1 - в 100 м  
от дрены; 2 - в 50 м от дрены; 3 - в 20 м от  
дрены (по отношению к центральной скважине);  
В - Уровень грунтовых вод: 1 - в пьезометре  
глубиной 40 м; 2 - в пьезометре глубиной 40 м при  
работе усилителей; 3 - в пьезометре глубиной 6 м.

увеличились радиусы влияния дренажа. Так, радиусы влияния, определенные по депрессионным кривым, составляли 70–120 м для горизонтального дренажа глубиной 2,5 м, 180–230 м – для горизонтального дренажа глубиной 4,2 м и 250–360 м – для комбинированного дренажа (рис. 2).

С 1975 г. в совхозе № 11 ведутся наблюдения за работой семи скважин-усилителей, построенных на открытом коллекторе 22-ЮК-11. Расходы по отдельным усилителям составляют в среднем от 1 до 2,5 л/с. Обработка опытных данных и соответствующие теоретические расчеты показали, что устройство скважин-усилителей значительно увеличивает приток грунтовых вод в дренажную систему (почти в два раза), ведет к ощутимому снижению пьезометрических напоров в подстилающих мелкоземы водоносных горизонтах, создает предпосылки к увеличению междренних расстояний (в среднем в два раза).

Таким образом, есть все основания считать устройство комбинированного дренажа на территориях с небольшой мощностью средних и тяжелых по механическому составу покровных отложений исключительно перспективным.

На основании исследований для проектирования были рекомендованы конструкции скважин-усилителей и подключений этих скважин к закрытым и открытым дренам. В настоящее время в результате проработок, выполненных совместно проектными и исследовательскими подразделениями института "Средазгипроводхлопок", в рабочих чертежах в качестве типовой принята следующая конструкция скважины-усилителя: диаметр скважины по внешнему контуру фильтра 500 мм; водоподъемной служит полиэтиленовая труба диаметром 100 мм, перфорированная на всю высоту в пределах водоносного горизонта (скважность 4–5%); для создания фильтра используется песчано-гравийная смесь с диаметром частиц от 1 до 5 мм; устье скважины предохраняется потайным колодцем, который с помощью горизонтальной водоотводящей трубы соединяется с колодцем (смотровым или потайным) закрытой дрены или с открытым коллектором.

Принятая в рабочих чертежах института "Средазгипроводхлопок" конструкция скважины-усилителя проста в исполнении, экономична (в среднем стоимость одной скважины 0,95 тыс.руб.) и надежна в эксплуатации.

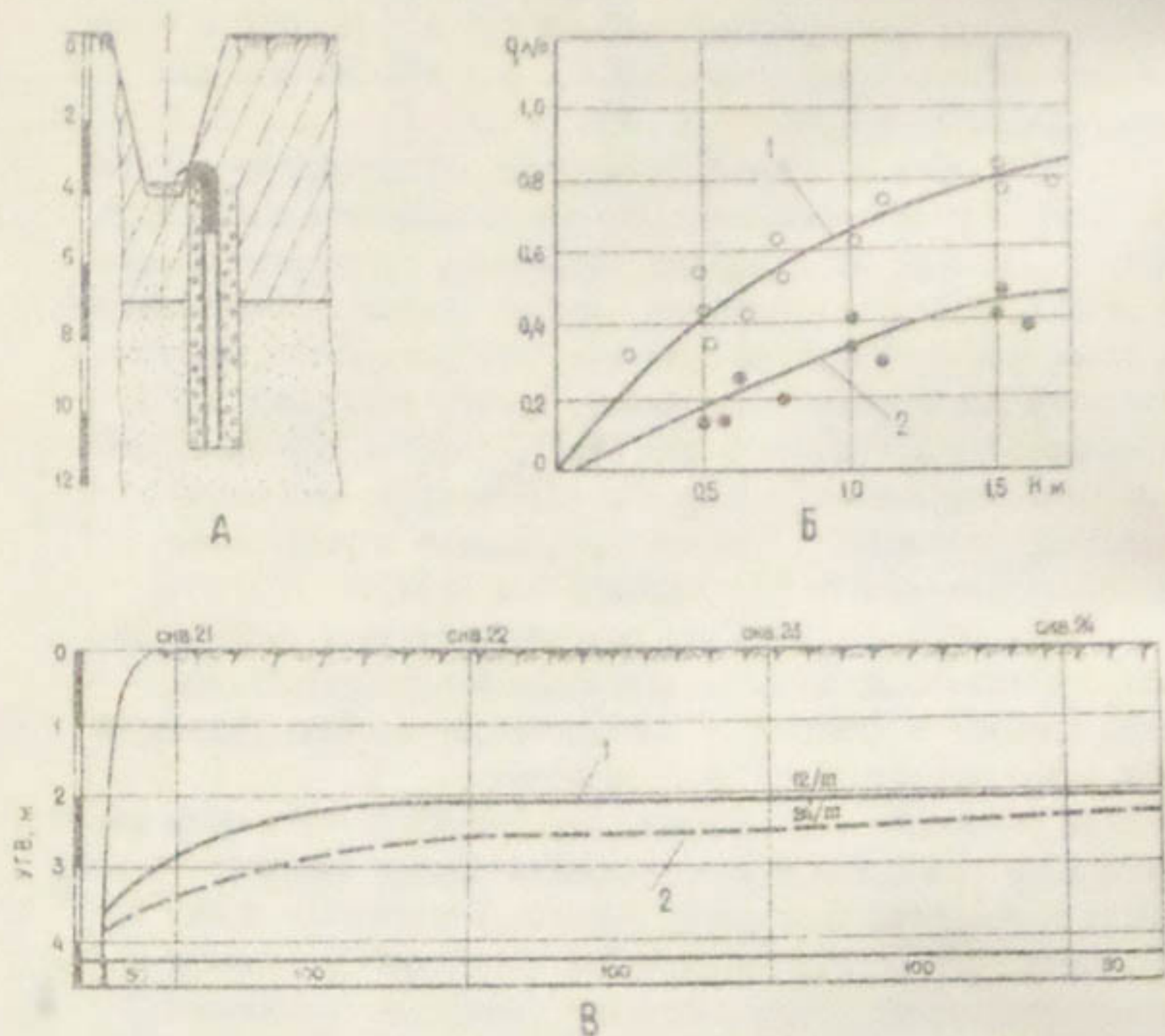


Рис. 2. Работа комбинированного дренажа в колхозе "Москва":

А - Схема конструкции скважины-усилителя на коллекторе К-8; Б - Зависимость удельного притока от расхода по коллектору К-8: 1 - при включении усилителя; 2 - при работе только коллектора; В - Депрессионные кривые при работе горизонтального и комбинированного дренажа на коллекторе К-8: 1 - при работе только горизонтального дренажа; 2 - при включении усилителей.

По предварительным расчетам, выполненным авторами данной статьи, приведенные затраты на строительство горизонтального дренажа на гектар более чем в 2 раза выше затрат на строительство комбинированного дренажа (0,7 тыс.руб. на гектар - для комбинированного и 1,72 тыс.руб. на гектар - для горизонтального дренажа).

Ожидаемый экономический эффект при строительстве комбинированного дренажа только на площади 62 тыс.га составит 62 млн.руб.

УДК 626.874:626.86

В.Е.Клыков, инж., аспирант  
Д.Ф.Шульгин, зав.каф., проф.,  
д-р техн.наук  
(Калининский политехнический ин-т)

#### ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НА ЭВМ ЗАДАЧИ СОЛЕВОГО ПРОГНОЗА В ПОЧВЕ С УЧЕТОМ КАТИОННОГО ОБМЕНА

Дефицит водных ресурсов в южных районах страны и ухудшение качества оросительных вод, обусловленное значительным поступлением с крупных оросительных систем в источники орошения дренажно-сбросных вод повышенной минерализации, вызывает необходимость изучения возможностей использования минерализованных вод для орошения сельскохозяйственных культур и промывок засоленных земель [1] - [4].

По имеющимся данным, объем дренажно-сбросных вод на многих орошаемых системах Средней Азии, Закавказья и других районов достигает 30% от водозабора. Использование этих вод позволяет не только получить дополнительное количество оросительной воды и возвратить на поля вынесенные с них удобрения, но и значительно улучшить качество вод таких рек, как Сырдарья, Амударья, Днепр, Дон и др.

В настоящее время уже накоплен отечественный и зарубежный опыт использования минерализованных вод для орошения. Однако среди мелиораторов, почвоведов и агрохимиков имеют место различные точки зрения на этот вопрос. Зачастую мнения противоречивы, что обусловлено как положительными, так и отрицательными результатами опытов по использованию минерализованных вод на практике [1], [4].

В условиях континентальных аридных районов и на суглинистых почвах возможность применения минерализованных вод для орошения ограничивается и тем в большей степени, чем хуже фильтрационные и выше сорбционные свойства почв, чем ближе к поверхности залегают грунтовые воды и выше их минерализация, чем больше начальное засоление почвы и хуже условия дренирования. Причем вредные последствия орошения минерализованными водами проявляются не только в интенсивном вторичном засолении почв, но и в изменении их физико-химических свойств, повышении щелочности, а также в ухудшении водно-физических свойств в результате осолонцевания и слитообразования почв. Последние процессы склонны развиваться при орошении земель Юга Европейской части страны, где степные почвы характеризуются значительной сорбционностью и малым содержанием солей кальция, в том числе гипса, а оросительные воды имеют повышенную щелочность. Здесь может потребоваться применение химических мелиорантов. Иные геохимические условия в большинстве районов Средней Азии. Они таковы, что способствуют обогащению природных вод и почв солями кальция, что исключает опасность осолонцевания почв.

Обоснование возможности использования минерализованных вод для орошения лежит на пути изучения особенностей строения, структуры и физико-химических свойств почв, а также процессов переноса легкорастворимых солей с учетом явлений ионного обмена. В связи с этим очень важно выяснить динамику состава поглощенных оснований и построить математическую модель, с помощью которой можно выполнять анализ существующего солевого режима, прогнозирование вероятных его изменений и образования вторичных солей, а также свойств почвы при орошении дренажно-сбросными водами.

В качестве первого приближения для оценки возможных изменений состава поглощенных оснований используются обычно количественные закономерности сорбции катионов почвами в виде изотерм обмена, основанных на законе действующих масс [5].

В обмене между скелетом почвы и раствором всегда участвует более двух ионов, и поглощение каждого из них будет зависеть от концентрации всех ионов в почвенном растворе. Решить количественно задачу в этом случае затруднительно.

Для упрощения задачи, следуя работе [5], примем предположения: 1) процесс обмена каждой пары ионов идет независимо от присутствия других ионов и 2) в каждый момент времени пары ионов, имеющиеся в почвенном растворе и адсорбированные почвенными коллоидами, находятся в равновесии, которое описывается для разновалентных ионов изотермой

$$\left(\frac{C_2}{N_2}\right)^{\frac{1}{n_2}} = a \left(\frac{C_1}{N_1}\right)^{\frac{1}{n_1}}, \quad (1)$$

где  $C_1, C_2$  - равновесные концентрации первого и второго ионов в почвенном растворе;

$N_1, N_2$  - адсорбированные почвой количества тех же двух ионов;

$a$  - коэффициент изотермы обмена;

$n_1, n_2$  - валентности ионов.

В качестве исследуемой пары ионов взяты катионы натрия и кальция ( $n_1 = 1, n_2 = 2$ ), наиболее сильно влияющие на водно-физические, фильтрационные и агротехнические свойства почвы и образование вторичных солей в почве. В результате экспериментов на монолитах черноземной почвы в пробной лаборатории ИГиИ изотерма обменной адсорбции между ионами натрия и кальция получена в виде

$$\frac{N_1}{\sqrt{N_2}} = b + a \frac{C_1}{\sqrt{C_2}} \quad (2)$$

и используется далее при численном решении задачи. Здесь и в дальнейшем индексы 1 и 2 относятся соответственно к концентрациям катионов натрия и кальция.

Задача обменной адсорбции катионов натрия и кальция в почвенной толще при промывке математически сформулируется так:

$$m_1 \frac{\partial C_1}{\partial t} = D_1 \frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2} - V(t) \frac{\partial C_1}{\partial x} - \frac{\partial N_1}{\partial t}, \quad (3)$$

$$m_2 \frac{\partial C_2}{\partial t} = D_2 \frac{\partial^2 C_2}{\partial x^2} - V(t) \frac{\partial C_2}{\partial x} - \frac{\partial N_2}{\partial t}, \quad (4)$$

$$\frac{N_1}{\sqrt{N_2}} = b + a \frac{C_1}{\sqrt{C_2}}, \quad N_1 + N_2 = N_0(x), \quad (5)$$

$$t=0: C_1(x, 0) = C_{10}(x), C_2(x, 0) = C_{20}(x), N_1(x, 0) = N_{10}(x), \quad (6)$$

$$t > 0 \begin{cases} x=0: (C_i - C_{in})V(t) = D_i \frac{\partial C_i}{\partial x}, & (i=1,2), \\ x=L: \frac{\partial C_1}{\partial x} = \frac{\partial C_2}{\partial x} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

(8)

Здесь введены следующие обозначения:

$C_i(x, t), N_i(x, t)$  — концентрации катионов соответственно в почвенном растворе и почвенном поглощающем комплексе (ППК) в точке на глубине  $x$  в момент времени  $t$ ;

$C_{i0}, N_{i0}$  — то же в начальный момент;

$C_{in}$  — концентрации катионов в промывной (поливной) воде;

$N_0(x)$  — обменная емкость поглощения почвы, не изменяющаяся со временем в каждом сечении в силу эквивалентности обмена катионов;

$m_i$  — эффективные пористости почвогрунта по отношению к катионам;

$D_i = D_{m_i} + \lambda_i V(t)$  — коэффициенты фильтрационной диффузии ( $D_{m_i}$  — коэффициент молекулярной диффузии,  $\lambda_i$  — параметр дисперсии);

$V(t)$  — скорость фильтрации;

ось  $x$  направлена вертикально вниз, начало координат выбрано на поверхности почвы;

$L$  — мощность исследуемого почвенного слоя;

$i = 1, 2$ .

Уравнения (3) и (4) выражают баланс катионов натрия и кальция в элементарном объеме почвы. Решение задачи (3)–(8) позволяет описать динамику ионов натрия и кальция в почвенном растворе и ППК, если будут известны их начальное распределение в почве, концентрация в промывной (поливной) воде, опытные параметры  $D_1, D_2, m_1, m_2, N_0, a, b$  и скорость фильтрации  $V(t)$ .

Решается система уравнений (3)–(8) конечно-разностным методом. Предварительно уравнения (3)–(5) приводятся к виду, удобному для решения. Из второй части формулы (5) находим

$$N_2(x, t) = N_0(x) - N_1(x, t), \quad (9)$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t} = -\frac{\partial N_1}{\partial t}. \quad (10)$$

Далее, подставив выражение (9) в уравнение кинетики ионного обмена и выражение (10) в уравнение (4), получим три формулы с тремя неизвестными функциями  $C_1(x, t)$ ,  $C_2(x, t)$ ,  $N_1(x, t)$ :

$$m_1 \frac{\partial C_1}{\partial t} = D_1 \frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2} - V \frac{\partial C_1}{\partial x} - \frac{\partial N_1}{\partial t}, \quad (11)$$

$$m_2 \frac{\partial C_2}{\partial t} = D_2 \frac{\partial^2 C_2}{\partial x^2} - V \frac{\partial C_2}{\partial x} + \frac{\partial N_1}{\partial t}, \quad (12)$$

$$\frac{N_1}{\sqrt{N_0 - N_1}} = \beta + a \frac{C_1}{\sqrt{C_2}}. \quad (13)$$

Из уравнения (13) имеем

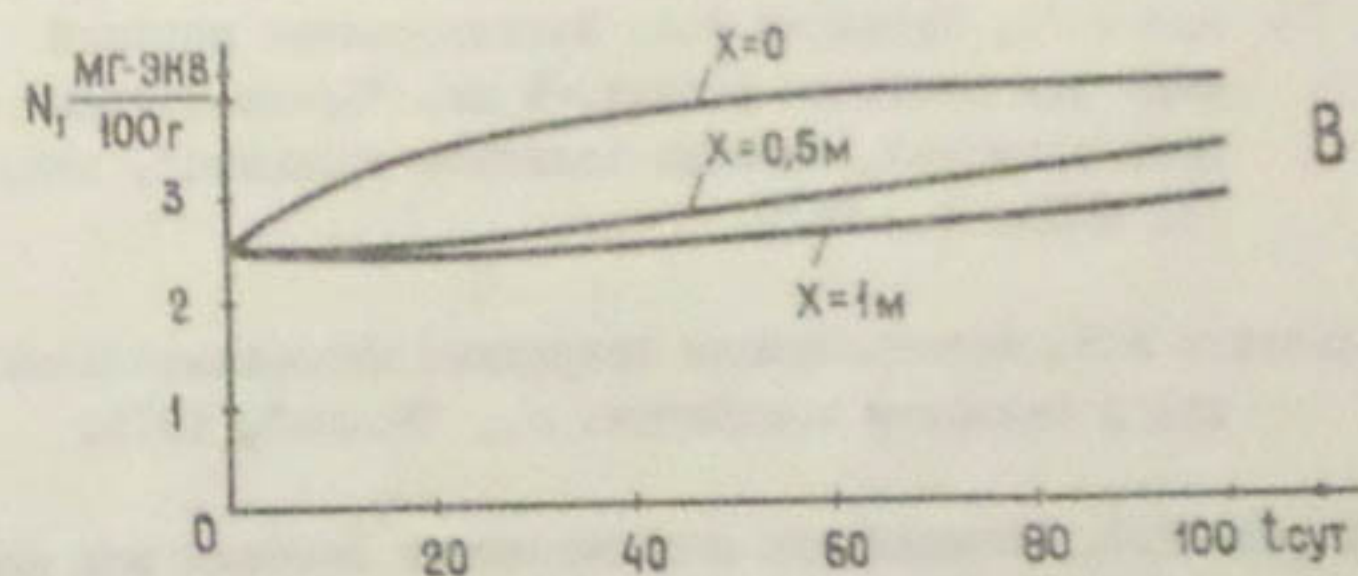
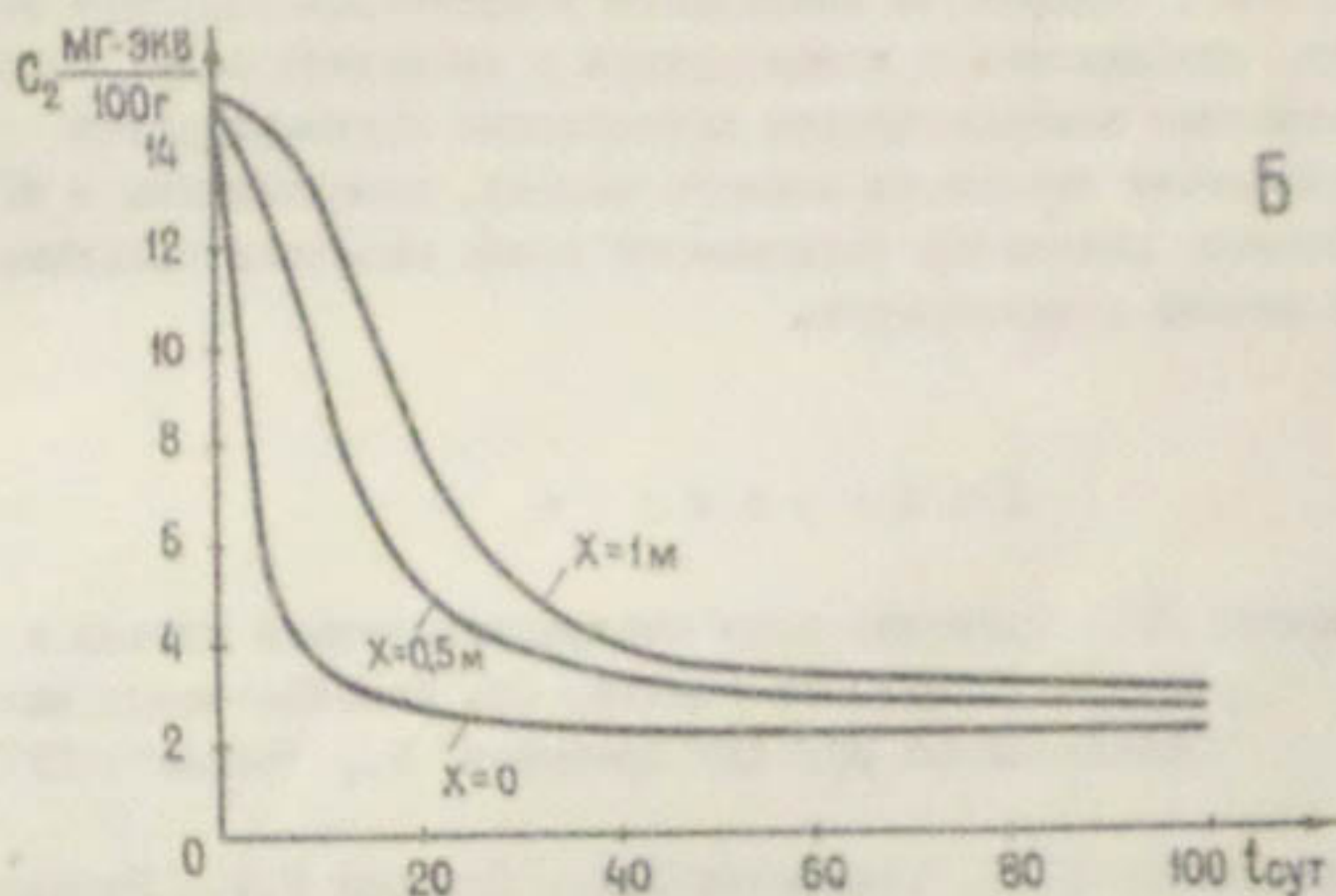
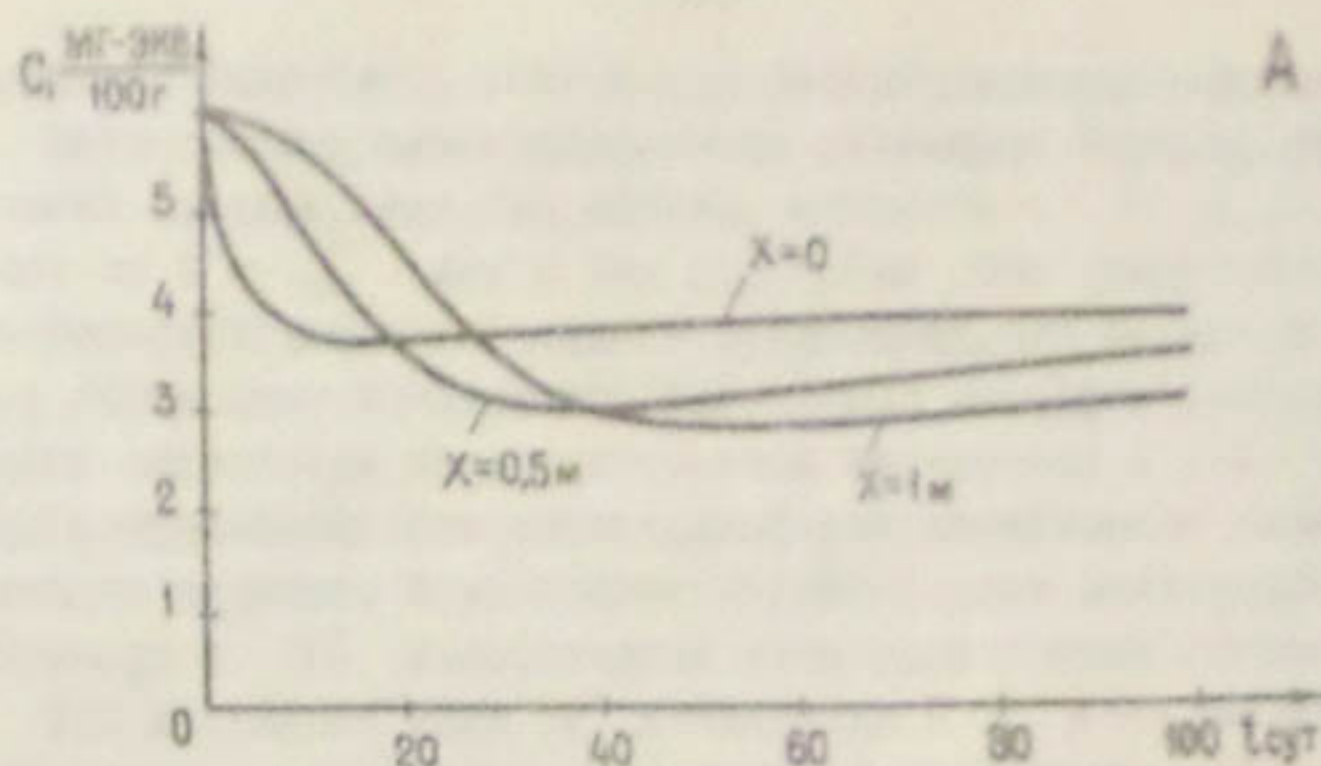
$$N_1 = \frac{z^2}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{4N_0}{z^2}} - 1 \right), \quad \left( z = \beta + a \frac{C_1}{\sqrt{C_2}} \right). \quad (14)$$

Если теперь формулу (14) продифференцировать по  $t$  и полученное выражение  $\partial N_1 / \partial t$  подставить в уравнения (11) и (12), то система распадается. Затем уравнения и граничные условия записываются по четырехточечной разностной схеме. Первые два уравнения относительно  $C_1$  и  $C_2$  решаются совместно методом матричной прогонки [6], после чего значения функции  $N_1(x, t)$  на  $(S+1)$ -м временном слое находятся непосредственно из разностного аналога уравнения (14).

В соответствии с разработанным алгоритмом была составлена программа для ЭВМ М-222 на языке "Алгол-60" и просчитан ряд вариантов задачи.

На ЭВМ было проведено изучение динамики ионов кальция и натрия в почвенном растворе и в ППК для случаев, когда содержание ионов кальция в промывной воде бралось соответственно равным  $C_{20} = 2; 5; 10$  и  $20$  мг-экв, а концентрация ионов натрия в промывной воде оставалась постоянной  $C_{10} = 4$  мг-экв. Другие исходные данные были следующие:  $C_{10} = 10$  мг-экв,  $C_{20} = 15$  мг-экв,  $N_{10} = 2,6$  мг-экв,  $N_0 = 30$  мг-экв,  $V = 0,01$  м/сут,  $D_i = \lambda_i V$  ( $i = 1, 2$ ) м<sup>2</sup>/сут,  $\lambda_1 = 0,11$ ,  $\lambda_2 = 0,149$  м,  $m_1 = m_2 = 0,2$ ;  $\beta = 0,112$ ,  $a = 0,248$ ,  $L = 1$ .

Проведенные расчеты показали, что для первых двух случаев ( $C_{20} = 2$  и  $5$  мг-экв) содержание натрия в ППК растет,



Кривые изменения во времени концентраций в почвенном растворе катионов натрия (А), катионов кальция (Б) и катионов натрия в почвенном поглощающем комплексе (В).

для последних двух случаев ( $C_{2n} = 10$  и  $20$  мг-экв) - падает.

На рисунке приведены кривые изменения концентраций  $C_1$ ,  $C_2$  и  $N_1$  с течением времени для трех сечений почво-грунтовой толщи:  $x=0$ ,  $x=0,5$  м и  $x=1$  м при  $C_{2n} = 2$  мг-экв. В данном случае при промывке почвогрунта наряду с процессами конвективной диффузии происходит интенсивное поглощение ионов  $Na$  ППК и вытеснение соответствующего количества ионов  $Ca$ . Этим объясняется тот факт, что в начальный период промывки содержание ионов  $Na$  в почвенном растворе падает и становится значительно ниже концентрации  $Na$  в промывной воде (см. рис. - А). В дальнейшем, по мере насыщения ППК ионами  $Na$ , содержание последнего в почвенном растворе возрастает, приближаясь к концентрации в промывной воде. Полученные расчетные закономерности качественно подтверждаются исследованиями процессов ионного обмена, выполненными в МГМИ при промывке монолитов черноземной почвы минерализованными водами разной концентрации.

### Л и т е р а т у р а

1. Минашина Н.Г. Орошение почв минерализованными водами и расчет промывного режима.-Сб. "Использование минерализованных вод для орошения". М., "Колос", 1973.
2. Грамматикати О.Г., Емельянов В.А., Олиаров К.К., Рамазанов Д.У., Шуганбов З.А. Использование морской воды для орошения земель.-В кн. "Прогрессивные способы орошения, включая машинное орошение", вып. 32, IX, МКИД, М., 1975.
3. Баскаченко И.Н. Использование природных минерализованных вод в сельском хозяйстве. М., "Колос", 1975.
4. Нестерова Г.С. Возможность использования соленых вод для орошения сельскохозяйственных культур. М., МСХ СССР, 1972.

5. Никольский Б.П., Парамонова В.И. Законы обмена ионов между твердой фазой и раствором. "Успехи химии", т.8, вып. 10, 1939.
6. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М., "Наука", 1971.
7. Горбунов Н.И. Поглощательная способность почв и ее природа. М., Сельхозгиз, 1968.

УДК 626.86

С.И.Сторожук, ст.науч.сотр.  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

Л.В.Ларина, гл.спец., руковод.  
лабор.

Л.М.Филатов, руковод.группы  
(Средазгипроводхлопок)

#### ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДРЕНЫ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВХОДНЫХ ГРАДИЕНТОВ

Конструктивные параметры дренажной трубы и фильтра, в частности скважность, диаметр перфорационных отверстий дренажных труб, толщина фильтровой обсыпки и соотношение коэффициентов просачивания фильтра и дренируемого грунта, оказывают влияние на фильтрационную прочность грунтов около-дренной зоны.

Исследование водозахватной способности мелкого дренажа, уложенного в хорошо водопроницаемом слое с фильтром из базальтового и стеклянного волокна с учетом конструктивных параметров дренажных труб и фильтров, было проведено Н.Г.Пивоваром и Г.В.Леонович методом ЭГДА.

Основные параметры моделирования: диаметр дрены 25-500 мм, соотношение коэффициентов фильтрации фильтра и дренируемого грунта 2-300, толщина фильтра 10-250 мм, соотношение междренного расстояния и глубины заложения дренажа 1,68-4, перфорация труб 0,03-10%.

Подобные исследования, выполненные А.В.Мясковым, Е.С.Семериновым, Н.И.Хрисановым, показали, что размеры фильтра

существенно не влияют на водозахватную способность дренажа, уложенного в хорошо проницаемом грунте.

Однако практически использовать полученные данные в условиях Средней Азии не представляется возможным в связи с тем, что закрытый горизонтальный дренаж с фильтром из не-связных материалов строится в основном в слабопроницаемых грунтах ( $K_{\phi} = 0,1-0,3$  м/сут) на глубине до 4 м и с междрен-ными расстояниями 150-300 м.

В настоящей работе сделана попытка оценить влияние конструктивных параметров дренажных труб и фильтров на водо-захватную способность глубокого дренажа в условиях Средней Азии. Исследования проводились методом ЭГДА. На этих же моделях решались вопросы о величине и распределении градиен-тов в придренированной зоне.

Распределение градиентов напора в придренированной зоне, в зоне дренируемого грунта и фильтра определялось на тонко-слоистой электропроводной бумаге при следующих параметрах закрытого горизонтального дренажа: глубине заложения дрен 2,5 м; междреннее расстояние 250 м; глубина водоупора 50 м (водоупор прямолинейный); наружный диаметр дренажных труб 150 мм; толщина круговой фильтровой обсыпки 50, 100, 150 мм; скважность дренажных труб  $P=0,2; 0,5; 1\%$ ; соотношение коэффициентов фильтрации фильтровой обсыпки и дренируемого грунта 10, 50, 100; диаметр отверстий 1, 3, 5, 10 мм.

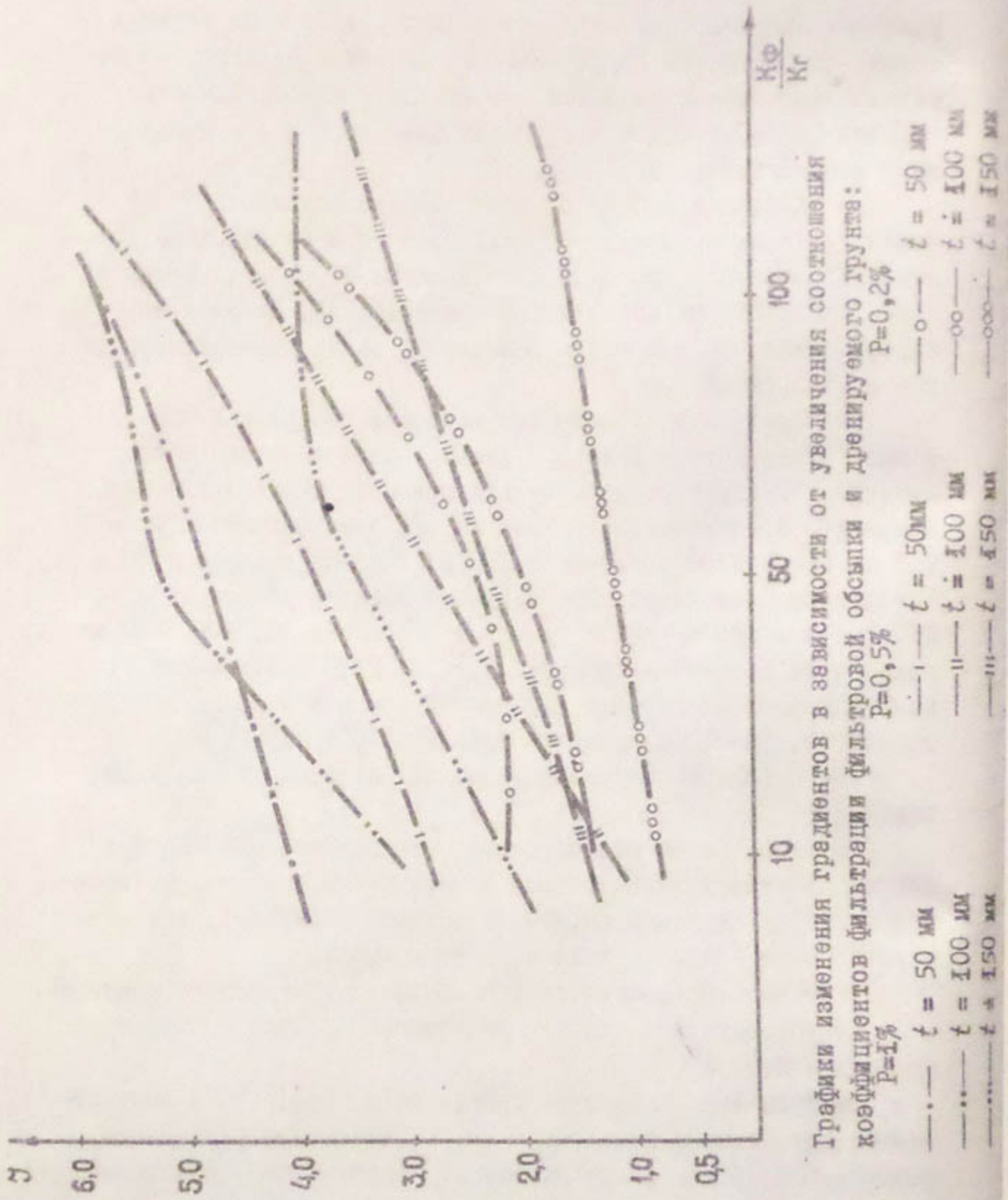
На основе проведенных исследований сделаны следующие выводы:

С увеличением водопроницаемости фильтра при одной и той же скважности максимально возможные градиенты в придрени-рованной зоне (дренируемом грунте на подходе к фильтру) возраст-тают за счет большого притока воды к дрене.

Увеличение скважности способствует увеличению градиента.

С возрастанием толщины фильтровой обсыпки уменьшаются градиенты напора.

Максимальное значение градиента в грунте (5,75) было по-лучено при толщине фильтра 50 мм, коэффициенте фильтрации фильтра 100 м/сут и скважности 1%, наименьшее - при толщи-не фильтровой обсыпки 150 мм, коэффициенте фильтрации фильтровой обсыпки 10 м/сут и скважности 0,2% (рисунок).



При постоянном соотношении коэффициентов фильтрации грунтов и скважности с уменьшением толщины фильтровой обсыпки градиенты как в дренируемом грунте, так и в фильтре возрастают.

С увеличением скважности градиент в дренируемом грунте возрастает, а в фильтре, у входа в перфорационные отверстия, уменьшается при одинаковой толщине и водопроницаемости фильтра.

При одних и тех же параметрах фильтра и постоянной скважности с уменьшением диаметра перфорационных отверстий градиент напоре как в дренируемом грунте, так и в фильтровой обсыпке возрастает, причем тем больше разница в значениях градиента, чем меньше скважность. Происходит это потому, что с уменьшением числа отверстий (входных отверстий для приема грунтовых вод) удлиняется путь фильтрации каждой струйки (потери по длине увеличиваются). Кроме того, поток к отверстиям становится более сосредоточенным, увеличивается скорость прохождения его через отверстие, а следовательно, значительно возрастают местные потери.

Выявлено, что наилучшие условия для фильтрационной прочности околосредной зоны, для обеспечения наибольшей водозахватной способности дрен, уложенных в среднеазиатских карьерных грунтах, создаются при  $d_{отв} = 3$  мм и  $0,5\% < P < 1\%$ , а также  $d_{отв} = 1$  мм и 5 мм при  $P = 0,5\%$ . Возникающие градиенты напора в дренируемом грунте, фильтре, по контуру фильтра, у входа в перфорационные отверстия являются оптимальными; за величину максимально возможного градиента напора при проектировании фильтров из среднеазиатских песков с коэффициентом фильтрации 0,1–0,3 м/сут, защищающих супесчаные грунты, может быть принято значение  $J = 2,5$ .

### Л и т е р а т у р а

1. Серебрянников Ф.В. Результаты определения рациональной скважности дренажных труб в лабораторных условиях. — Труды института "Среднеазиатский гидропроект", Вып. I. Ташкент, 1971.
2. Серебрянников Ф.В. Уточнение длины звеньев дренажных труб и площади перфорации. — "Гидротехника и мелиорация", 1969, № 2.

3. Пивовар Н.Г., Леонович Г.В. Исследование водозахватной способности и фильтрационных сопротивлений трубчатого дренажа на интеграторе ЭГДА. Киев, Изд-во АН УССР, 1972.
4. Мясков А.В. Расчет размеров водоприемных отверстий пластмассового дренажа из условия его незаиляемости. - Труды СевНИИГим. Л., 1970.
5. Ведерников В.В. Теория фильтрации и ее применение в области ирригации и дренажа. М., Госстройиздат, 1939.
6. Инструкция по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений. ВНИИГим им.Веденеева, М.-Л., "Энергия", 1965.
7. Фильчаков П.Ф., Панчишин В.И. Интеграторы ЭГДА, моделирование потенциальных полей на электропроводной бумаге. Киев, Изд-во АН УССР, 1961.

УДК 626.862

М.К.Громотович, руковод. группы  
(Средазгипроводхлопок)

## ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДРЕНАЖА ИЗ ПОРИСТЫХ БЕТОННЫХ ТРУБ

В последнее время в нашей стране стали применять трубо-  
фильтры — дренажные трубы из крупнопористого бетона [1].  
Пористая структура трубофильтров создается подбором грануло-  
метрического состава заполнителей из имеющихся местных мате-  
риалов и соответствующего количества вяжущего. Вяжущими слу-  
жат цемент, жидкое стекло, битумы, высокомолекулярные смолы  
и т.д. В качестве заполнителей обычно используют щебень, гра-  
вий, гальку, шлак, кирпичный бой, керамзит и др.

Трубофильтры, по сравнению с конструкциями из других  
материалов, обладают рядом преимуществ: нет необходимости в  
дорогостоящем фильтре, в качестве заполнителей применяются  
местные недорогие материалы, изготавливаются нужные формы индус-  
триальными методами и т.д.

Государственное специальное конструкторское бюро по ирри-  
гационным машинам (ГСКБ по ирригации) Главсредазирсовхозстроя  
предложило конструкцию пористых бетонных труб из щебня Д-2-10 мм  
на сульфатостойком портландцементе, проваренных в битуме. Она  
имеет преимущества перед гончарным дренажем и пористыми труба-  
ми других конструкций: лучшую, чем у гончарного дренажа, тех-  
нологичность укладки за счет обоюдоконусных муфт и осевую  
жесткость, что позволяет выдерживать дренажную линию; возможность  
выполнения стенок трубофильтра различной проницаемости; возмож-  
ность полной механизации строительства дренажа; высокую проч-

ность. Процесс изготовления труб налажен на Чингизском комбинате строительных материалов.

Для дополнительной производственной проверки труб вышеуказанной конструкции ГСКБ по ирригации построил в голодноостепском совхозе "Правда" две закрытые горизонтальные дрены. В одной из них трубы укладывались без фильтровой обсыпки, в другой — с песчано-гравийной обсыпкой.

Наблюдения за работоспособностью пористых бетонных труб конструкции ГСКБ по ирригации проводились лабораторией дренажа института "Средазгипроводхлопок" в 1974-1975 гг.

Оценка эффективности работы дрен из трубофильтров производилась путем сравнения с дренажем из обычных гончарных труб с песчано-гравийным фильтром. Работоспособность дрен из пористых и гончарных труб оказалась практически идентичной. Максимальные дренажные расходы, отмеченные после первого полива в 1974 г., по исследуемым дренам оказались почти равными. То же самое можно сказать и о расходах при напоре 0,8-1,0 м, что отражено в таблице.

Таблица

Расходы и модули дренажного стока дрен  
опытного участка пористых труб

| Дрена | Конструкция<br>дрены                               | Устьевой расход,<br>л/с |                         | Дренажный модуль, л/(с.га)<br>при напоре<br>0,8-1,0 м |
|-------|----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|
|       |                                                    | максимальный            | при напоре<br>0,8-1,0 м |                                                       |
| 1     | 2                                                  | 3                       | 4                       | 5                                                     |
| Д-168 | Пористые трубы с<br>песчано-гравийной<br>обсыпкой  | 0,66                    | 0,48                    | 0,11                                                  |
| Д-169 | Пористые трубы<br>без обсыпки                      | 0,65                    | 0,46                    | 0,11                                                  |
| Д-170 | Гончарные трубы с<br>песчано-гравийным<br>фильтром | 0,62                    | 0,40                    | 0,09                                                  |

| I     | 2                                                  | 3    | 4    | 5    |
|-------|----------------------------------------------------|------|------|------|
| Д-171 | Гончарные трубы с<br>песчано-гравийным<br>фильтром | 0,68 | 0,51 | 0,12 |
| Д-172 | Гончарные трубы с<br>песчано-гравийным<br>фильтром | 0,70 | 0,46 | 0,11 |

Средневегетационные дренажные модули по участку в 1974 и 1975 гг. (годы малой водообеспеченности по всей территории Голодной степи) оказались ниже проектных. Уровень грунтовых вод поднимался выше трех метров от поверхности земли только после проведения поливов и снижался со скоростью 3-10 см/сут. Нависания над дренами с прекращением поливов не наблюдалось. Минерализация грунтовых вод, отобранных из пьезометров на глубине 5-6 м, и минерализация дренажного стока оказались близкими как по степени, так и по характеру засоления, что свидетельствует об отводе дренами грунтовой воды из этих горизонтов.

По показаниям кустов пьезометров и наблюдательным скважинам определялась водоприемная способность трубофильтров на участках пористого дренажа без обсыпки, с круговой обсыпкой и с подсыпкой толщиной 10 см. Расчеты водоприемной способности дрен выполнялись по методике Ф.В.Серебренникова [2].

Результаты полевых исследований выявили достаточно высокую водоприемную способность пористых бетонных труб: дополнительное сопротивление на несовершенство конструкции мало изменяется по сравнению с фильтрационным сопротивлением рассматриваемой области фильтрации, коэффициенты относительного уменьшения диаметра дрен за счет несовершенства конструкции составили: для дрен с гравийной обсыпкой - 0,83-0,86; для дрен с подсыпкой толщиной 10 см - 0,81-0,85; для дрен без обсыпки - 0,80-0,86.

По предварительным расчетам, стоимость строительства метра дренажа из пористых бетонных труб механизированным способом 6,1 руб., из гончарных труб - 7,5 руб., а полумеханизированным способом - соответственно 9,7 и 12,5 руб.

Полученные результаты позволяют рекомендовать проведение более широких производственных исследований пористых труб ГСКБ по ирригации на осваиваемых землях.

### Л и т е р а т у р а

1. Топчиев Е.А., Проценко А.К., Маляр Г.Г., Грушевский А.Е., Мендельсон Д.И. Дренаж из трубофильтров на орошаемых землях. - "Гидротехника и мелиорация", 1975, № 9.
2. Сводный научно-технический отчет за 1973-1975 гг. "Изучение работы дренажа различных конструкций на территории зоны нового орошения Голодной степи".  
Ответственный исполнитель М.К.Громатович. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1975.

УДК 627.8

И.С.Рабцевич, канд.техн.наук,  
гл.спец.

(Средазгипроводхлопок)

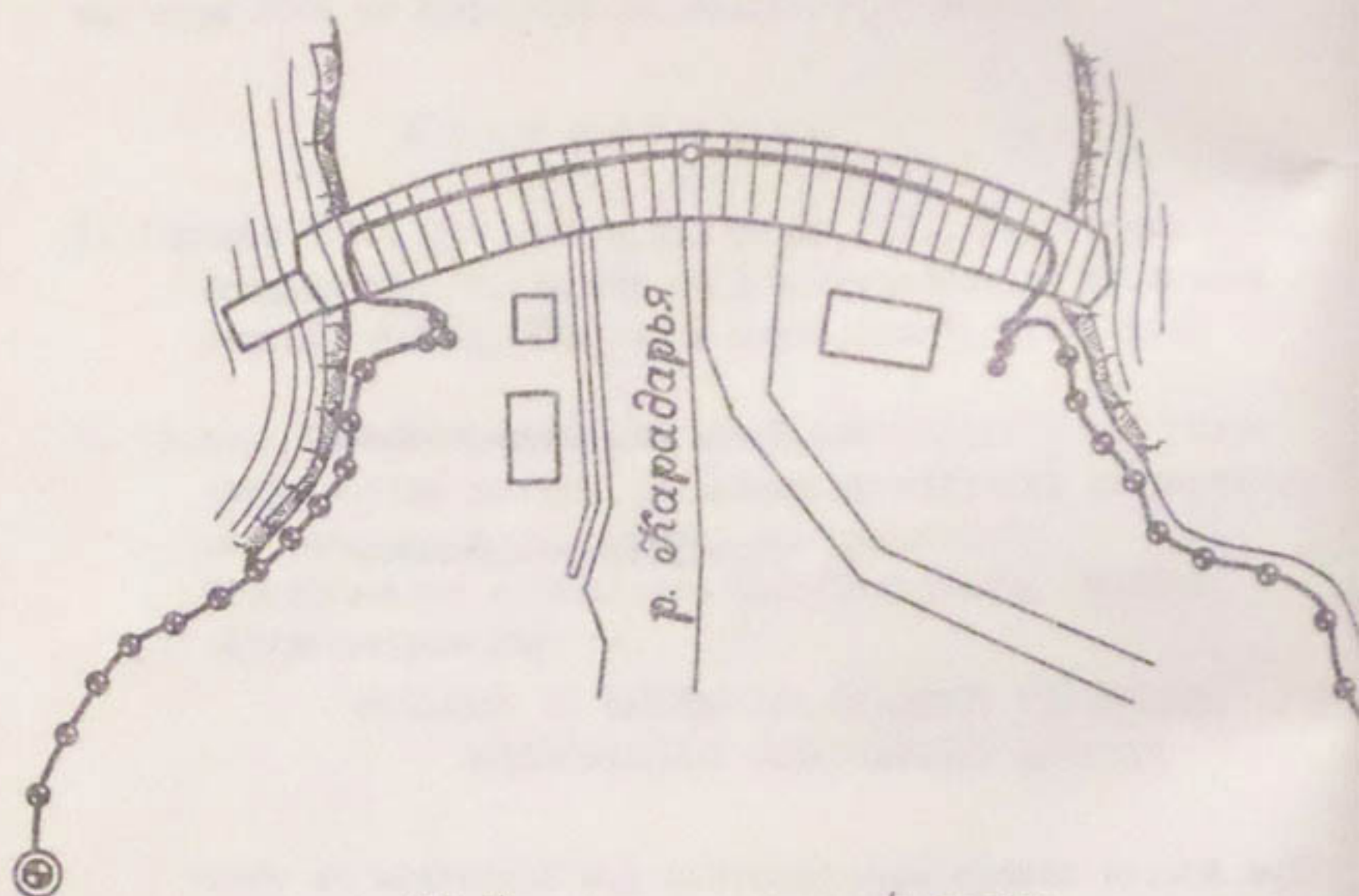
## ПРЕДРАСЧЕТ ТОЧНОСТИ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ ПЛОТИНЫ АНДИЖАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

При выборе класса нивелирования в наблюдениях за осадками сооружений необходимо руководствоваться положением, что ошибка в определении осадки бетонных сооружений на скальных основаниях не должна превышать  $\pm 1,0$  мм, а малые величины предрасчетных осадок гидротехнических сооружений I класса требуют максимально возможной точности наблюдения за осадкой [1]

Плотина Андижанского водохранилища относится к гидротехническим сооружениям I класса, возводится на скальном основании, сложенном хлоритовыми окварцованными сланцами, имеющими круто падающие напластования со средним модулем деформации около  $55000 \text{ кг/см}^2$ . По створу плотины отмечаются тектонические разломы с раздробленными породами.

Исходя из вышеизложенного, для наблюдений за осадками Андижанской плотины приняли методику высокоточного геометрического нивелирования, для чего предварительно было создано высотное обоснование, включающее в себя кусты фундаментальных реперов, расположенных в нижнем бьефе по обоим берегам долины Карадарьи, примерно в 1,5 км от створа плотины, и рабочих реперов, установленных между фундаментальными реперами и плотинной (рис. 1).

Поэтому предпосылкой для предрасчета точности получения превышения на станции должна служить средняя квадратическая



- ⊗ Фундаментальный репер
- ⊙ Рабочий репер
- Высотная марка

Рис. 1. Схема высотного обоснования Андijanского гидроузла.

ошибка осадки марок, расположенных в сооружении на наибольшем расстоянии от исходных фундаментальных реперов:

$$m_s \leq |1,0| \text{ мм.}$$

Исходя из размещения осадочных марок в теле плотины и принятой схемы высотного обоснования, можно считать, что наиболее слабым местом получения осадки является середина сооружения.

Для передачи отметки на эти марки от фундаментальных реперов понадобятся штативы в количестве

$$N = n_1 + n_2, \quad (1)$$

где  $n_1$  — число штативов в ходе от фундаментальных реперов до сооружения;

$n_2$  — число штативов в ходе внутри сооружения до слабого места.

Для плотины Андижанского водохранилища  $n_1 \cong 36$  шт.,  
 $n_2 \cong 18$  шт.

Средняя длина луча визирования вне сооружения 25 м, внутри сооружения 12,5 м.

Отметку марки, расположенной в слабом месте, получим по формуле

$$H = H_{\phi} + \sum_1^{n_1} h^H + \sum_1^{n_2} h^B, \quad (2)$$

где  $H_{\phi}$  — отметка исходного фундаментального репера;

$\sum_1^{n_1} h^H$  — сумма превышений в ходе вне сооружения;

$\sum_1^{n_2} h^B$  — сумма превышений в ходе внутри сооружения.

Осадка марки вычисляется по формуле

$$S = H_i - H_{i-1}, \quad (3)$$

где  $H_i, H_{i-1}$  — отметки марки из двух циклов с номерами  
" i " и " i - 1 ".

Подставляя выражение (2) в формулу (3), получим:

$$S_i = \sum_1^{n_1} h_i^H - \sum_1^{n_1} h_{i-1}^H + \sum_1^{n_2} h_i^B - \sum_1^{n_2} h_{i-1}^B. \quad (4)$$

Считая измерения превышений в двух циклах одинаково точными, найдем

$$m_{S_i} = 2 m_{h^H}^2 \cdot n_1 + 2 m_{h^B}^2 \cdot n_2. \quad (5)$$

Подставив в формулу (5) значения  $m_S$ ,  $n_1$  и  $n_2$ , определим

$$72 m_{h^H}^2 + 36 m_{h^B}^2 = 1. \quad (6)$$

Учитывая, что ошибка превышения на станции в основном зависит от длины луча визирования, можно принять

$$P_{h^B} = \frac{1}{m_{h^B}^2}; \quad P_{h^H} = \frac{1}{m_{h^H}^2}, \quad (7)$$

где  $P_{h^B}$ ,  $P_{h^H}$  - вес превышений, полученных на станции соответственно внутри сооружения и вне сооружения,

или на основании зависимости (7) будем иметь

$$\frac{1}{L^B} = \frac{1}{m_{h^B}^2}; \quad \frac{1}{L^H} = \frac{1}{m_{h^H}^2}, \quad (8)$$

где  $L^B$  - длина луча визирования внутри сооружения;  
 $L^H$  - длина луча визирования вне сооружения,

и окончательно:

$$m_{h^B}^2 = \frac{L^B}{L^H} m_{h^H}^2. \quad (9)$$

Подставляя значения  $L^B$  и  $L^H$ , получим

$$m_{h^B}^2 = 0,5 m_{h^H}^2,$$

а с использованием формулы (6) это выражение примет вид

$$72 m_{h^H}^2 + 18 m_{h^H}^2 = 1,$$

откуда

$$m_{h^H} = \pm 0,10 \text{ мм}$$

и

$$m_{h^B} = \pm 0,07 \text{ мм.}$$

Имея в виду, что отметки марок, расположенных в слабом месте, будут получены с двух кустов фундаментальных реперов левого и правого берегов, можно допустить рассчитанные ошибки в  $\sqrt{2}$  раз большими, т.е.:

$$m_{h^H} = \pm 0,10 \cdot \sqrt{2} = \pm 0,14 \text{ мм,}$$

$$m_{h^B} = \pm 0,07 \cdot \sqrt{2} = \pm 0,10 \text{ мм.}$$

Следовательно, для получения осадки марок в теле плотины с ошибкой, не превышающей  $\pm 1,0$  мм, необходимо, чтобы ошибка превышений на станции была не больше  $\pm 0,14$  мм вне сооружения и  $\pm 0,10$  мм - внутри сооружения.

В силу конструктивных особенностей потерн плотины, где производятся наблюдения за осадками, и особенностей размещения высотных марок нивелирование приходится выполнять

двойными ходами (рис. 2). Из-за этого возникают ошибки во взаимном расположении по высоте двух соседних марок, а следовательно, осадки таких марок будут получены с некоторой относительной ошибкой  $m_{\Delta S}$ .

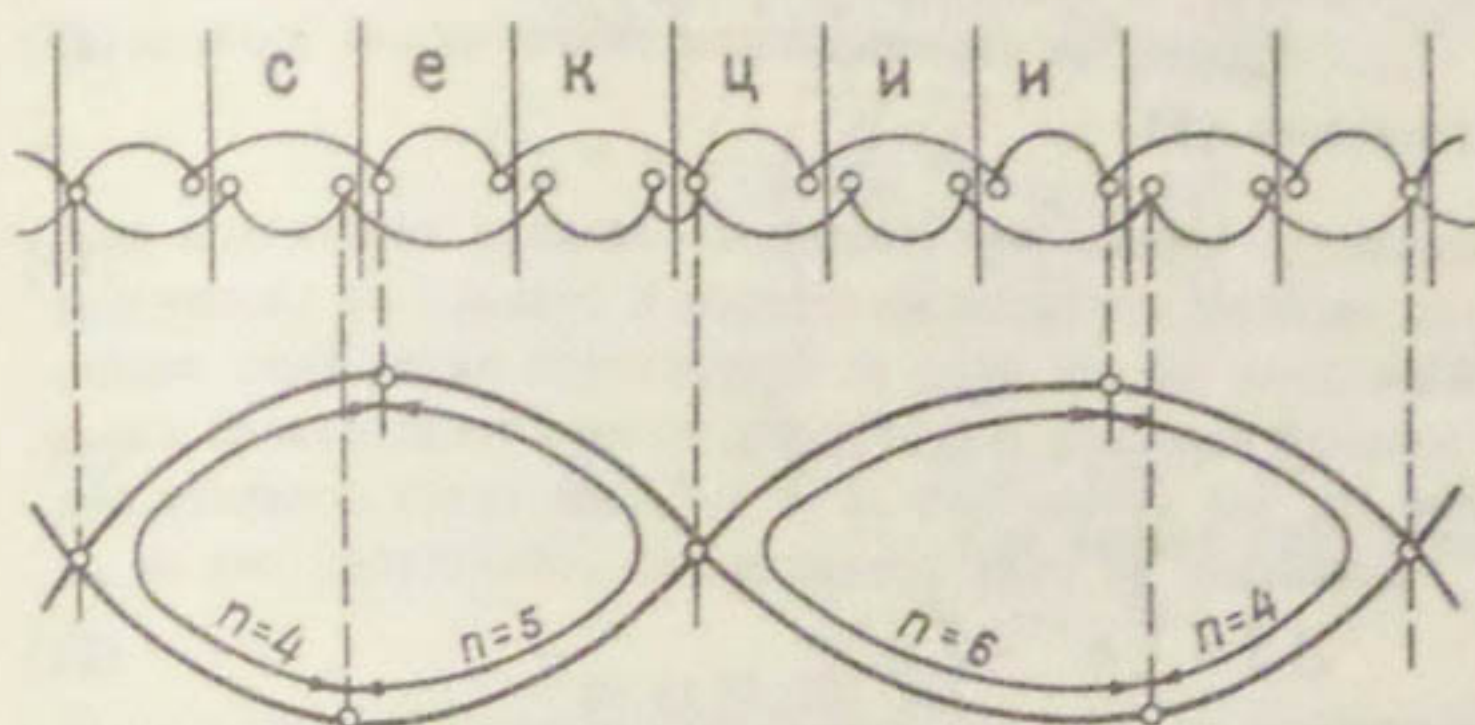


Рис. 2. Схема нивелирных ходов в галереях Андиганской плотины.

Обычно ошибку  $m_{\Delta S}$  задают вместе с ошибкой  $m_S$ . Как правило,

$$m_{\Delta S} \leq \frac{m_S}{3}. \quad (10)$$

В нашем случае

$$m_{\Delta S} \leq |0,3| \text{ мм.}$$

Рассчитаем, через сколько станций необходимо делать узловые точки, чтобы выполнить это условие.

Относительная осадка двух смежных точек будет

$$\Delta S = S_K - S_{K+1}. \quad (11)$$

Но так как марка с номером "К" отстоит от марки с номером "К+1" на число штативов  $n$ , равное числу станций между узловыми точками, то

$$\left. \begin{aligned} H_{K+1}^i &= H_K^i + \sum_1^n h^i \\ H_{K+1}^{i-1} &= H_K^{i-1} + \sum_1^n h^{i-1} \end{aligned} \right\}, \quad (12)$$

где  $H_K^i$ ,  $H_{K+1}^i$ ,  $H_K^{i-1}$  и  $H_{K+1}^{i-1}$

— отметки двух соседних марок в циклах с номерами " $i$ " и " $i-1$ ";

$\sum_i^n h^i, \sum_i^n h^{i-1}$  — сумма превышений между марками в циклах "i" и "i-1".

Вычтя из первой части уравнения (12) вторую, получим:

$$H_{k+1}^i - H_{k+1}^{i-1} = H_k^i - H_k^{i-1} + \sum_i^n h^i - \sum_i^n h^{i-1}. \quad (13)$$

В уравнении (13)

$$\left. \begin{aligned} H_{k+1}^i - H_{k+1}^{i-1} &= S_{k+1} \\ H_k^i - H_k^{i-1} &= S_k \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Поэтому:

$$S_k - S_{k+1} = \sum_i^n h^{i-1} - \sum_i^n h^i, \quad (15)$$

а выражение (11) примет вид

$$\Delta S = \sum_i^n h^{i-1} - \sum_i^n h^i. \quad (16)$$

Переходя к средним квадратическим ошибкам и имея в виду, что ошибки превышений на станции одинаково точны в двух циклах, получим:

$$m_{\Delta S} = m_h \sqrt{2n}. \quad (17)$$

Из выражения (17) определим

$$n = \frac{m_{\Delta S}^2}{2m_h^2} = \frac{(0,3)^2}{2 \cdot (0,10)^2} \approx 5.$$

Таким образом, чтобы относительная ошибка осадки двух смежных марок была  $m_{\Delta S} \leq |0,3|$  мм, необходимо в потернах образовывать между двумя нивелирными ходами полигоны с узловыми точками, расположенными через 5 станций (секций).

Используя работы [2] и [3], где указаны главные источники ошибок геометрического нивелирования, можно рассчитать практическую точность получения превышения на станции для Андиганской плотины при средней длине луча визирования вне сооружения 25 м и внутри сооружения 12,5 м. Она оказалась близкой к расчетной точности получения превышения на станции.

Однако практически средняя квадратическая ошибка превышения на станции, в потернах и галереях Андиганской плотины несколько грубее расчетной из-за конвекционных потоков воздуха, слабой освещенности потерн, потоков теплого воздуха от

паропроводов, воздухопроводов и целых систем отопления, из-за различного рода строительных помех, связанных, главным образом, с работой буровых установок, электронагревательных приборов и др.

По проведенным ходам нивелирования на объекте строящейся плотины Андижанского водохранилища по формуле

$$m_h = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \quad (18)$$

были подсчитаны средние квадратические ошибки превышений, полученных из прямого и обратного ходов при нивелировании в каждом ходе двумя горизонтами по двум шкалам реек. Нивелирование производилось между постоянными твердыми точками с числом штативов между ними  $n = 1$ . Эти ошибки как для нивелирования вне сооружения, так и внутри него не превышали

$$m \leq |0,10| \text{ мм.}$$

Предельное расхождение превышений между прямым и обратным ходами составляло не больше 0,25 мм, т.е. 5 делений отсчетного барабана оптического микрометра [3].

Расхождения между превышениями, выведенными из двух горизонтов, допускались в 6 делений, а между превышениями по основной и дополнительной шкалам — в 8 делений отсчетного барабана оптического микрометра.

Все перечисленные выше допуски относились и к самоустанавливающемуся нивелиру фирмы "К.Цейс" (ГДР) — Ni — 007, причем внутри сооружения (потернах) средняя ошибка превышения, полученная этим нивелиром, оказалась несколько меньшей, чем у нивелира NI, что объясняется влиянием указанных факторов при нивелировании в потерне. Это влияние находится в прямой зависимости прежде всего от времени, необходимого для измерения превышения на станции.

В результате можно сделать вывод, что расчетная средняя квадратическая ошибка превышения на станции для Андижанской плотины хорошо согласуется с практической средней ошибкой, а практическая средняя квадратическая ошибка осадки равна  $\pm 0,8$  мм. Это позволяет производить анализ и оценку состояния сооружения в строительный период, получать корреляционные зависимости

между ростом нагрузок от бетона и осадкой основания, прогнозировать конечные осадки основания при полном возведении сооружения, сравнивая их с расчетными, полученными по модельным исследованиям.

### Л и т е р а т у р а

1. Брайт П.И. Геодезические методы измерения деформаций оснований и сооружений. М., "Недра", 1965.
2. Багратуни Г.В., Большаков В.Д. и др. Справочник геодезиста. М., "Недра", 1966.
3. Рабцевич И.С. Методика и результаты наблюдений деформаций гравитационной плотины Красноярской ГЭС. - "Геодезия и картография", 1970, № 2.

УДК 622.2:627.8

В.С.Галдобин, гл. спец.

В.И.Мэлютин, нач. геол. партии

(Средазгипроводхлопок)

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ И АЛМАЗНЫХ  
КОРОНОК БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ПРИ ВЫБУРИВАНИИ БЕТОННЫХ  
КЕРНОВ ИЗ ТЕЛА ПЛОТИНЫ ТОКТОГУЛЬСКОГО И АНДИЖАНСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩ

С целью определения качества укладываемого бетона в тело плотины Токтогульского и Андижанского водохранилищ для извлечения образцов бетона из сооружения вначале был применен способ их выбуривания кольцевым инструментом — буровыми твердосплавными коронками диаметром 151 и 325 мм, исходя из тех соображений, что максимальный диаметр заполнителя бетона 60–80 мм.

Выбуривание коронками, заправленными резцами из твердых сплавов, не дало желаемых результатов: при изучении и испытаниях кернов получались заниженные показатели физико-механических свойств бетона из-за того, что:

- получение кернов необходимой длины затруднено (за все время работ из пробуренных 400 пог.м скважин поднято лишь несколько кернов с контактами между слоями);

- процент выхода качественного, пригодного для лабораторных испытаний керна мал (в среднем около 60%);

- керны имели волнообразную боковую поверхность с нарушенной структурой поверхностного слоя и значительными колебаниями диаметра; это вызвано недостаточно точным расположением твердосплавных вставок (резцов) и необходимостью частой смены коронок из-за их износа.

Учитывая вышеперечисленное, авторами данного исследования и сотрудниками отдела геологии было предложено выбуривать

керна из бетона коронками, заправленными алмазными резцами диаметром 168 и 330 мм, которые изготовил опытный завод Института сверхтвердых материалов АН УССР. Коронки заправлены: по торцу — вставными резцами-сегментами, с боковой поверхности — круглыми штабиками из искусственного сверхтвердого материала "Славутич 2247". Количество штабиков и сегментов в коронке подбиралось при опробовании бурением.

Так как о бурении алмазными коронками большого диаметра в технической литературе почти нет данных, пришлось решать много задач: подбор марки станка и диаметра бурильных труб, выбор способа крепления станка к бетону, конструкции бурового снаряда, способа отрыва и заклинки керна в колонковой трубе, режима бурения (скорость вращения, осевая нагрузка на коронку, количество промывочной жидкости в зависимости от диаметра бурения, возраста бетона, марки цемента) и т.д. При разрешении этих вопросов оказывали техническую помощь сотрудники отдела геологии и механических мастерских института "Средазгипроводхлопок": главный специалист А.Ч.Ли, главный геолог объекта А.Т.Постников, буровой мастер И.А.Шварев, начальник механических мастерских А.М.Горшков, мастер Б.А.Озеров и другие.

Для производства буровых работ были опробованы станки СБА-500, ЗИФ-300М, ЗИФ-650 А. Выявлено, что станок СБА-500 по своим техническим показателям (высокие обороты, легкость, малая мощность) не подходит для бурения скважин диаметрами 168 и 330 мм; станок ЗИФ-300 М пригоден только для бурения скважин диаметром 168 мм. Лучшим оказался станок ЗИФ-650А. Для устойчивости на бетоне станок, насос, электродвигатель устанавливаются на общей раме.

Основное условие при подборе бурильных труб — максимальное приближение их диаметра к диаметру коронки для уменьшения зазора между стенками скважины и бурильными трубами во избежание следующих отрицательных последствий от несоответствия диаметров: несбалансированности бурильной колонны, несовпадения оси вращения снаряда с осью скважины, трения бурильных труб о стенки скважины в результате вибрации.

С учетом вышесказанного были выбраны бурильные трубы диаметром 63,5 мм замкового соединения длиной в наборе 500, 1000, 1500, 3000, 6000 мм.

Для крепления бурового станка к бетону был применен ви-карный способ: пробуривали перфоратором в бетонном блоке шпур диаметром 46 мм глубиной до 4000 мм, затем вставляли в него металлический конусный болт с резьбой в верхней части. На болт надевали трубу с наружной нарезкой и разрезанную на половину длины, чтобы при заворачивании гайки на болту - движении его наружу конусной частью он раздавал трубу до диаметра шпура, а нарезкой труба вонзалась в стенку шпура - в породу.

В общем случае буровой снаряд при алмазном бурении выглядит так:

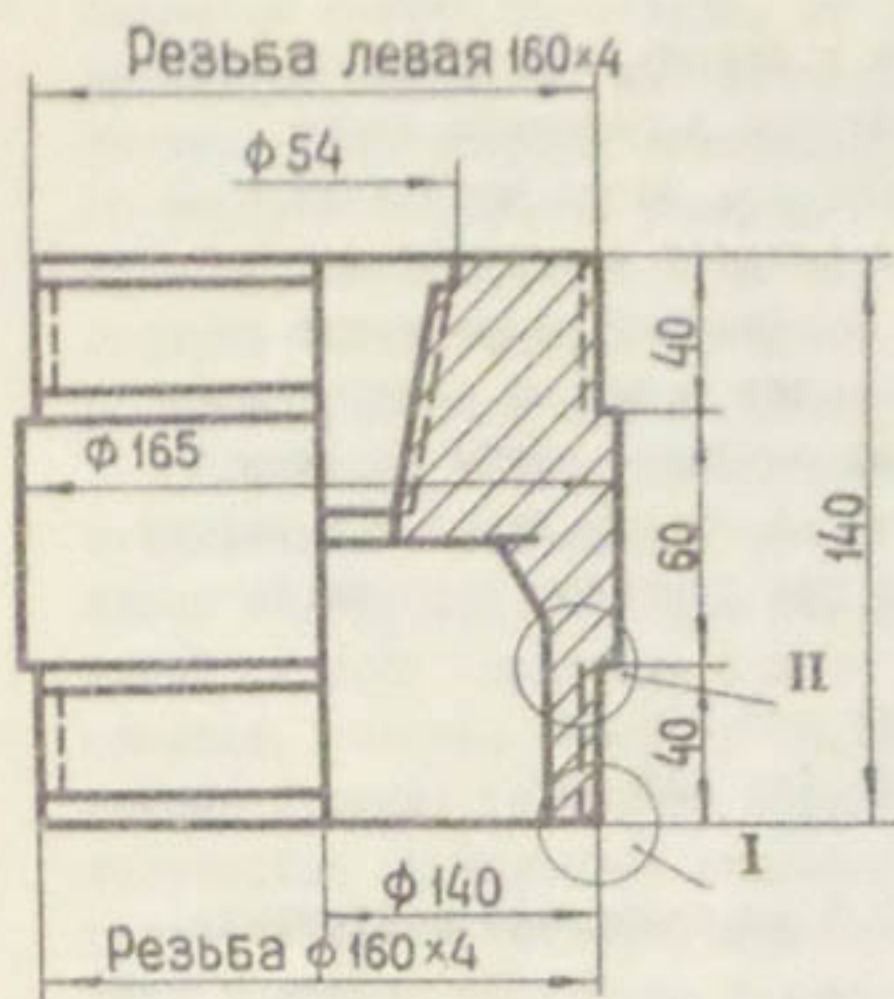
- алмазная коронка диаметром 168 или 330 мм;
- колонковая труба диаметром 163 или 325 мм;
- тройной переходник;
- бурильные трубы диаметром 63,5 мм замкового соединения;
- промывочный сальник;
- шламовая труба диаметром 163 или 325 мм.

Колонковая труба изготовлялась из обсадных горячекатаных труб муфтового соединения диаметром 325 мм, с толщиной стенки 10 мм (рис. 1), длиной 500, 1000, 2000 мм. Под переходник и коронку нарезается ленточная резьба 5 ниток на дюйм с шагом 4 мм. Переходник с колонковой на бурильную трубу диаметром 163 мм изготавливается из стали Ст.5, с одного конца - с наружной ленточной резьбой под колонковую трубу, а с другого - с внутренней замковой конусной резьбой под замок бурильной трубы и наружной левой ленточной резьбой под шламовую трубу. Шламовая труба изготавливается из обсадных труб того же диаметра, что и колонковая, и имеет с одного конца ленточную левую резьбу под переходник, а с другого - изогнутую внутрь, чтобы не задевала стенки скважины при подъеме бурового снаряда на поверхность.

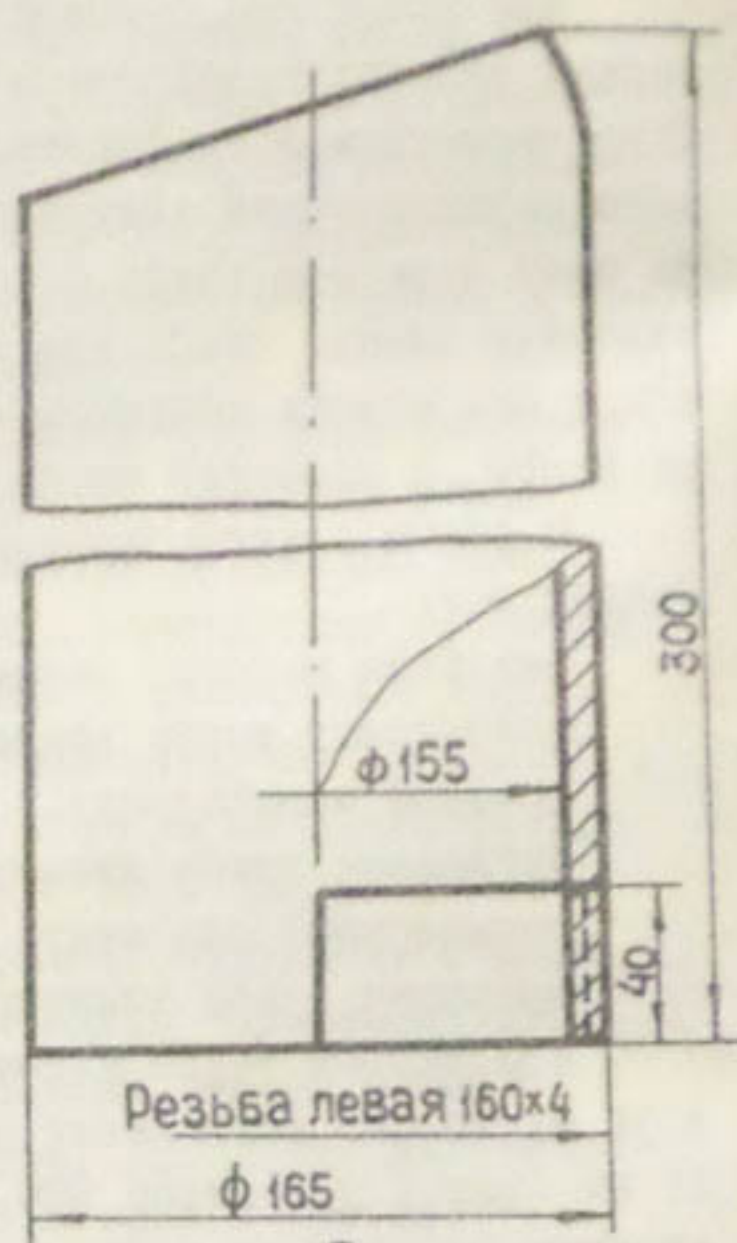
Для заклинки и подъема керна из скважины с внутренней поверхности колонковой трубы, не доходя 30-40 мм до резьбовой части со стороны соединения с коронкой, производится расточка на 4 мм (для колонковой трубы диаметром 163 мм) и на 6 мм (для колонковой трубы диаметром 325 мм) (рис. 2).

Для производства спуска и подъема бурового снаряда устанавливается четырехногая вышка-мачта, изготовленная из колонковых труб диаметром 89 мм. Основанием всех четырех ног вышки служит рама самого станка.

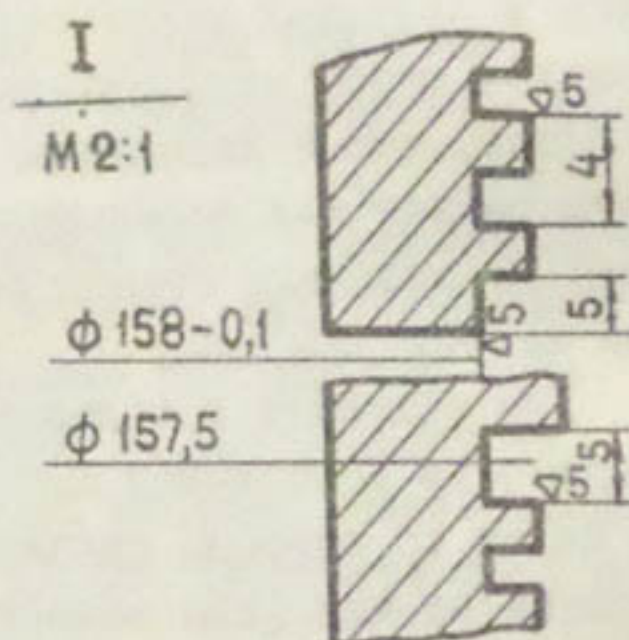
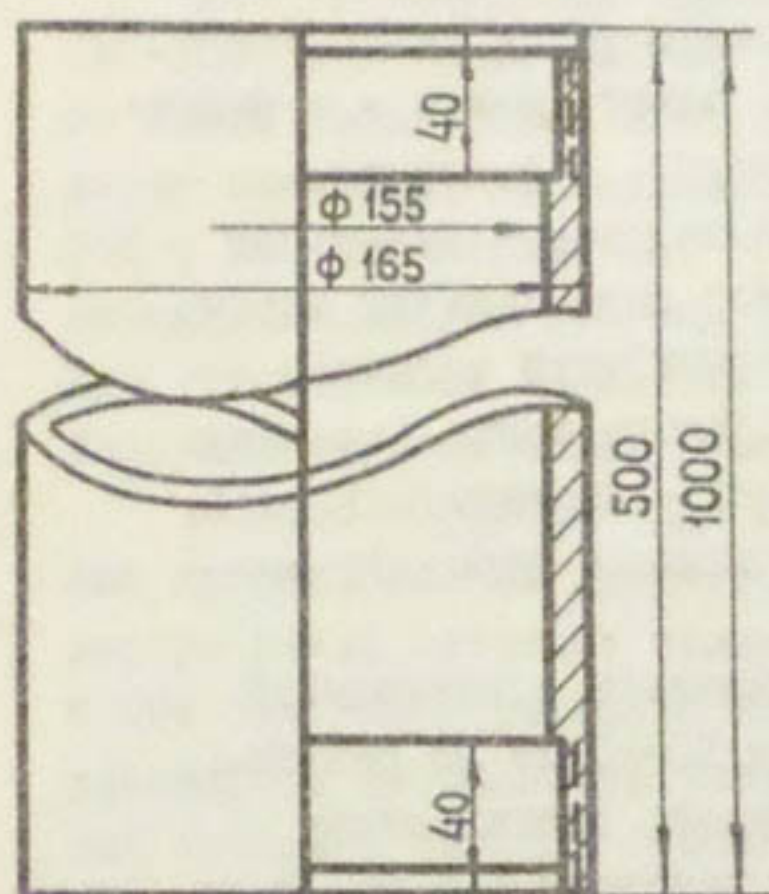
Конструкция вышки-мачты создана на месте производства



А



В



Б Рис. 1. Колонковый снаряд диаметром 163 мм:  
 А - Переходник с бурильной на колонковую трубу диаметром 163 мм; Б - Колонковая труба диаметром 163 мм, длиной 500 и 1000 мм;  
 В - Шламовая труба.

работ, исходя из стесненных условий, для того, чтобы иметь возможность производить монтаж-демонтаж и переброску бурового

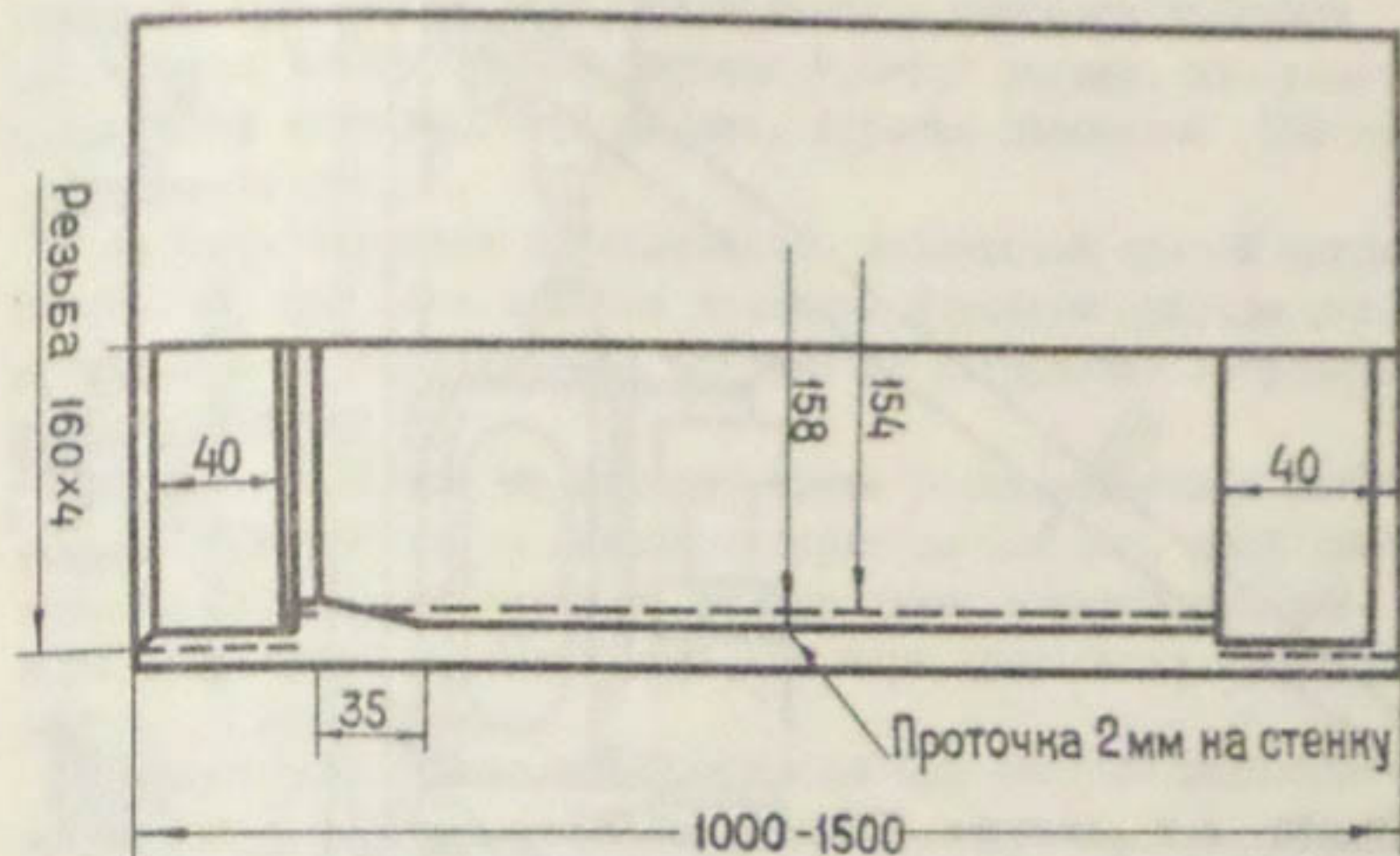


Рис. 2. Колонковая труба диаметром 163 мм с проточкой по внутреннему диаметру для подъема керна.

агрегата вместе с вышкой-мачтой с блока на блок строительным краном без разборки и сборки их (рис. 3).

#### Технология бурения алмазными коронками диаметром 168 и 330 мм

При разработке технологии алмазного бурения в первую очередь учитывались: рациональность типов коронок и режимов бурения, а также комплекс мероприятий, позволяющих поддерживать оптимальные режимы бурения.

Выбор типа алмазных коронок проходил в два этапа: вначале подбирались типы коронок в соответствии с физико-механическими свойствами бетона и условиями буровых работ, затем устанавливалась номенклатура типов коронок на основе технико-экономического анализа результатов бурения алмазными коронками в производственных условиях.

В процессе работ было выявлено, что механическая скорость бурения коронками диаметром 168 мм с 18 сегментами составила 4,8 см/мин, а с 12 сегментами - 3,9-4,2 см/мин. Скорость бу-

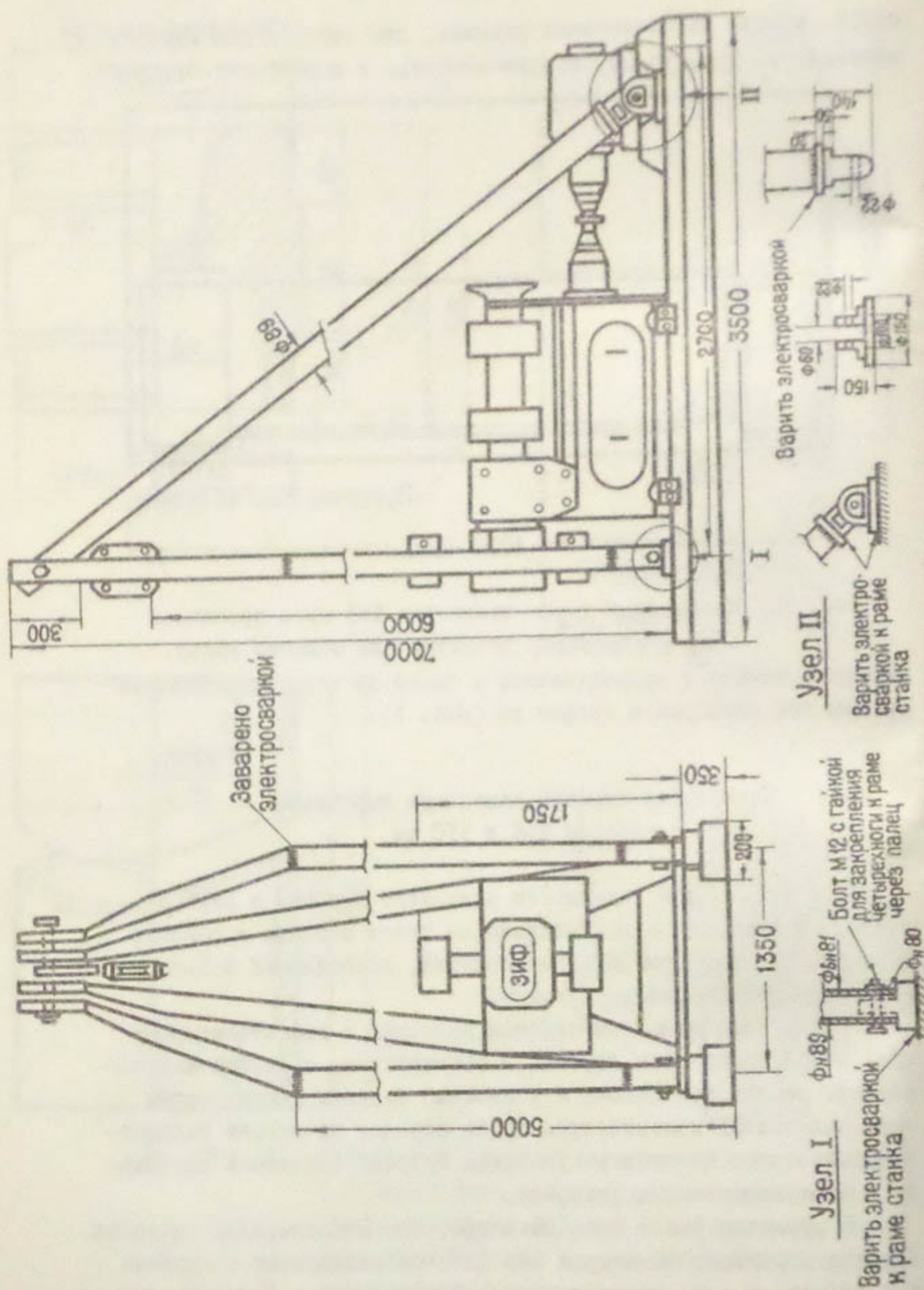


Рис. 3. Четырехногий вышка-мачта для спуско-подъемных операций.

рения увеличивается за счет большого удельного усилия подачи на сегменты. Самый лучший результат был получен при бурении коронками с 16 сегментами: механическая скорость проходки для условий Токтогульской плотины 4,6–5,1 см/мин, для условий Андижанской плотины 3–3,2 см/мин. Коронка диаметром 168 мм приведена на рис. 4.

Забурка скважины производилась колонковой трубой длиной 200–300 мм, при этом частота вращения бурового снаряда устанавливалась минимальной (81 об/мин) до погружения забурника на всю длину.

Осевая нагрузка на коронку также устанавливалась незначительной (300–400 кг) с начала забурки до тех пор, пока производилось бурение на глубину, равную длине корпуса коронки, затем постепенно увеличивалась, по мере приработки алмазных резцов, до 400–600 кг.

Количество промывочной жидкости при забурке подавалось из условия 1–2 л/мин на 10 мм диаметра коронки, т.е. при диаметре 168 мм – 10–20 л/мин, при диаметре 330 мм – 40–60 л/мин, и увеличивалось, по мере углубления бурового снаряда, до 4–5 л/мин на 10 мм диаметра коронки. Когда буровой снаряд углублялся на длину забурника, его поднимали, забурник заменяли другим, равным 500 мм, и так далее, постепенно наращивая длину колонковых труб.

Скорость вращения бурового снаряда. Осевая нагрузка на коронку. При алмазном бурении в общем случае механическая скорость бурения зависит главным образом от скорости вращения бурового снаряда. Эта зависимость прямо пропорциональна при скорости вращения до 1000 об/мин. При превышении ее прирост механической скорости становится числом постоянным. Но это положение распространяется на коронки диаметром до 93 мм, а для коронок диаметром 168 мм лучшие результаты механической скорости бурения (5,1 см/мин) были получены, путем подбора, при скорости вращения снаряда 480 об/мин, что видно из рис. 5.

Коронками диаметром 330 мм при скорости вращения снаряда 182–237 об/мин, осевой нагрузке на коронку от 600 до 1000 кг, расходе промывочной жидкости 4–5 л/мин на 10 мм диаметра коронки достигнута средняя механическая скорость бурения 3,35 см/мин для Токтогульской плотины и 1,5–1,7 см/мин для

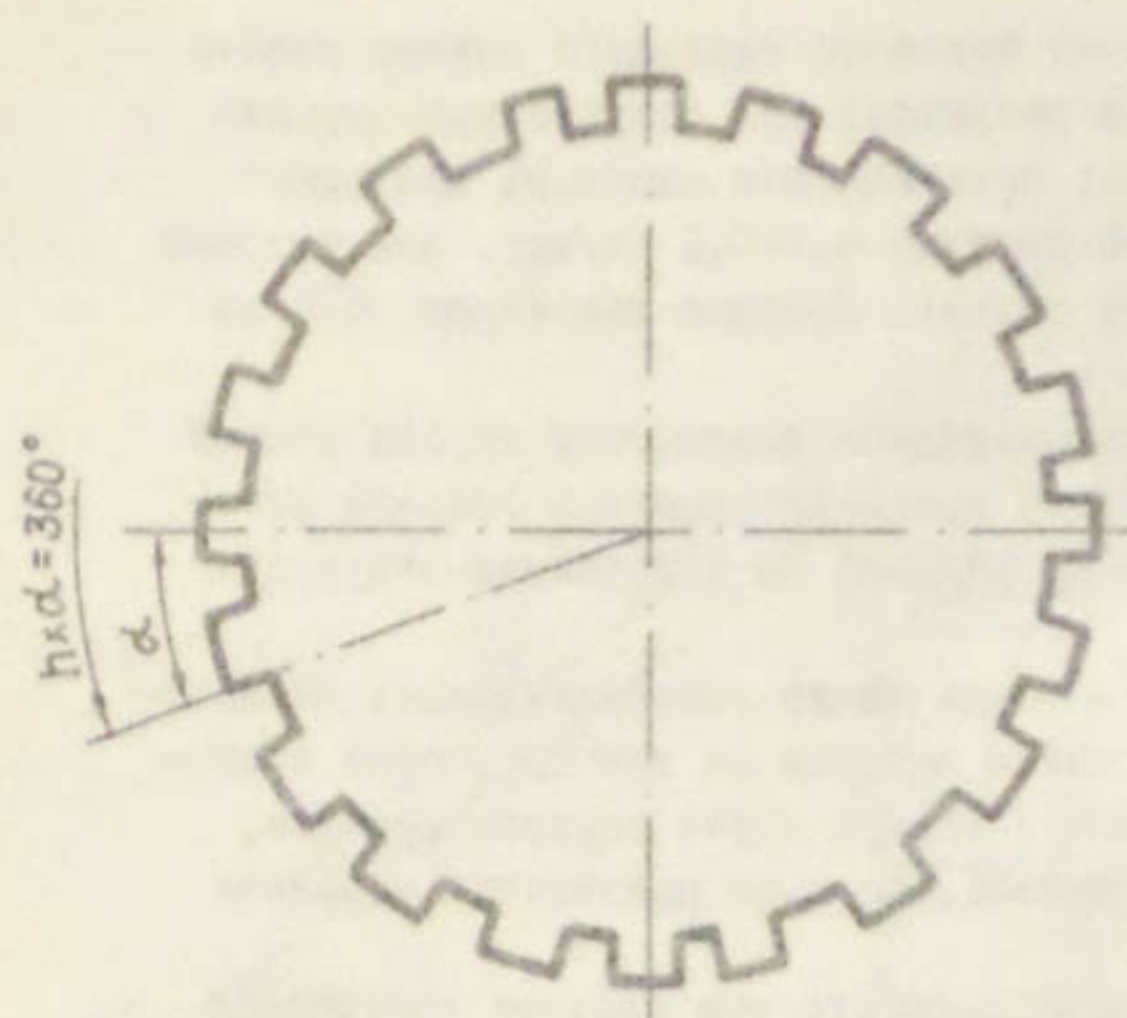
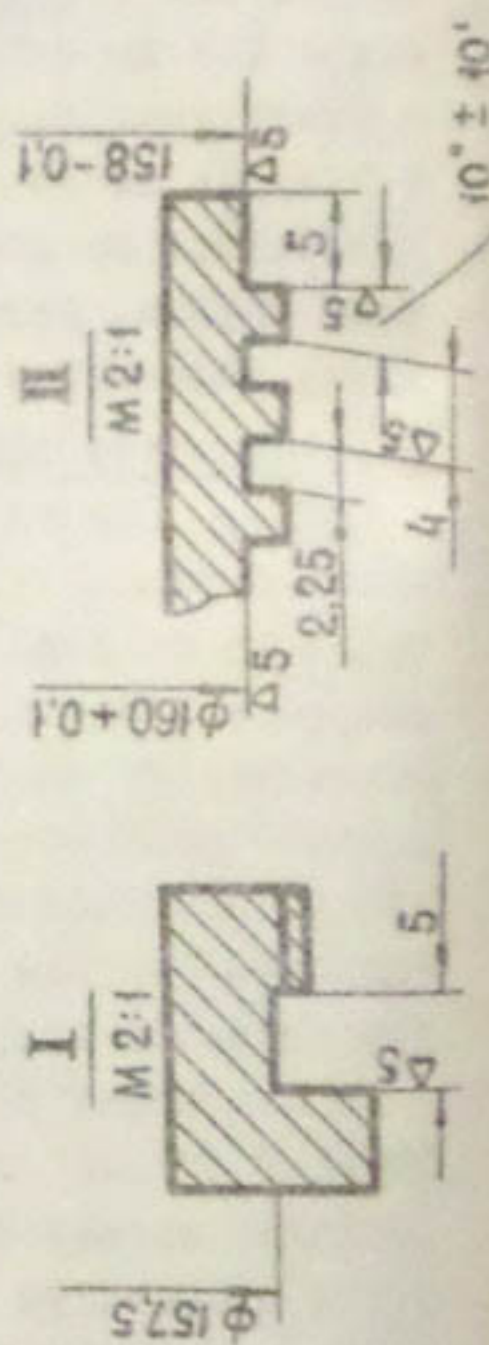
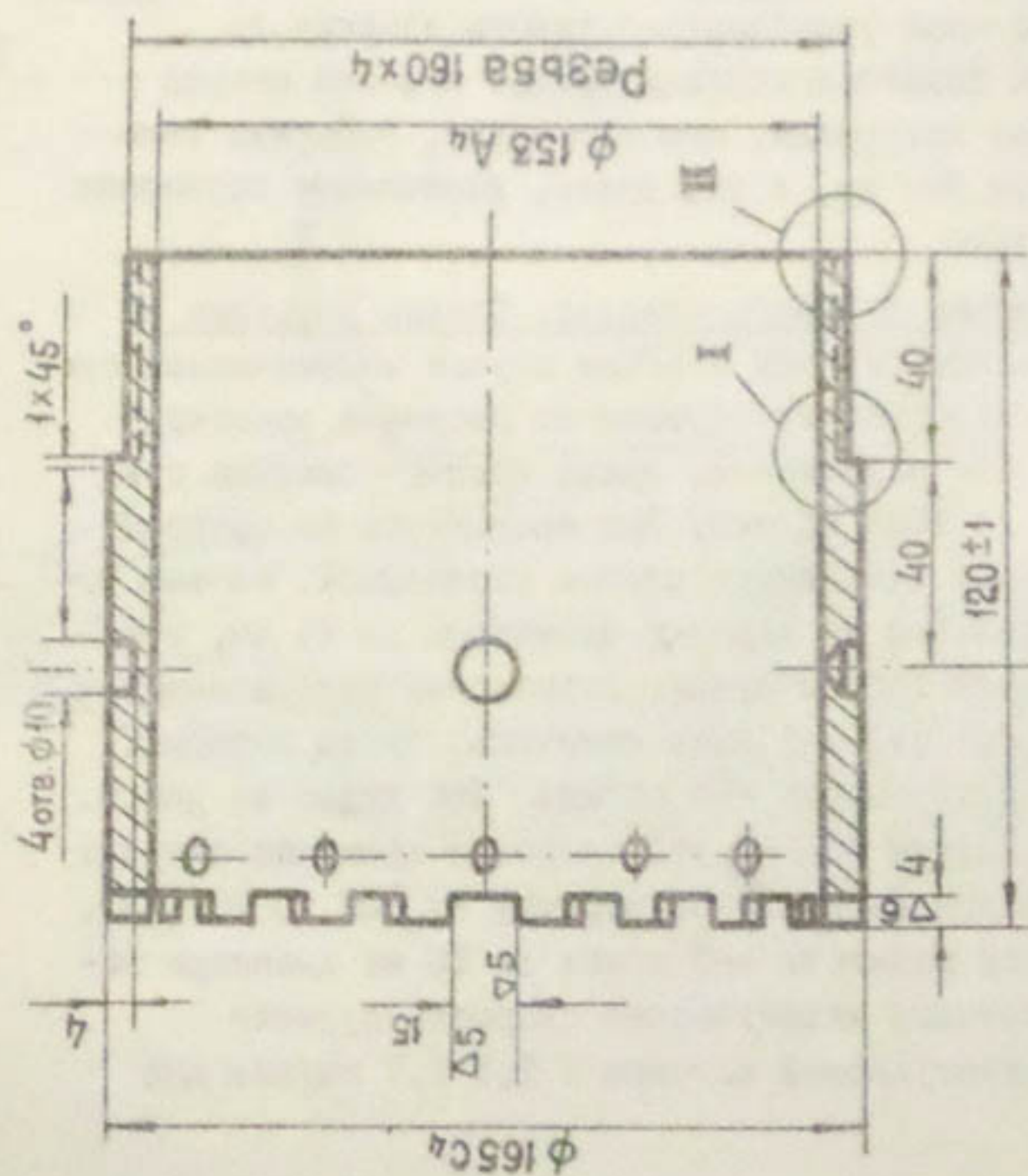


Рис. 4. Алмазная коронка диаметром 168 мм.



Андижанской плотины. Испытывались и коронки диаметром 168 мм, оснащенные синтетическими алмазами, на разных режимах, по бетону разного возраста (от 30 до 300 суток) со специальными

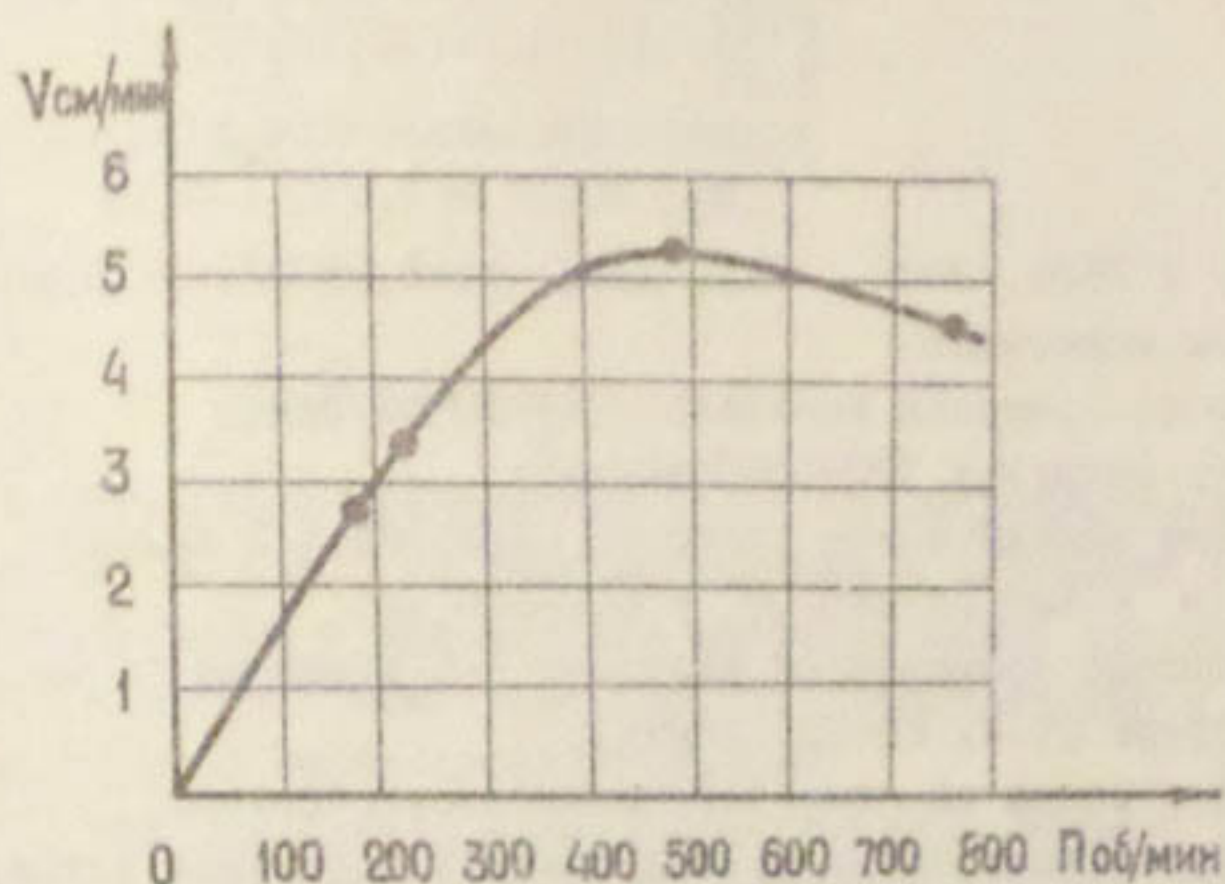


Рис. 5. Зависимость механической скорости бурения от скорости вращения снаряда.

добавками. Выявлено, что возраст бетона оказывает незначительное влияние на износ режущих элементов и механическую скорость бурения. Это отражено в таблице.

Таблица

Механическая скорость бурения  
в зависимости от возраста бетона

| Возраст бетона,<br>сут | Средняя скорость бурения по бетону, см/мин |                            |
|------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|
|                        | для Токтогульской<br>плотины               | для Андижанской<br>плотины |
| 1                      | 2                                          | 3                          |
| 180                    | 4,4                                        | 3,2                        |

| 1   | 2    | 3    |
|-----|------|------|
| 270 | 4,25 | 3,1  |
| 370 | 4,05 | 3,05 |
| 386 | 3,85 | 3,0  |
|     | 3,80 | 3,0  |

Коронки № 7626, 2080, 2281, 2282, 3021, 3022, 3373 диаметром 168 мм показали:

- скорость вращения шпинделя 277-480 об/мин;
- осевую нагрузку 500-1000 кг/см<sup>2</sup>;
- среднюю механическую скорость проходки 3,6 см/мин при  $n = 480$  об/мин,  $P = 600-800$  кг;
- количество промывочной жидкости 4-5 л/мин на 10 мм диаметра коронки (т.е. 80-100 л/мин);
- износ коронки по диаметру почти отсутствовал;
- незначительные сколы цилиндрических подрезных вставок из "Славутича".

При испытаниях 10 коронок диаметром 168 мм, оснащенных естественными алмазами, при тех же скоростях, но с увеличением осевой нагрузки до 1000 кг/см<sup>2</sup>, при том же количестве промывочной жидкости были получены следующие результаты для условий Токтогульской плотины:

- механическая скорость проходки 4,76-5,1 см/мин;
- средняя стойкость коронок 50 м.

Приведенные цифры свидетельствуют о более достоверных данных прочности бетона в теле плотины, полученных на кернах, выбуренных алмазными коронками, по сравнению со сведениями, полученными на кернах, выбуренных твердосплавными коронками.

Анализ механических характеристик бетона по лабораторным данным, полученным на кернах, свидетельствует, что при работе алмазными сегментными коронками можно получать более достоверные сведения о физико-механических свойствах укладываемого бетона, а в связи с этим - дополнительный экономический эффект за счет экономии основных материалов.

Расчет экономической эффективности от внедрения алмазных коронок произведен путем сравнения показателей работы алмазных

и твердосплавных коронок для условий Андижанской плотины.

Годовой экономический эффект составит:

при отборе керна диаметром 150 мм

$$(35,34-7,90) \times 300 = 8230 \text{ руб.},$$

при отборе керна диаметром 300 мм

$$(78,31-21,01) \times 200 = 11460 \text{ руб.}$$

Суммарный экономический эффект

$$8230 + 11460 = 19700 \text{ руб.}$$

### В ы в о д ы

В результате проведенных работ по выбуриванию кернов диаметром 150 и 300 мм твердосплавными и алмазными коронками на Токтогульской и Андижанской плотинах можно сделать выводы:

1. Алмазные сегментные коронки диаметром 168 и 330 мм прогрессивны и высокопроизводительны.

2. При применении алмазных сегментных коронок удалось обеспечить средние механические скорости бурения для Андижанской и Токтогульской плотин соответственно: а) с помощью коронок диаметром 168 мм — от 3 до 4,46–5,10 см/мин при средней стойкости коронки от 48 до 57 м, что в 73–81 раз превышает стойкость твердосплавных коронок; б) с помощью коронок диаметром 330 мм — 1,3–3,3 см/мин при средней стойкости коронки 29–36 м, что в 72–90 раз превышает стойкость твердосплавных коронок.

3. Внедрение алмазных сегментных коронок диаметром 168 и 330 мм позволило получать более достоверные физико-механические характеристики бетона в теле плотины и выявлять с помощью качественных кернов дефекты бетона, связанные с укладкой бетонной смеси.

4. Алмазные сегментные коронки обеспечивают экономический эффект на 1 карат израсходованных алмазов в среднем для диаметра 168 мм 185,3 руб., для диаметра 330 мм — 34,3 руб.

### Л и т е р а т у р а

1. Остроушко И.А. Бурение твердых горных пород. М., "Недра", 1966.

2. Мильковицкий С.И. и др. Опыт бурения скважин большого диаметра в гидроэнергетическом строительстве. М., "Информэнерго", 1974.
3. Прокофьев В.А. и др. Опыт алмазного бурения. Л., "Недра", 1971.
4. Баючиков В.А. и др. Оборудование для алмазного бурения. Л., "Недра", 1972.
5. Чистяков Ю.А. и др. Опыт алмазного бурения при высоких скоростях вращения бурового снаряда. "ОНТИ ВИЭМС", 1967.
6. Куличихин Н.И. и др. Разведочное бурение. М., "Недра", 1973.
7. Воздвиженский Б.И., Волков С.А. Разведочное колонковое бурение. М., Гостеолтехиздат, 1957.
8. Шамшов Ф.А. и др. Технология и техника разведочного бурения. М., "Недра", 1966.
9. Временная инструкция по алмазному бурению. Л., "Недра", 1969.

УДК 626:624.43

Д.Н.Круглов, канд.геол.-минерал.наук,  
доц.

(ТашПИ)

### О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ЗАМАЧИВАНИЯ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

При эксплуатации гидротехнических сооружений, возводимых на просадочных лессовых грунтах, на их основание воздействуют поверхностные воды, промачивающие породу сверху, и грунтовые воды, увлажняющие ее снизу, при подъеме их уровня в процессе многолетней работы оросительных систем и орошения. В результате этого в лессовых грунтах развиваются просадочные деформации, которые приводят к нарушению целостности сооружений.

Одним из наиболее рациональных и часто используемых способов устранения просадочности лессовых грунтов является предпостроечное замачивание их — либо до завершения самоуплотнения, либо с дополнительным уплотнением верхней недоуплотненной зоны с помощью трамбования или взрывов. Необходимо, чтобы при замачивании просадочная порода была промочена на всю ее мощность. В противном случае возможны существенные после-просадочные деформации, превышающие допустимые осадки сооружений.

Деление общей величины просадочной деформации на просадку и послепросадочное уплотнение весьма условно, и делается оно часто без учета причин, вызывающих это явление. Например, Г.Л.Урманова [1], рассматривая их в основании головного сооружения ЮГК за 1948-1951 гг., выделяет величину просадки в 27 см

(при общей деформации 62 см), а В.Ф.Булаевский [2] для того же объекта с 1948 по 1953 год - 23 см (общая деформация 77 см). На послепросадочную деформацию соответственно падает 35 и 54 см, или 130 и 235%. В 1968 г., когда деформация здесь достигла 96 см, послепросадочное уплотнение составило бы: по Урмановой 69 см, по Булаевскому 73 см, или 256 и 316%.

Просадочная лессовая порода в основании ЮГК распространялась на глубину более 20 м. Замачивание ее в строительном котловане глубиной более 7 м продолжалось 30 суток, из которых она находилась под водой всего 14 дней. В результате этого просадки не зафиксировано.

Оседание марок, установленных на поверхности различных частей сооружения, вызвано здесь промачиванием просадочной породы снизу при эксплуатации Ферхадской ГЭС и ЮГК, по мере подъема уровня грунтовой воды, находящейся от подошвы фундамента сооружения более чем в 20 м. В феврале 1961 г. он вскрывался ниже фундамента на 7-8 м, поднявшись более чем на 15 м. Таким образом, в данном случае происходит единый процесс просадки основания, вызванный особыми условиями замачивания просадочной лессовой породы и продолжающийся до настоящего времени.

Размер послепросадочной деформации и продолжительность ее зависят от степени самоуплотнения лессового грунта при предварительном его замачивании, о чем свидетельствуют результаты наблюдений за просадкой лесса в основании опытного котлована при замачивании, проведенных институтом "Средазгипроводхлопок" в 1970г. (рис. 1). Если представить график просадки в виде диаграммы, то верхняя его часть, ограниченная кривой просадки, показывает изменение размера общей деформации, а нижняя - послепросадочное уплотнение, постепенно уменьшающееся и сходящее на нет в конце опыта. Это не что иное как недоуплотненность замачиваемой породы.

Опытный котлован на Джизакском массиве, размером 14,0х10,0м, находился под водой 125 суток - с 28 июля по 30 ноября. Просадка на его дне, начавшаяся в первый же день замачивания, протекала быстро и довольно равномерно по всей площади. Скорость ее была настолько высокой, что если считать за конечную

величину просадки 92,7 см, зафиксированную по реперу № 14, то более четверти ее (24,4 см) приходится на первые четыре суток, более половины (50,6 см) — на 15 суток, около 75% (66,3 см) получено за 33 дня и  $\approx 85\%$  (77,7 см) — за 70 суток, в последующие 55 дней грунты просели на 15 см. По прекращении подачи воды за два месяца репер осел еще на 4,1 см. Не уплотнение, отнесенное к просадке за вышеуказанное время, соответственно падает: 280, 84, 40 и 19%, а на конец замачивания — 4,7%.

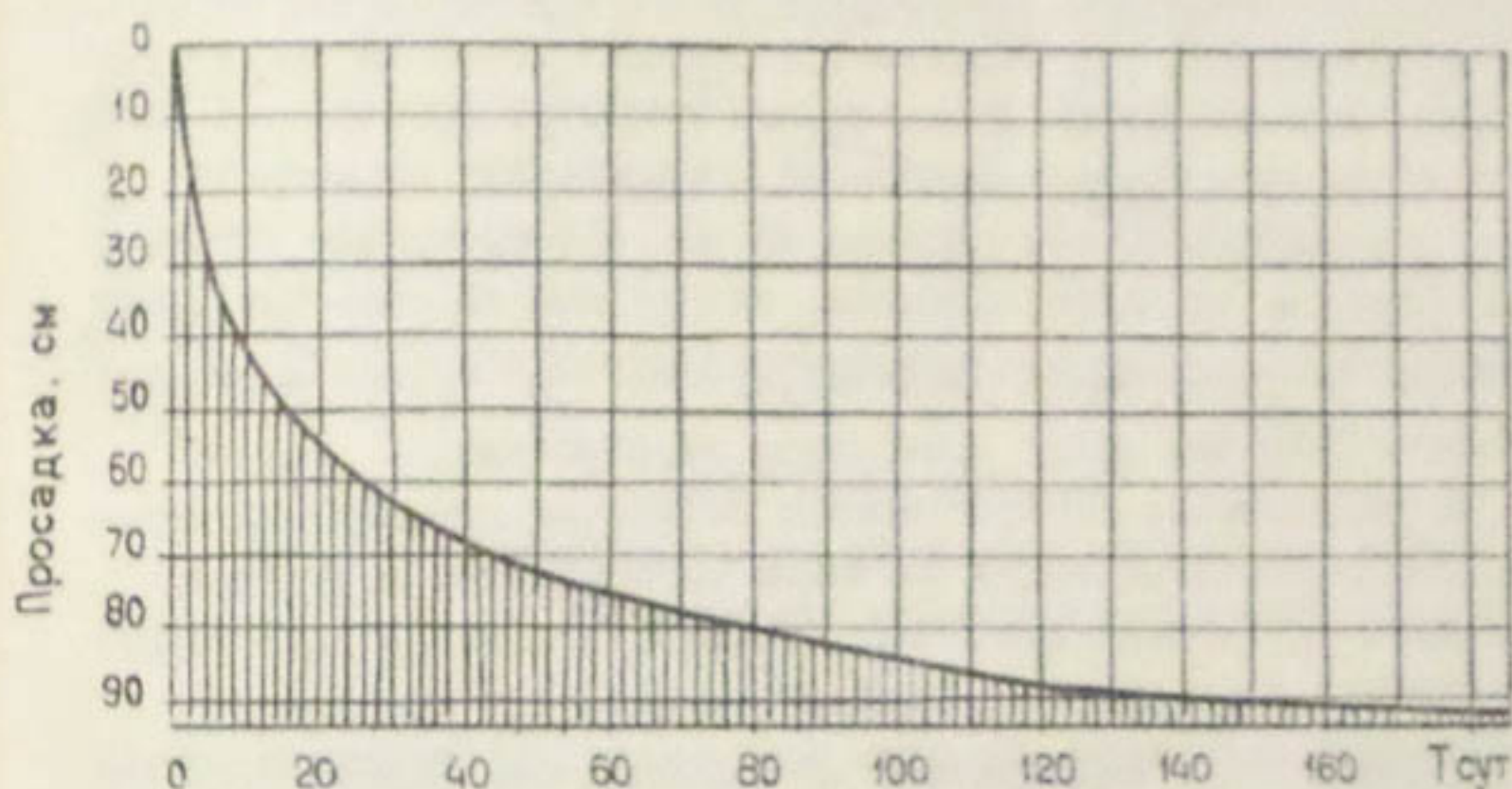


Рис. 1. Просадка лесса в основании замачиваемого котлована в Джизакской степи (штрихи — недоуплотненность породы).

Строя такой график-диаграмму в процессе предварительного замачивания строительного котлована или канала и зная общую просадку, определенную по результатам испытаний сжимаемости просадочной породы в одометрах с насыщением грунта водой при природном давлении (или природное давление плюс вес сооружения), а также допустимые нормативами размеры послепросадочных деформаций, можно установить время, потребное для предварительного замачивания основания под проектируемое сооружение. Но необходимо убедиться в промоченности всей просадочной толщи и водонасыщенности породы, достаточной для развития просадки, путем вскрытия ее разведочными выработками или методом пенетрационного каротажа. Затухание просадки на поверхности земли

может наступить и до завершения общего уплотнения всей просадочной толщи. Это объясняется наличием в просадочной породе более плотных прослоев, обладающих меньшей водопроницаемостью и не обеспечивающих подачу воды в нижележащую часть ее в количестве, необходимом для насыщения породы до критической влажности.

Для предварительного определения размеров просадки лессового основания вблизи проектируемого объекта следует заложить один шурф, вскрывающий всю просадочную толщу (если такого не было). По монолитам, отобранным из него с интервалом не реже одного метра, устанавливается средняя объемная масса сухого грунта и коэффициент пористости для всей просадочной толщи. Вместе с тем фиксируется изменение коэффициента пористости породы в зависимости от давления на нее при насыщении испытываемого грунта водой по образцам, отобранным не реже чем через два метра при однородном строении просадочной породы и не реже чем через метр при менее однородном ее строении.

По результатам компрессионных испытаний просадочной породы устанавливается среднее значение коэффициента пористости для каждого интервала давлений, соответствующее средним размерам объемной массы сухого грунта, определенным по образцам естественной структуры. По этим значениям [3] строится кривая сжимаемости, которая затем используется для вычисления размера предполагаемой просадки при природном давлении (или природное давление плюс вес сооружения). Для построения такой кривой по лессовому основанию опытного котлована в Джизакской степи были использованы результаты испытаний 32 образцов (рис. 2).

Приводим результаты определения размера ожидаемой просадки лесса на вышеуказанном котловане, где мощность просадочной породы 17,5 м при глубине вскрытия ее 0,5 м. Среднее напряжение от веса водонасыщенной породы составляет  $1,60 \text{ кгс/см}^2$  при средней величине объемной массы сухого грунта  $1,42 \text{ т/м}^3$  и влажности, соответствующей полному водонасыщению образца, равной 33,0%.

Такому давлению по кривой сжимаемости лесса при насыщении его водой соответствует коэффициент пористости  $\varepsilon_z = 0,805$ , а средняя величина его до замачивания породы — 0,906. Подставляя эти значения в формулу Н.Н.Герсеванова [4], получаем размер предполагаемой просадки

$$S_{пр} = \frac{\varepsilon_o - \varepsilon_z}{1 + \varepsilon_o} H = \frac{0,906 - 0,805}{1,906} 1750 = 92,7 \text{ см.}$$

Эта величина совпадает с максимальным размером осадки репера № 14, расположенного на дне котлована, и отличается



Рис. 2. Зависимость коэффициента пористости лесса от давления при насыщении его водой.

от просадки, вычисленной по изменению коэффициента пористости породы после длительного ее замачивания, всего лишь на 2,2 см (90,5 см). Таким образом, предполагаемая просадка, определенная по осредненным значениям коэффициента пористости, изображенным на кривой сжимаемости (см. рис. 2), вполне может быть принята за конечную, практически исключающую послепросадочные деформации при природном давлении.

В соответствии с ВСН4-66 [5], допустимыми размерами послепросадочной деформации на лессовых грунтах считаются: для земляных каналов, облицованных монолитным бетоном, железобетоном или железобетонными плитами, — 10 см, для насосных станций и гидроэлектростенций на оросительной сети с повышенной прочностью конструкции — 20 см и для земляных сооружений — 35 см. В первом случае, при мощности просадочной породы 18-20 м, замачивание просадочных грунтов в основании должно проводиться не менее трех месяцев, во втором — около 50 суток, а в третьем достаточно 25-30 суток (см. рис. 1).

Продолжительность предварительного замачивания просадочных грунтов можно определить и другим способом, вытекаю-

щим из наблюдений за ходом просадки на различных глубинах при замачивании. Изучая затухание оседания реперов, установленных на разных глубинах, легко подметить в них довольно строгую параллельность, которая наступает несколько позднее для более глубоко заложенных реперов. Это свидетельствует о завершении процесса уплотнения просадочной породы вначале в верхних горизонтах, где она, в результате фильтрации через нее воды, приобретает влажность, достаточную для развития просадочных деформаций, раньше, чем в нижних. По мере промачивания нижних горизонтов просадочной толщи до критической влажности в них развивается процесс самоуплотнения породы, который сопровождается оседанием и верхних ее частей, но без дополнительного уплотнения, ибо просадка в них к тому времени практически завершилась. Сказанное выше отражено на графиках (рис. 3), показывающих ход просадочных деформаций по глубинным зонам. На них вертикальными линиями отмечено начало параллельности двух смежных кривых.

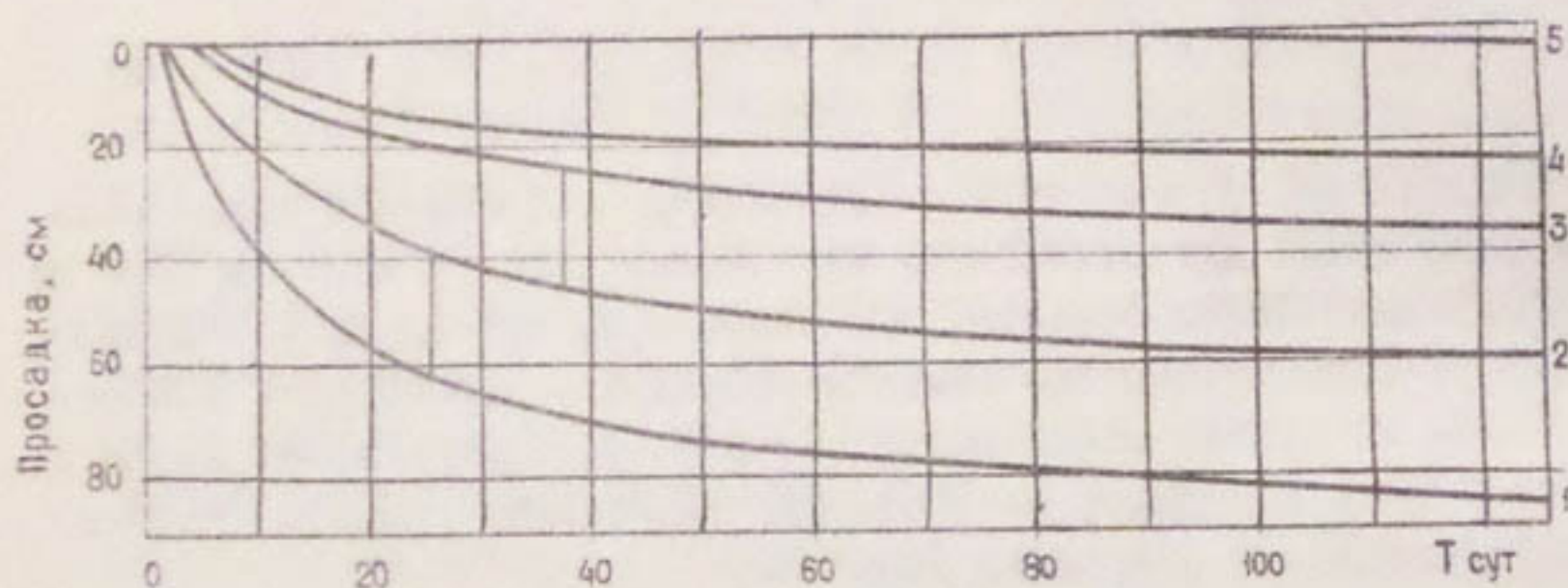


Рис. 3. Кривые проседания поверхностного ( № 14) и глубинных реперов в основании замачиваемого котлована в Джизакской степи, установленных: 1 — на поверхности дна; 2 — на глубине 5 м; 3 — на глубине 9 м; 4 — на глубине 13 м; 5 — на глубине 18 м от поверхности земли.

Такая же закономерность прослеживается по графикам просадки глубинных реперов при опытных и строительных замачиваниях на Сельбурском водохранилище, Перепадной ГЭС, Гарауты в Таджикистане, опыта № 1 в Каршинской степи, опытов на Кок-

Аральском и Джаушукумском массивах, хотя последние два использованы только для верхней десятиметровой толщи, ибо ниже порода в них недостаточно промочена и просадкой не затронута.

Откладывая время завершения просадки по зонам, ограниченным их подошвой, определяющей глубину распространения самоуплотнения просадочной породы, по оси абсцисс, а мощность ее — на оси ординат, получаем закономерное распределение точек пересечения проекций их на оси. Кривая, проведенная через эти точки, не что иное как зависимость продолжительности предварительного замачивания просадочных грунтов от мощности просадочной породы. По форме она представляет отрезок параболы, начальная часть которой более крутая, а верхняя постепенно выполаживающаяся. Это показывает, что в верхней, макропористой, зоне просадочной породы промачивание протекает быстрее, чем в нижней, более плотной и менее водопроницаемой, и, следовательно, процесс самоуплотнения вначале идет интенсивнее, затем постепенно затухает (рис. 4).

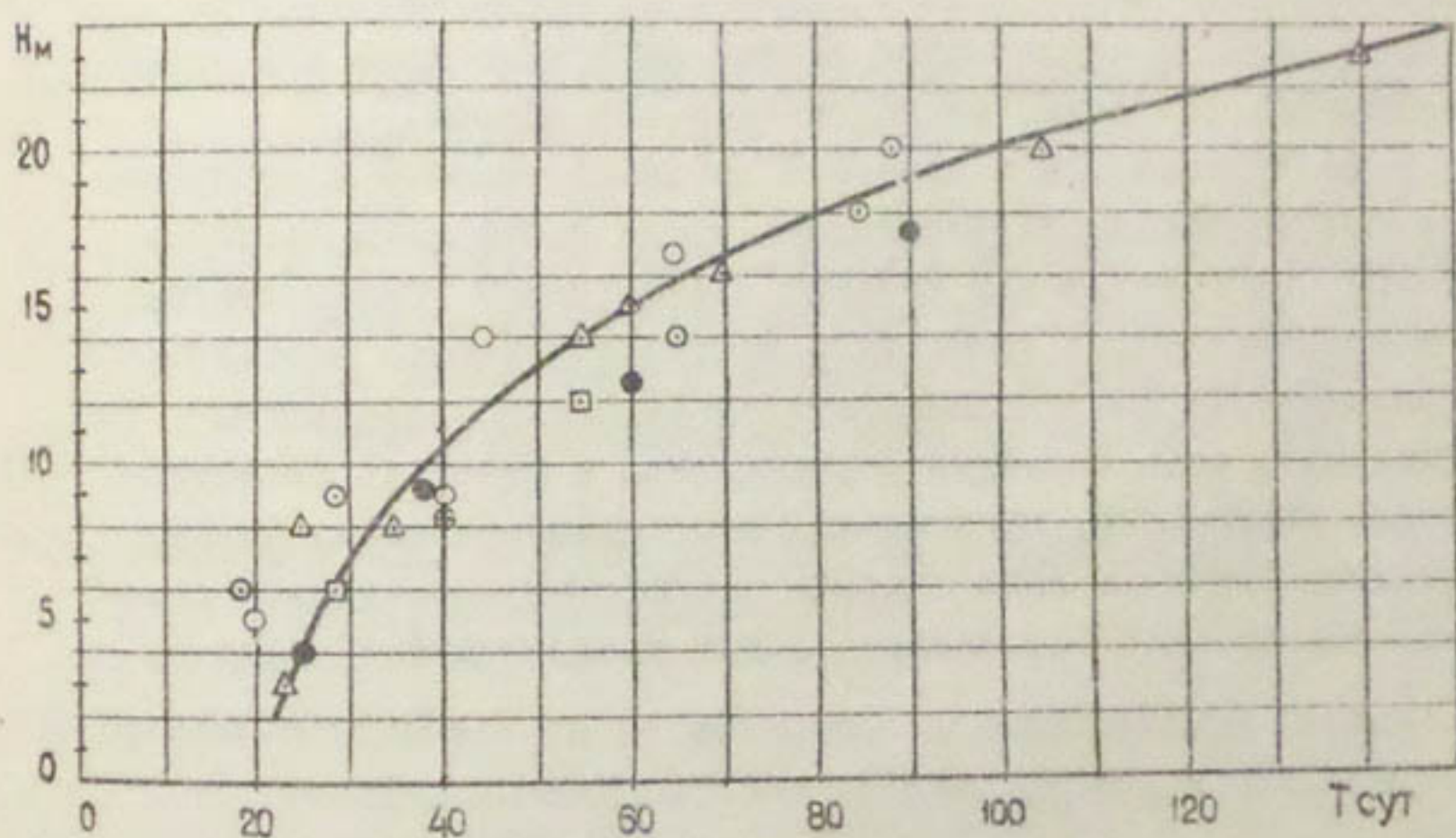


Рис. 4. Зависимость продолжительности замачивания просадочных оснований от мощности просадочной породы:  
 ● Джизакская степь; △ Перепадная ГЭС;  
 ⊙ Сульбурское водохранилище; ⊠ Гарауты;  
 ○ Каршинская степь; • Кок-Аральский массив;  
 ⊕ Джаушукумский массив.

Рассматриваемая кривая соответствует некоторой средней величине обсыпной массы сухого грунта, которая, увеличиваясь с глубиной, по зонам изменяется: в пределах от 1,25 до 1,35 т/м<sup>3</sup> для глубины 1-5 м, от 1,30 до 1,40 т/м<sup>3</sup> для интервала 6-10 м, от 1,35 до 1,43 т/м<sup>3</sup> на глубине 11-15 м, от 1,38 до 1,40 т/м<sup>3</sup> в интервале 16-20 м и от 1,40 до 1,50 т/м<sup>3</sup> на глубине 21-25 м. При этом точки, расположенные под кривой, соответствуют более плотным породам, а расположенные над ней отвечают менее плотным разностям грунта.

Определение времени, потребного на предварительное замачивание просадочного основания, по этой кривой можно производить для любой мощности просадочной породы, подлежащей замачиванию, не прибегая к каким-либо методам расчета. Необходимо лишь иметь информацию о плотности залегающей в основании просадочной породы и ее изменениях по глубине. Если плотность породы, подлежащей замачиванию, окажется выше указанных пределов или будет соответствовать верхним граничным значениям объемной массы сухого грунта, то продолжительность предварительного замачивания должна быть несколько увеличена, ориентируясь на точки, расположенные под кривой.

В целях контроля в процессе предварительного замачивания просадочного основания необходимо вести наблюдения за ходом просадки, по результатам которых составляется график-диаграмма, показывающий ход просадки и недоуплотненность просадочной породы. Это даст возможность своевременно прекратить замачивание, если просадка завершилась, и избежать последующих деформаций, превышающих допустимые размеры. Такие наблюдения нужны во всех случаях подготовки просадочных оснований, ибо без них замачивание будет производиться вслепую.

### В ы в о д ы

1. Рекомендуемые способы определения продолжительности предварительного замачивания просадочных грунтов в основаниях, базирующиеся на многочисленных данных опытных исследований и наблюдений в процессе подготовки оснований, просты и исключают опытные замачивания в искусственных котлованах и сложные вычисления.

2. Эти способы могут быть с успехом применены при вычислении сметной стоимости подготовки просадочных грунтов и использованы при выполнении указанных работ для контроля за стабилизацией просадки.

3. Точность определения времени предварительного замачивания просадочных пород в основании рекомендуемыми способами гораздо выше, чем по формулам, приведенным в технической литературе и нормативных документах, в частности в ВСН4-66.

### Л и т е р а т у р а

1. Урманова Г.Л. Некоторые вопросы исследования просадочных процессов в лессовых грунтах орошаемых районов Средней Азии. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Машинопись, биб-ка МИИВХ, М., 1954.
2. Булаевский В.Ф. Просадки лессовидных суглинков Голодной степи. Ташкент, "Фан", 1956.
3. Круглов Д.Н. Опытные исследования и прогноз просадочности лесса на Джизакском массиве для обоснования проекта мелиоративной системы. - Сб. науч. тр. ин-та "Средазгипроводхлопок". Вып. 5. Ташкент, 1974.
4. Герсеванов Н.Н. Основы динамики грунтовой массы. М.-Л., Госстройиздат, 1933.
5. Временные указания по проектированию оросительных систем на просадочных грунтах - ВСН4-66. М., Минмелиоводхоз СССР, 1966.

УДК 626

В.С.Попов, гл. спец.

А.А.Гордеев, ст. инж.

(Средазгипроводхлопок)

### ПЕРЕПАДНОЕ СООРУЖЕНИЕ С НОСКОМ-ТРАМПЛИНОМ В КОНЦЕ ВОДОСКАТА

Общее понижение горизонтов воды и среднего дна за гидротехническими сооружениями вызывается: а) общим размывом русла потоком, поступающим с верхнего бьефа, недогруженным взвешенными и влекомыми наносами; б) отбором грунта из русловой и пойменной части реки в бьефах сооружения.

В настоящей статье рассматривается новая сопрягающая конструкция, пригодная как для подпорных, так и для транзитных перепадных сооружений, допускающая изменение горизонта воды в нижнем бьефе до 4 м при минимальных длинах крепления.

В основе этой конструкции лежит предложенная и описанная в работах Н.Н.Беляшевского [1] и М.Д.Чертоусова [2] форма сопряжения бьефов за водосливными плотинами. Подобное сопряжение позволяет получить в конце водослива поверхностный прыжок, при котором донные скорости становятся меньше поверхностных. Непосредственно за носком-трамплином образуются два вальца: поверхностный и придонный с горизонтальной осью вращения, причем придонный способствует подтягиванию размывного грунта к сооружению.

Рассматриваемая конструкция сопрягающего сооружения состоит из

1) входной части, которая может быть выполнена в виде щелевого водослива - для транзитного перепада или оборудована

затворами - для подпорного сооружения;

2) наклонного водоската с носком-трамплином и уступом. Заложение водоската  $m = 2 \div 3$ . Сопряжение носка-трамплина с наклонной частью водоската выполняется по циркулярной кривой

$$R = (0,75 \div 1,0) \cdot (НПГ - ОНТ),$$

где НПГ - нормально подпертый горизонт;

ОНТ - отметка носка трамплина;

3) выходной части, дно которой закреплено рваным камнем или валунником. Сопряжение с бортами водотока может быть выполнено в виде груш с закрепленным низовым откосом (при выходе в широкое русло) и ныряющих стенок или ныряющего откоса (при ширине отводящего русла, близкой к ширине сооружения).

Подобная конструкция сопряжения применена на щитовой плотине Аккарадарьинского гидроузла, построенного в 1970 г. на реке Зарафшан [3]. Модельные исследования к проекту гидроузла выполнены в лаборатории гидравлических исследований института "Средазгипроводхлопок" в 1965-1966 гг.

Детальное изучение гидравлики рассматриваемого сооружения проводилось в 1974 г. на модели первого варианта конечного сооружения отводного канала реки Ахангаран [4].

Величина перепада в горизонтах воды в начале эксплуатации 4 м и с учетом общего понижения дна и горизонтов 7 м. Ширина подводящего русла по дну 15 м, заложение откосов  $m = 1,5$ . Ширина наклонного водоската 30 м, заложение  $m = 3,0$ . Водоскат сопрягается с носком-трамплином по кривой с радиусом 12 м. Величина уступа за носком-трамплином 2 м. Дно выходной части крепится на длине 16,5 м. Максимальные расчетные сбросные погонные расходы в пределах наклонного водоската  $20 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В лаборатории была выполнена модель сооружения в масштабе 1:40 с криволинейным в плане подводящим и прямолинейным отводящим руслами.

Откосы и дно подводящего русла реки Ахангаран имеют жесткое крепление. Отводящее русло в натуральных условиях сложено галечно-валунным материалом со средним диаметром частиц 100 мм. При моделировании средний диаметр частиц принят 2,5 мм.

Исследования концевое сооружения с криволинейным носком-трампином и уступом проводились для трех вариантов крепления нижнего бьефа:

- 1) нижний бьеф сооружения закреплен бетоном на длине 16,5 м;
- 2) крепление нижнего бьефа производилось забутовкой с диаметром 400-600 мм<sup>ж</sup>;
- 3) нижний бьеф за уступом не закреплен.

Расходы, подаваемые на модель, соответствовали натурным погонным расходам, равным 5-20 м<sup>3</sup>/с.

На модели была разбита координатная сетка, с помощью которой в процессе опытов производилась съемка поверхностных струй и замер скоростей течения, а по завершении опытов - плановая съемка русла и воронки размыва.

Результаты опыта считались удовлетворительными, если максимальный размыв дна модельного русла был ниже отметки крепления не более чем на 1,0-1,5 м и имел правильную ложкообразную форму.

Необходимым условием являлось достижение равномерного распределения скоростей по ширине потока.

При пропуске расходов в указанном диапазоне в нижнем бьефе обеспечивается устойчивый поверхностный режим сопряжения подходящего и отходящего потоков по типу заложенного поверхностного прыжка.

Такая форма сопряжения сохраняется во всех опытах при изменении горизонтов воды в нижнем бьефе сооружения до 3 м и пропуске расходов любой величины в указанных выше пределах.

Опыты показали, что с увеличением расходов и перепада горизонтов поверхностный прыжок в плане перемещается в сторону нижнего бьефа. При этом примерно в створе уступа наблюдается поверхностный водоворот с горизонтальной осью вращения, который образуется в результате подбрасывания носком-трампином потока, сходящего с водоската, последующего соударения струй в нижнем бьефе и значительной потери скорости.

---

ж. Величины расходов, скоростей и линейные размеры приведены для натуральных условий.

Сразу за уступом образуется донный валок с горизонтальной осью вращения, параллельной носу-транцу, который способствует подтягиванию размывного грунта отводящего русла и краевой части нижнего бьефа сооружения.

Результаты опытов с креплением нижнего бьефа по первому варианту показали:

1) что в расчетных условиях гашение энергии потока достаточно хорошее, растекание равномерное, эпюра скоростей симметричная. Максимальные поверхностные скорости протекания потока в пределах воронки размыва 5,0-5,5 м/с, придонные 3,8-4,0 м/с, при средних скоростях протекания потока в подводящем русле до 3,3 м/с, в отводящем - до 3,5 м/с. Воронка размыва имеет правильную в плане полуовальную форму. Длина ее около 50 м. Отметка максимально размывного дна ниже отметки крепления нижнего бьефа на 1,5-1,6 м;

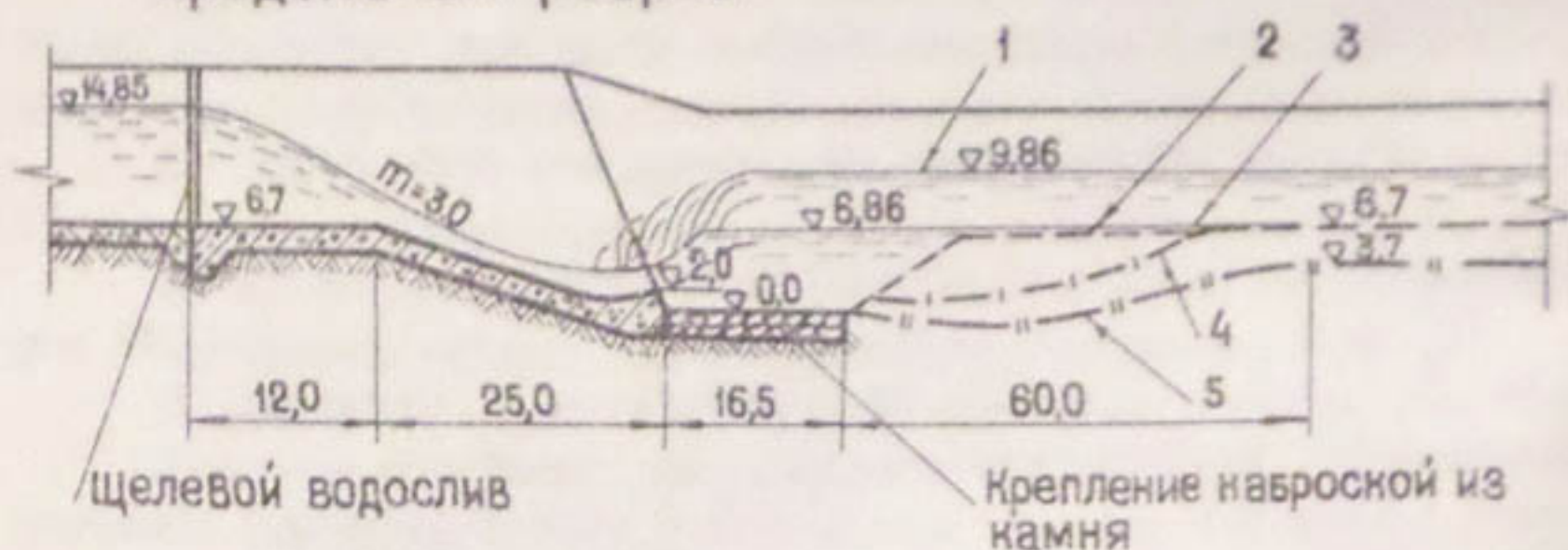
2) что при общем понижении дна и горизонтов воды в отводящем русле на 3 м общая картина протекания потока сохраняется, но с некоторым увеличением максимальных скоростей: поверхностных - до 5,2-6,0 м/с, придонных - до 4,0-4,5 м/с. Длина воронки размыва 65-70 м. Максимальная глубина ее (на 1,2-1,5 м ниже отметки крепления) при прохождении расхода, соответствующего  $600 \text{ м}^3/\text{с}$ , удалена от конца крепления на 6-8 м.

Результаты опытов с креплением нижнего бьефа модельной установки гравием на всем диапазоне изменения расходов, горизонтов воды и дна аналогичны результатам опытов с креплением по первому варианту. На рисунке приведены траектории струй, эпюры поверхностных скоростей для расхода, соответствующего  $450 \text{ м}^3/\text{с}$ , и продольный профиль воронки размыва после пропуска расхода, соответствующего  $600 \text{ м}^3/\text{с}$ , при поддержании горизонта воды и дна с учетом общего понижения на 3 м.

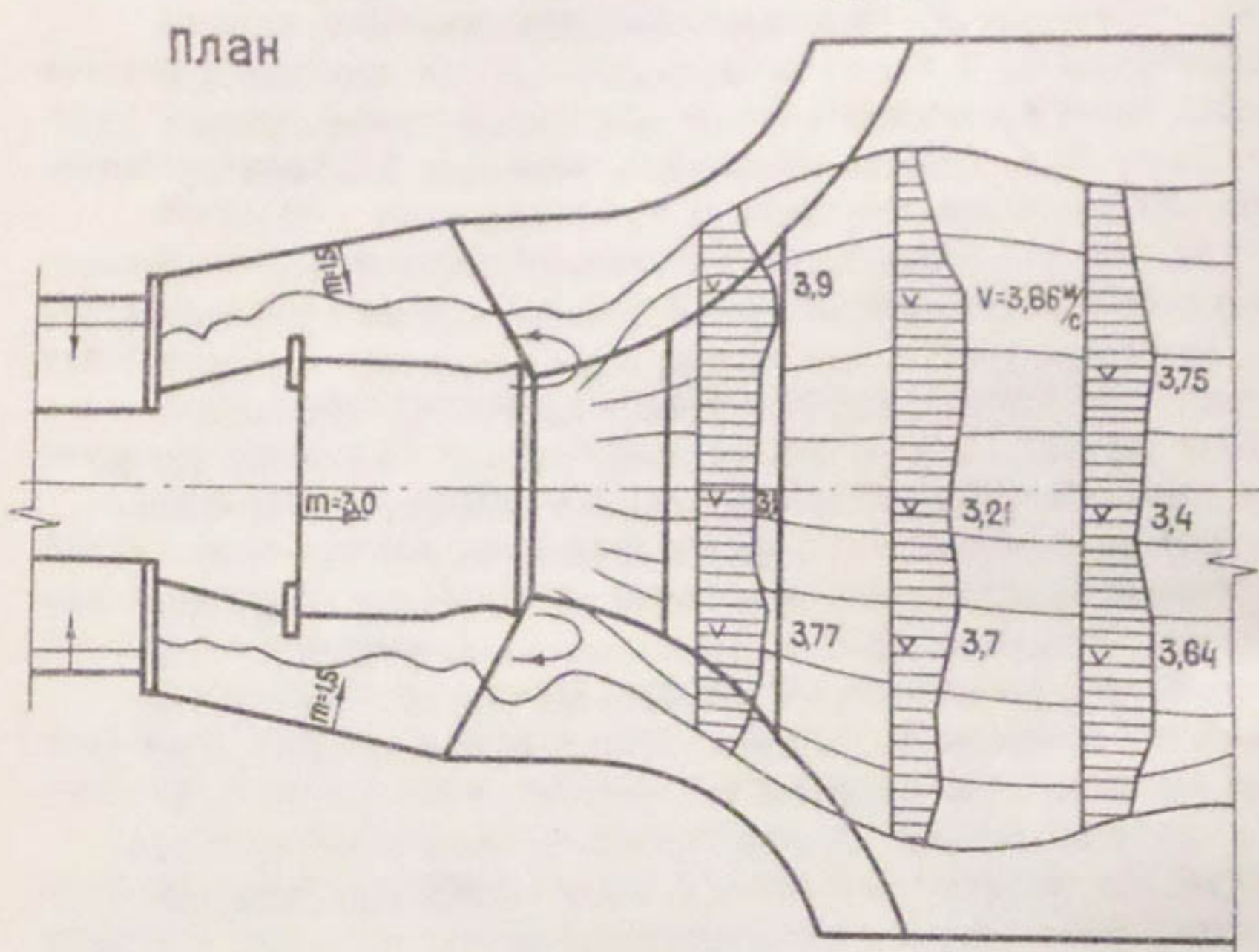
В варианте без крепления нижнего бьефа установлено, что:

1) при пропуске пегонных расходов, соответствующих натурным до  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ , изменении горизонтов воды и дна отводящего русла с учетом понижения условия гашения и растекания потока хорошие, эпюра скоростей симметричная, волнения и пульсации потока незначительны, местные размывы не превышают допустимые величины;

## Продольный разрез



## План



Продольный разрез и план конечного сооружения отводного канала реки Ахангаран с воронкой размыва, эпюрами скоростей и траекториями движения поверхностных струй:

1 — горизонт воды в отводящем русле до понижения; 2 — дно отводящего русла в начале эксплуатации; 3 — горизонт воды после ожидаемого общего понижения; 4 — положение дна отводящего русла до понижения после пропуска расхода, соответствующего натурному в  $600 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 5 — воронка размыва после трехметрового общего понижения дна и горизонтов воды реки Ахангаран.

2) увеличение пропускаемых расходов мало изменяет общую картину протекания потока в пределах воронки размыва, гашение энергии потока оптимальное, растекание плавное и симметричное, скорости протекания не превышают указанных, но из-за отсутствия крепления в нижнем бьефе местные размывы за уступом выше допустимых на 1,2-1,5 м для погонного расхода  $20 \text{ м}^3/\text{с}$  с учетом общего 3-метрового понижения дна и горизонтов воды.

### В ы в о д ы

1. Для обеспечения оптимального гашения энергии потока, плавного растекания в пределах нижнего бьефа, предотвращения недопустимых величин местных размывов при сопряжении бьефов с постепенно понижающимся руслом за сооружением, вызванных общими размывами, целесообразно применять перепадное или перегораживающее сооружение с наклонным водоскатом, криволинейным носком-тремплином и уступом. Наклон водоската для перегораживающих и транзитных перепадов рекомендуется принимать равным 2-3.
2. Крепление нижнего бьефа сооружения следует принимать равным 3-5 величинам наибольшего перепада в горизонтах воды для русл, сложенных булыжно-гравийным материалом, и до 10 - для русл, сложенных гравийно-песчаными фракциями.

### Л и т е р а т у р а

1. Беляшевский Н.Н. Сопряжение бьефов за водосливными плотинами с носком. Киев, Изд-во АН УССР, 1953.
2. Чертоусов М.Д. Гидравлика. М.-Л., Энергоиздат, 1957.
3. Технический проект Аккердәрьинского гидроузла на р.Зарафшан. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1969.
4. Отчет по модельным исследованиям сооружений отводного канала реки Ахангәран. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1974.

5. Алтунин С.Т. Регулирование русел. М., Сельхозиздат, 1962.
6. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. Л., Гидрометеоиздат, 1962.
7. Карков Ю.Г. Силное воздействие потока на крепление русла нижнего бьефа из каменной наброски и методика расчета его. — Известия ВНИИГ, вып. 97, 1971.
8. Павловский Н.Н. Расчет крупности камня на рисберме. — "Гидротехническое строительство". 1958, № 10.

УДК 621.64:631.6

А.А.Туманов, канд. техн. наук,  
гл. спец.

(Средазгипроводхлопок)

## К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ ВОДЫ НА ГИДРАНТАХ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Отсутствие водомерных устройств, простых в изготовлении и надежных в эксплуатации, способных работать в непосредственной близости от водовыпусков из закрытой сети, требует разработки ориентировочных способов учета. Предлагаемый автором статьи способ учета воды, подаваемой в гибкий поливной рукав, основан на тарировке серийно выпускаемого гидранта конструкции института "Средазгипроводхлопок" и использовании полученных эмпирических зависимостей.

Исследования, проведенные отделом АТИС института, преследовали цели: выявление возможности оперативного учета воды с помощью гидранта, представляющего собой местное сопротивление, и установление величин основных гидравлических параметров, используемых при проектировании самонапорных трубчатых систем.

Рассматриваемый гидрант-водовыпуск состоит из корпуса с опорным фланцем. К боковой его стенке приварен водовыпускной патрубок. В крышке корпуса заделана втулка подъемного винта, к концу которого шарнирно прикреплена тарелка клапана. Подъем и опускание клапана производится вращением штурвала, насаженного на подъемный винт.

Опыты проводили с гидрантом, диаметр выпускного патрубка которого 250 мм, диапазон напоров в трубопроводе 4-18 м,

шаг подъема винта 10 мм, максимально возможная степень выдвижения винта 250 мм. Величину пропускаемого через гидрант расхода находили по зависимости:

$$Q = \mu \omega_n \sqrt{2g \Delta H_p}, \quad (1)$$

где  $\mu$  - коэффициент расхода;

$\omega_n = 0,785 d_n^2$  - площадь выпускного патрубка, м<sup>2</sup>;

$\Delta H_p$  - перепад напоров (м), определяемый по формуле

$$\Delta H_p = H_{ман} - (h_1 + h_{вых}). \quad (2)$$

Здесь  $H_{ман}$  - напор в точке врезки отборного штуцера манометра;

$h_1$  - расстояние от оси штуцера до оси выпускного патрубка гидранта;

$h_{вых}$  - пьезометрический напор на выходе, отнесенный к оси выпускного патрубка.

Коэффициент расхода - переменная величина, зависящая от типа затвора, величины подъема клапана  $h_k$  и режима потока, определяемого числом  $Re$ .

Для клапана рассматриваемой конструкции на основании проведенных исследований получена зависимость  $\mu = F(Re)$ , представленная на рис. 1. Для каждого значения  $\frac{h_k}{d_n}$  существует свое число  $Re_{пр}$ , начиная с которого коэффициент расхода становится постоянным. Прослеживается четкая зависимость снижения  $Re_{пр}$  с уменьшением проходного сечения клапана, и проведенная граничная линия служит показателем наступления автомодельности. Это означает, что расположенные справа от нее значения коэффициентов расхода являются универсальными, пригодными для гидрантов других типоразмеров.

Коэффициент расхода связан с коэффициентом сопротивления обратной зависимостью:

$$\mu = \frac{1}{\sum \zeta^{0.5}},$$

где  $\sum \zeta = \zeta_{вм.сж} + \zeta_{в.р}$  - коэффициент, учитывающий внезапное сжатие и последующее расширение потока в гидранте и отнесенный к средней скорости в выпускном патрубке.

Из анализа графиков зависимостей  $\ell g \sum \zeta = F(\frac{h_k}{d_n})$  и  $\mu = F(\frac{h_k}{d_n})$ , представленных на рис. 2, видно, что при  $\frac{h_k}{d_n} < 0,1$  значения коэффициента сопротивления резко снижаются, стремясь к постоянной величине 0,07. Далее коэффициент стабилен, что обусловлено конструкцией гидранта: площадь кольцевого зазора между тарелкой клапана и корпусом равна площади зазора между тарелкой и опорным фланцем. Зона холостого хода винта сохраняется вплоть до значения  $\frac{h_k}{d_n} = 0,3$ , после чего проходное сечение начинает увеличиваться за счет сектора, образуемого тарелкой и частью выпускного патрубка.

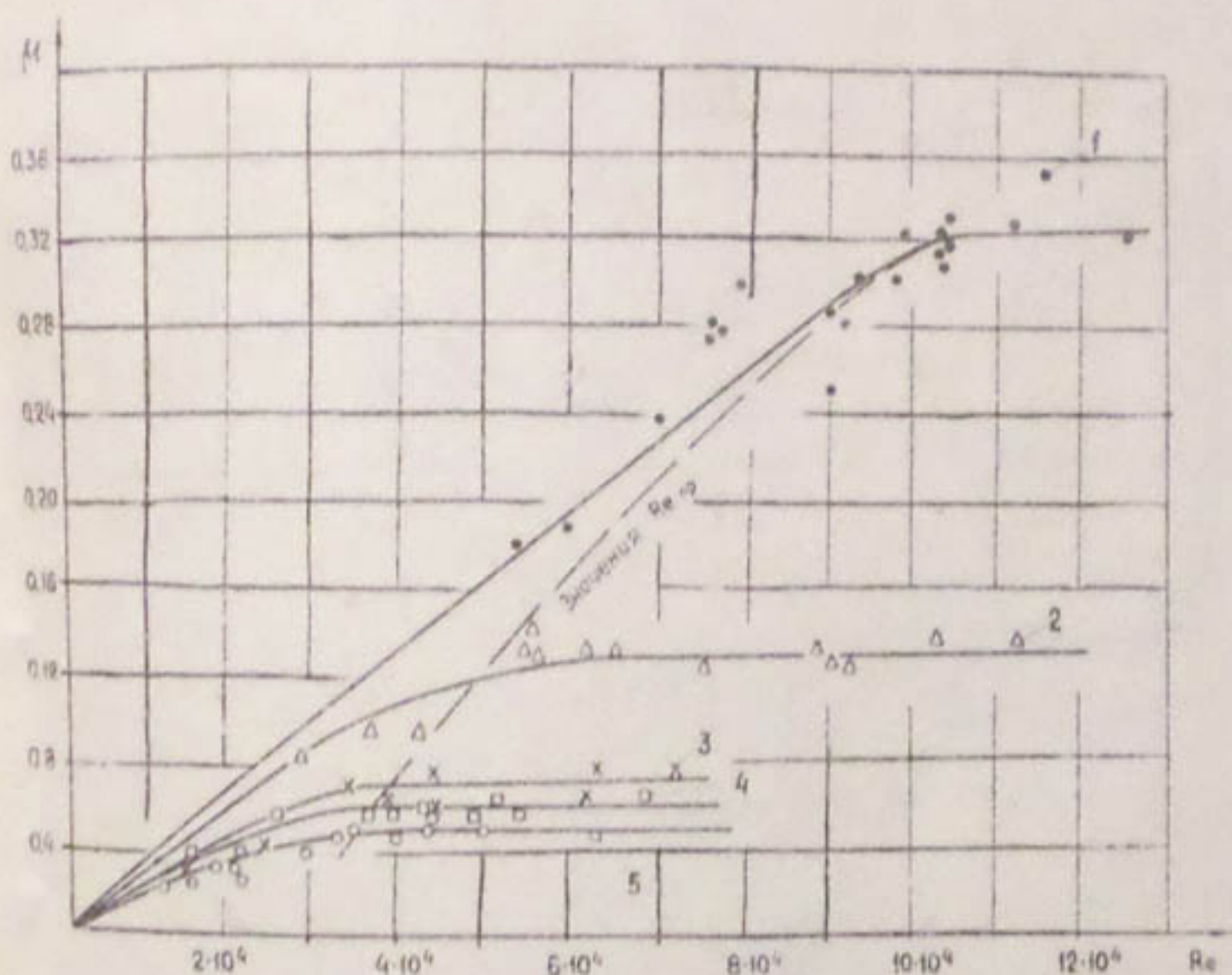


Рис. 1. Зависимость коэффициента расхода гидранта от числа Рейнольдса:

- 1 -  $h_k/d_n = 0,65$ ; 2 -  $h_k/d_n = 0,5$ ;  
 3 -  $h_k/d_n = 0,35$ ; 4 -  $h_k/d_n = 0,15$ ;  
 5 -  $h_k/d_n = 0,05$ .

Для практических целей, как правило, используется зона  $\frac{h_k}{d_n} \geq 0,3$ , для которой получены эмпирические зависимости:

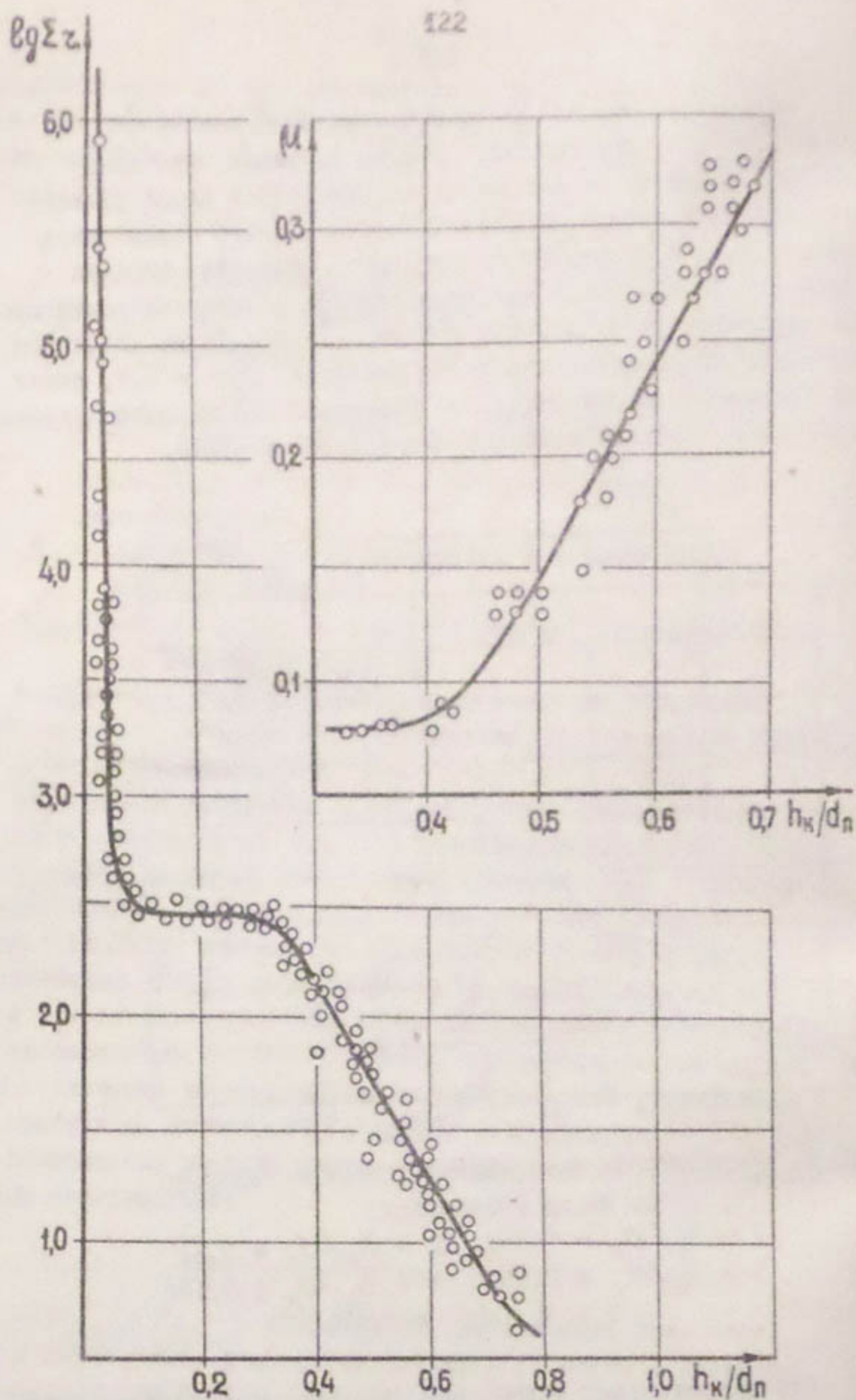


Рис. 2. Зависимость коэффициентов сопротивления и расхода от высоты подъема клапана.

$$\Sigma \zeta = \left[ \frac{1}{1,09 \left( \frac{h_k}{d_n} - 0,129 \right)^2} \right]^2, \quad (3)$$

$$\mu = 1,09 \left( \frac{h_k}{d_n} - 0,129 \right)^2. \quad (4)$$

Измерив величину выдвижения шпинделя линейкой и действующий перепад давлений манометром, ввинчиваемым в штуцеры стояка и выпускного патрубка, по формуле (1) находим расход, поступающий в поливной рукав. Значения коэффициента расхода устанавливаются по выражению (4) либо непосредственно по графику на рис. 2.

В зависимости от требуемой области учета, определяемой  $\frac{Q_{max}}{Q_{min}}$ , и максимального возможного давления в участковом трубопроводе подбираются шкалы измерительных приборов. Отборные штуцеры врезаются в стояк гидранта на расстоянии не менее 2Д от опорного фланца и в выпускной патрубок — на расстоянии 3-4Д от корпуса гидранта.

Относительная погрешность измерения расхода при использовании пружинных манометров составляет в среднем 10%.

### Л и т е р а т у р а

1. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. М., "Энергия", 1972.
2. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. М., "Недра", 1970.

УДК 631.6:62-5

А.А.Махров, гл.инж.

(ЦЧО Гипроводхоз, Воронеж)

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

В повышении эффективности работы оросительных систем ведущая роль принадлежит комплексной автоматизации всех технологических процессов. Однако в осуществленных автоматизированных оросительных системах и в разрабатываемых проектах автоматизация охватывает, как правило, только те технологические процессы, которые связаны с регулированием источника орошения, водозабором, транспортированием и распределением воды на поливном участке. Такие процессы, как передвижение воды в почве, в водоносных пластах, а также обуславливающие качественные изменения физико-химических характеристик почвы и приземных слоев атмосферы, либо недостаточно дифференцируются, либо вовсе не учитываются.

Этот подход отражен в "Основных положениях по автоматизации технологических процессов в мелиорации и водном хозяйстве" [1], где учтены: переформирование естественного стока источника орошения, водозабор из источника орошения, транспортирование и распределение воды между потребителями, полив сельскохозяйственных культур, сбор и отвод поверхностных вод, сбор и отвод грунтовых вод, понижение уровня грунтовых вод.

Очевидно, что при проектировании комплексной автоматизации оросительных систем в сложных почвенно-мелиоративных, гидрогеологических и климатических условиях потребуются специальная разработка состава технологических процессов. По мне-

нию академика В.Глушкова, основная причина неудачи внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности заключается в отсутствии комплексного системного подхода: "Ведь даже одно небольшое звено единой технологической линии, оставленное без внимания, может свести на нет результаты автоматизации всех остальных звеньев" [2] .

Ниже на основании исследования опыта института "Среднегипроводхлопок" по разработке ряда крупных оросительных систем в сложных природных условиях автором данной статьи, под руководством доктора геолого-минералогических наук профессора-консультанта ВНИИГим Н.М.Решеткиной, сделана попытка выделить весь комплекс технологических процессов в оросительной системе.

На рисунке приведена схема, отражающая весь производственный процесс. Кружками обозначены процессы прохождения воды по системе (двойными линиями показаны дополнительно введенные процессы), квадратиками — процессы в производительном почвенном слое, треугольниками — процессы в приземных слоях атмосферы. Стрелки указывают путь движения воды, пунктирная линия — связи между технологическими процессами.

Технологические процессы прохождения воды включают: переформирование естественного стока источника орошения 1; водозабор из источника орошения 2; транспортирование и распределение воды между потребителями 3; полив-подача воды в поливные устройства (на поливной участок) 4; испарение с водной поверхности сооружений и поливного участка 5; технологический сброс из гидротехнических сооружений 6; фильтрация из гидротехнических сооружений 7; поверхностный сброс с поливного участка 8; переформирование поверхностного стока, образующегося за пределами системы 9; транспортирование сбросных вод и впуск их в водоприемник 10; переформирование естественного стока водоприемника 11; переход поверхностного тока воды в почвенную влагу 12; транспирация и испарение с поверхности почвы 13; фильтрация из почвы в водоносный пласт 14; транспортирование по водоносным пластам внешнего притока грунтовых и фильтрационных вод и разгрузка потока в коллекторно-

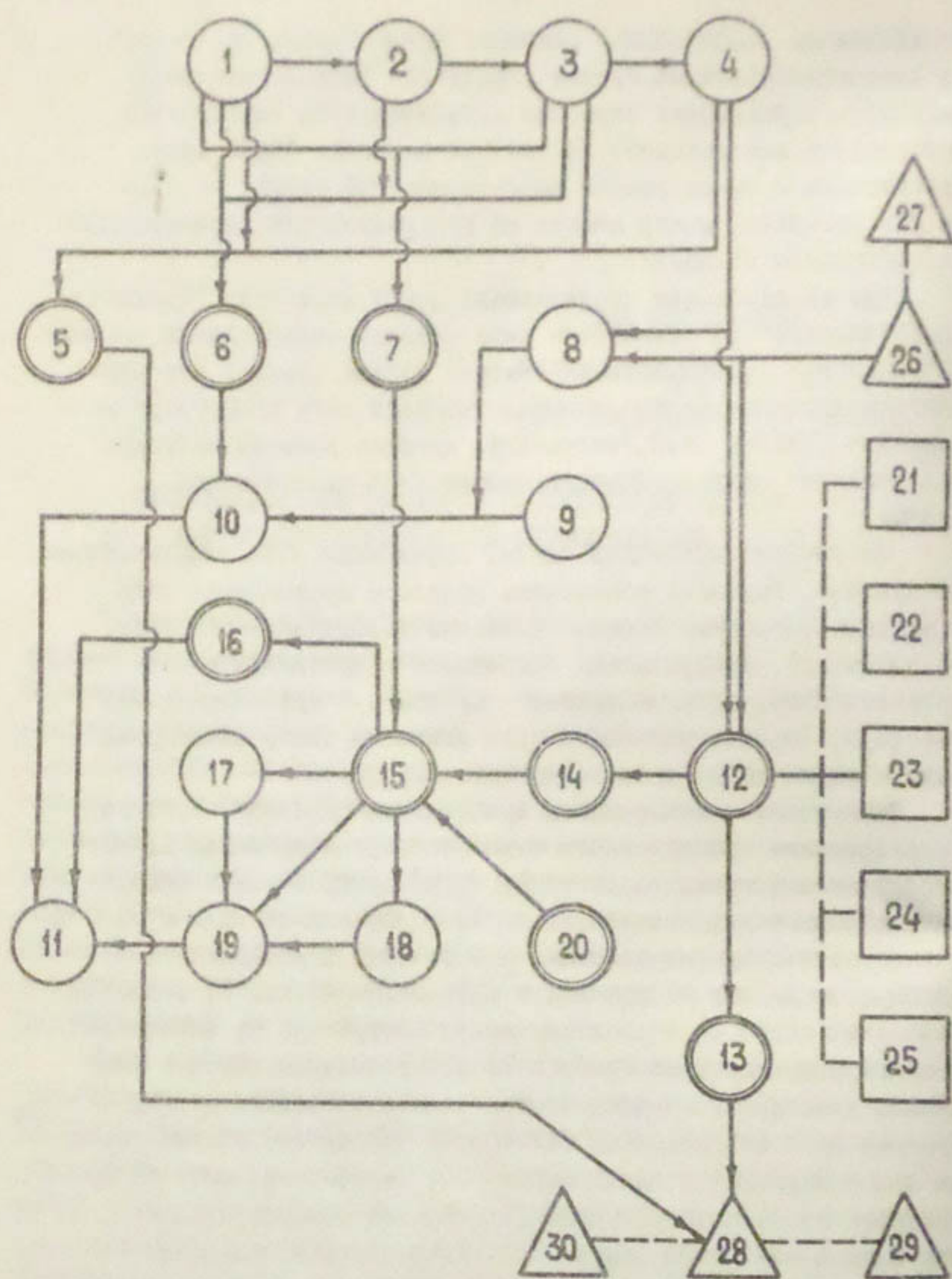


Схема технологических процессов оросительной системы.

дренажную сеть 15; выклинивание потоки грунтовых вод в водо-приемник 16; прием и транспортирование грунтовых вод систематическим дренажем 17, линейным дренажем 18, коллекторами 19; внешний приток грунтовых вод 20.

Процессы в производительном почвенном слое: изменение микрорельефа или общего уклона поверхности поливного участка 21; улучшение структуры почвы 22; улучшения механического состава почвы 23; улучшения химического (солевого) состава почвы 24; улучшения биологии почвы 25.

Процессы в приземных слоях атмосферы: выпадение атмосферных осадков 26; снегозадержание 27; изменение теплового режима, относительной влажности воздуха в результате изменения характера подстилающей поверхности 28; изменение относительной влажности воздуха с помощью специальных технических устройств 29; изменение скорости ветра под воздействием лесных полос 30.

Учет всех технологических процессов при разработке организационных систем позволит правильно определить параметры сооружений, стоимость системы и существенно повысить уровень управления водным, тепловым и другими режимами производительного слоя почвы и приземных слоев атмосферы.

### Л и т е р а т у р а

1. Основные положения по автоматизации технологических процессов в мелиорации и водном хозяйстве (методическое руководство). Минводхоз СССР, Минприбор СССР, М., 1972.
2. Глушков В. Стратегия автоматизации. "Известия", 1975, 13 мая.

## РЕФЕРАТЫ

УДК 634.6:333

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ИРРИГАЦИИ И ПОЛИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РЕСПУБЛИКАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ И ЮЖНОМ КАЗАХСТАНЕ. Воронов А.П., Ракитин К.А. — Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып.7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

Средняя Азия и Южный Казахстан — крупнейший в Советском Союзе район орошаемого земледелия, где сосредоточено более 50% поливных земель страны и выращивается 95% общесоюзного производства хлопка, 30% фруктов и винограда, 40% риса и т.д.

Район располагает большими потенциальными возможностями для широкого развития орошаемого земледелия и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при условии обеспечения водой.

Для удовлетворения растущих потребностей народного хозяйства и населения в сельхозпродукции площадь орошаемых земель в перспективе в данном районе должна быть доведена до 13,7 млн.га, что потребует выполнения большого объема водохозяйственных мероприятий и свыше 50 млрд.руб. капиталовложений.

Коэффициент абсолютной экономической эффективности капиталовложений в орошение составит 0,25.

При общегосударственном планировании развития мелиорации в стране следует учитывать высокую народнохозяйственную эффективность орошения в Средней Азии и Южном Казахстане.

УДК 551.49:631.6

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВНЫМ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ РАЗВИТИЯ ОРОШЕНИЯ. Игнатилов Н.М. — Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып.7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

На базе обобщения и систематизации материалов гидрогеологических изысканий и исследований, проведенных в последние годы на территории бассейна Аральского моря, в работе дается краткая характеристика закономерностей формирования, циркуляции, распределения запасов основных типов подземных вод и высказываются современные представления о районировании гидрогеологических условий орошаемых и намечаемых к орошению земель республик Средней Азии. Устанавливаются взаимосвязи между подземными и поверхностными водами региона и намечаются возможные направления ожидаемых изменений этих взаимосвязей при развитии орошения и освоении земель. В этом аспекте важное значение имеют поровые грунтовые и грунтово-напорные воды, которые тесным образом связаны с деятельностью человека. Запасы их в перспективе могут увеличиться за счет расширения орошаемых земель. На изменение запасов трещинных грунтовых вод основное влияние оказывают атмосферные процессы, а запасы напорных вод, хотя и наименее подвержены влиянию внешних факторов, уже в настоящее время имеют тенденцию к истощению, поэтому ожидать значительного увеличения тех и других в перспективе нет оснований.

Библиографий 3.

УДК 631.6:631.4

ВОДНО-СОЛЕВОЙ БАЛАНС ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА. Гадянин М.Н. — Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып. 7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

На основе анализа фактического материала многолетних специальных исследований и сведений по режиму водопользования

обоснован водно-солевой баланс орошаемых земель Северного Таджикистана за средний по водности 1967 год. Представлен набор разнообразных по структуре баланса участков как аналогов при прогнозировании изменений баланса на новоорошаемых землях Средней Азии и Южного Казахстана.

Таблиц 2, иллюстраций 2, библиографий 8.

УДК 631.4:631.6

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ПО ЗАСОЛЕНИЮ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МЕЛИОРАЦИИ. Решетов Г.Г. – Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып.7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

Токсичное засоление почв, на основании данных анализов водных вытяжек, может быть оценено по содержанию ионов натрия и хлора. Предлагается определять степень засоления почв по количеству натрия, химизм засоления – по отношению натрия к хлору.

Таблиц 2, иллюстраций 1, библиографий 15.

УДК 626.86

ПРИБЛИЖЕННЫЙ ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ ДЖИЗАКСКОЙ СТЕПИ). Сойфер С.Я. – Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып. 7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

В работе рассмотрено пять геофильтрационных схем для приближенной оценки динамики минерализации дренажных вод в типичных для Средней Азии условиях предгорных и подгорных равнин на примере Джизакской степи. Предложены расчетные формулы для определения минерализации дренажных вод в процессе опреснения покровной толщи грунтов и определения времени полного опреснения их.

Иллюстраций 2, библиографий 3.

УДК 631.6:626.86

РОЛЬ ПРОМЫВНОГО РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ И ДРЕНАЖА В КОМПЛЕКСЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ. Серебренников Ф.В. - Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып.7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

На основе опыта освоения земель новой зоны Голодной степи рассматриваются задачи мелиоративного и эксплуатационного периодов работы оросительной системы, условия и сроки перехода от мелиоративного периода к эксплуатационному, сущность промывного режима орошения, роль дренажа в комплексе мелиоративных мероприятий, вопрос о глубине заложения горизонтального дренажа, сроки строительства дренажа, основной показатель мелиоративного состояния орошаемых земель, целесообразность гидроизоляции оросительной сети, а также характерные для природных условий особенности формирования солевого режима в почвогрунтах зоны аэрации и грунтовых водах.

Библиографий 41.

УДК 631.413

О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА В КАРШИНСКОЙ СТЕПИ. Громатович М.К., Серебренников Ф.В., Толстуннов А.В. - Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып.7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

Статья посвящена оценке мелиоративной и экономической эффективности и работоспособности комбинированного дренажа на территории I очереди освоения Каршинской степи. Приводятся результаты натурных исследований работы комбинированного дренажа, конструкции скважин-усилителей, мелиоративные и экономические показатели эффективности комбинированного дренажа.

Иллюстраций 2.

УДК 626.874:626.86

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НА ЭВМ ЗАДАЧИ СОЛЕВОГО ПРОГНОЗА В ПОЧВЕ С УЧЕТОМ КАТИОННОГО ОБМЕНА. Клыков В.Е., Шулыгин Д.Ф. - Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып. 7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

В статье предлагается математическая модель для расчета процесса промывки засоленной почвы с учетом катионного обмена между двумя разновалентными ионами (катионами натрия и кальция), находящимися в поровом растворе и в почвенном поглощающем комплексе.

Разработанный алгоритм и программа для численного решения на ЭВМ позволяют прогнозировать динамику легкорастворимых солей и поглощенных оснований в почве при их промывках (поливах) водами различной минерализации и состава (по ионам натрия и кальция). Задачи такого типа важны для прогнозирования образования вторичных солей в почве и осолонцевания земель.

Иллюстраций 1, библиографий 7.

УДК 626.86

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДРЕНЫ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВХОДНЫХ ГРАДИЕНТОВ. Сторожук С.И., Ларина Л.В., Филатов Л.М. - Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып. 7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

В результате проведенных исследований методом ЭГДА определена максимально возможная величина градиента напора при проектировании обратных фильтров закрытого горизонтального дренажа из среднеазиатских песков с коэффициентом фильтрации 0,1-0,3 м/сут, защищающих супесчаные грунты.

Построен график зависимостей градиентов напора от скважности дренажа, диаметра отверстий в дрене, толщины фильтра и отношения коэффициента фильтрации фильтра к коэффициенту фильтрации грунта.

Иллюстраций 1, библиографий 7.

УДК 626.862

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДРЕНАЖА ИЗ ПОРИСТЫХ БЕТОННЫХ ТРУБ. Громатович М.К. - Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып.7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

Статья посвящена вопросу изучения работоспособности закрытого горизонтального дренажа из пористых бетонных труб конструкции ГСКБ по ирригации. Приводятся результаты производственных исследований горизонтального дренажа из труб указанной конструкции в природных условиях Голодной степи, оценка работоспособности и ожидаемый от внедрения экономический эффект.

Таблиц 1, библиографий 2.

УДК 627.8

ПРЕДРАСЧЕТ ТОЧНОСТИ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ ПЛОТИНЫ АНДИЖАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА. Рабцевич И.С. - Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып. 7, Ташкент, САНИИРИ, 1976.

В статье показано, как исходя из средней квадратической ошибки осадки марки, расположенной на наибольшем расстоянии от исходных фундаментальных реперов, и принятой схемы высотного обоснования, можно получить среднюю квадратическую ошибку превышения на станции. Для Андижанской плотины она равна  $\pm 0,10$  мм.

При нивелировании в потернах возникает ошибка во взаимном расположении по высоте двух соседних марок. Чтобы эта ошибка не превышала 0,3 мм, необходимо в потернах (галереях) образовывать между двумя нивелирными ходами полигоны с узловыми точками, расположенными через пять станций.

С учетом главных источников ошибок геометрического нивелирования рассчитана практическая точность получения пре-

вышения на станции, которая составляет не больше 0,10 мм. Средняя квадратическая ошибка осадки марки, расположенной в середине Андиганской плотины, не превышает по абсолютной величине 0,8 мм.

Иллюстраций 2, библиографий 3.

УДК 622.2:627.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ И АЛМАЗНЫХ КОРОНОК БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ПРИ ВЫБУРИВАНИИ БЕТОННЫХ КЕРНОВ ИЗ ТЕЛА ПЛОТИНЫ ТОКТОГУЛЬСКОГО И АНДИЖАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ. Галдобин В.С., Малютин В.И. – Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып.7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

В статье приводятся результаты внедрения в практику буровых работ алмазных коронок большого диаметра (168 и 330 мм) для изучения прочностных и деформационных характеристик бетона при новом, прогрессивном способе послойной укладки его.

Описаны режимы бурения станками ЗИФ-300М, ЗИФ-650А, СБА-500. Разработаны режимы бурения коронками различных конструкций – по количеству основных и подрезных резцов, расположения их по торцу коронки, форме резцов.

Приведены результаты испытаний коронок, заправленных резцами из естественных и искусственных алмазов, и данные о механической скорости бурения.

Показана экономическая эффективность применения алмазных коронок за счет экономии основных строительных материалов (цемента) и буровых коронок.

Таблиц 1, иллюстраций 5, библиографий 9.

УДК 626:624.13

О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ЗАМАЧИВАНИЯ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.

Круглов Д.Н. – Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып.7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

Работа посвящена уточнению определения продолжительности замачивания просадочных грунтов в основании гидротехнических сооружений на основе изучения завершенности самоуплотнения лессового грунта в процессе предварительного его замачивания. Автор предлагает комплекс натурных наблюдений и лабораторных испытаний, позволяющий рассчитать необходимую продолжительность замачивания лессовых грунтов и величину просадки, после завершения которой остаточная деформация не превысит нормативную величину и основание можно считать подготовленным для возведения сооружения.

Иллюстраций 4, библиографий 5.

УДК 626

ПЕРЕПАДНОЕ СООРУЖЕНИЕ С НОСКОМ-ТРАМПЛИНОМ В КОНЦЕ ВОДОСКАТА. Попов В.С., Гордеев А.А. – Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып. 7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

В статье рассматривается новая конструкция сопрягающего перепадного сооружения, обеспечивающего нормальную гидравлику нижнего бьефа при понижении горизонта воды до 4 м. Возможный перепад в горизонтах воды верхнего и нижнего бьефов от 4 до 8 м. Величина местного размыва не превышает допустимые значения при минимальной длине крепления.

Конструктивное решение рассматриваемого сооружения позволяет получать за перепадом придонные скорости потока меньше поверхностных. Подобная скоростная структура является следствием создаваемого на сходе потока с водоската поверхностного прыжка.

Максимальный расход сооружения -  $20 \text{ м}^3/\text{с}$  на погонный метр ширины водоската.

Конструкция сооружения исследована на модели масштаба 1:40.

Иллюстраций 1, библиографий 8.

УДК 621.64:631.6

К ВОПРОСУ ОБ УЧЕТЕ ВОДЫ НА ГИДРАНТАХ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.  
Туманов А.А. - Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып. 7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

В статье приводятся результаты гидравлических исследований типового гидранта-водовыпуска конструкции института "Средазгипроводхлопок". Выявлена возможность использования гидранта, представляющего собой местное сопротивление, для оперативного учета воды, подаваемой в гибкий поливной рукав. Расход находится по двум параметрам: перепаду напоров и степени подъема клапана. Рекомендуются эмпирические зависимости коэффициентов сопротивления и расхода, также используемые при расчетах самонапорных трубчатых систем.

Иллюстраций 2, библиографий 2.

УДК 631.6:62-5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ. Махров А.А. - Вопросы проектирования и эффективности работы гидромелиоративных систем Средней Азии, вып. 7. Ташкент, САНИИРИ, 1976.

При разработке проектов автоматизация не охватывает весь комплекс технологических процессов оросительных систем, в частности, не полно учитываются процессы передвижения воды в почве и водоносных пластах, а также обуславливающие качест-

венные изменения физико-химических характеристик почвы и приземных слоев атмосферы. На основании исследования опыта Средазгипроводхлопка по разработке ряда крупных оросительных систем в сложных природных условиях в статье сделана попытка охватить все технологические процессы. Рекомендуется дополнительно выделять поверхностный сброс воды с поливного участка, переход поверхностного тока воды в почвенную влагу, фильтрацию воды из почвы в водоносный пласт, изменение микрорельефа поливного участка, улучшение механического и химического состава почвы и другие процессы. Системный подход в определении всех звеньев производственного процесса при разработке оросительной системы немного повысит эффективность комплексной автоматизации.

Иллюстраций 1, библиографий 2.

# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                       | Стр. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| А.П.Воронов, К.А.Ракитин. Социально-экономические аспекты развития ирригации и поливного земледелия в республиках Средней Азии и Южном Казахстане     | 3    |
| Н.М.Игнатилов. Гидрогеологические условия бассейна Аральского моря и возможные изменения их в связи с перспективным проектированием развития орошения | 10   |
| М.Н.Галлянин. Водно-солевой баланс орошаемых земель Северного Таджикистана                                                                            | 23   |
| Г.Г.Решетов. К вопросу классификации почв по засолению для целей мелиорации                                                                           | 36   |
| С.Я.Сойфер. Приближенный прогноз динамики минерализации дренажных вод (на примере Джизакской степи)                                                   | 42   |
| Ф.В.Серебренников. Роль промывного режима орошения и дренажа в комплексе мелиоративных мероприятий                                                    | 51   |
| М.К.Громатович, Ф.В.Серебренников, А.В.Толстуннов. О перспективности применения комбинированного дренажа в Каршинской степи                           | 58   |
| В.Е.Клыков, Д.Ф.Шульгин. Численное решение на ЭВМ задачи солевого прогноза в почве с учетом катионного обмена                                         | 66   |
| С.И.Сторожук, Л.В.Ларина, Л.М.Филатов. Влияние конструкции дрены на распределение входных градиентов                                                  | 74   |

|                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| М.К.Громатович. Оценка работоспособности дрена-<br>жа из пористых бетонных труб                                                                                                                               | 79  |
| И.С.Рабцевич. Предрасчет точности наблюдений за<br>осадками плотины Андижанского водохра-<br>нилища                                                                                                           | 83  |
| В.С.Галдобин, В.И.Малютин. Результаты применения<br>твердосплавных и алмазных коронок боль-<br>шого диаметра при выбуривании бетонных<br>кernов из тела плотины Токтогульского<br>и Андижанского водохранилищ | 91  |
| Д.Н.Круглов. О продолжительности предвари-<br>тельно-<br>го замачивания просадочных грунтов в<br>основании гидротехнических сооружений                                                                        | 103 |
| В.С.Попов, А.А.Гордеев. Перепадное сооружение с<br>носком-трамплином в конце водоската                                                                                                                        | 112 |
| А.А.Туманов. К вопросу об учете воды на гидран-<br>тах оросительной сети                                                                                                                                      | 119 |
| А.А.Махров. Технологические процессы ороситель-<br>ных систем как основа комплексной<br>автоматизации                                                                                                         | 124 |
| Рефераты                                                                                                                                                                                                      | 129 |

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ  
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Сборник научных трудов  
Выпуск 7

Редактор Е.Н.Макушенко

Р-20384 Подписано в печать 22.X.76г. Формат бумаги 45x60 1/8  
печ.л. 17,5 Заказ 1716 Тираж 500 экз. Цена 54 коп  
Картфабрика ин-та "Узгипрозем" Ташкент, ул.Муками, 176