МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

НПО САНИИРИ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРЕССИВНОЙ ТЕХНИКИ ПОЛИВА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Ташкент 1989

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

НПО САНИИРИ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРЕССИВНОЙ ТЕХНИКИ ПОЛИВА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Ташкент—1989

УДК 631.67:502.5

Совершенствование водосберегающей технологии
и прогрессивной техники полива на орошаемых
землях Средней Азии
Сборник научных трудов, Ташкент,
САНИИРИ им. В.Д.Журина, 1989, 180 с.

Сложность современного сельскохозяйственного развития Средней Азии и Южного Казахстана состоит в резком ухудшении качества речного стока и уменьшении располагаемых водных ресурсов для орошения и мелиорации земель в связи с необходимостью удовлетворения нарастающих экологических требований, потребностей в воде промышленности и коммунально-бытовых хозяйств, а также ростом водозаборов сопредельных государств. Это положение усугубляется деградацией почв, вызванной орошением водой повышенной минерализации, интенсивным загрязнением орошаемых массивов ядохимикатами и резким нарушением экологического равновесия водной и окружающей среды. Все это привело к всемерному увеличению дозы минеральных удобрений, нарушению чистоты окружающей среды, снижению продуктивности почв и увеличению удельного водопотребления.

В этих условиях стратегия гарантированного развития мелиорации земель и удовлетворения требований экологической стабильности природного комплекса бассейна Аральского моря должна базироваться на разработке и широкомасштабном внедрении водосберегающей, водоохранной технологии и передовой техники полива.

В сборнике рассматриваются вопросы совершенствования водосберегающей технологии и передовой техники полива, оптимизации мелиоративного режима и параметров гидромелиоративных систем, повышения плодородия засоленных почв. Даны рекомендации по конструктивным решениям водосберегающей техники.

Редакционная коллегия:

Духовный В.А. (гл.редактор), Якубов Х.И. (отв. за выпуск),
Насонов В.Г., Усманов А.У., Разаков Р.М., Меркина А.С.

© Среднеазиатский научно-исследовательский институт
им. В.Д.Журина, 1989

Х.И.Якубов, канд.техн.наук
А.У.Усманов, канд.с.-х.наук
В.Г.Насонов, канд.геол.-мин.наук
П.Д.Умаров, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

О РЕЗУЛЬТАТАХ КОМАНДИРОВКИ СОВЕТСКОЙ ДЕЛЕГАЦИИ В КИТАЙСКУЮ НАРОДНУЮ РЕСПУБЛИКУ ПО ВОПРОСАМ МЕЛИОРАЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

В июне советская делегация из САНИИРИ посетила КНР. Цель поездки - изучение опыта по технологии мелиорации засоленных земель на основе промывок, промывных режимов орошения в сочетании со специальными приемами обработки почв, внесением удобрений и химмелиорантов, включая рыхление и дренаж.

Водно-земельные ресурсы и развитие орошения в КНР. Территория Китая занимает 9,6 млн.км^2. Рельеф преимущественно пористый, около 58 % территории расположено выше 1000 м над уровнем моря и лишь 12 % площади составляют равнины. Лесом покрыто около 12 % территории. Пахотная площадь к 1987 г.равнялась 96,2 млн.га. В 1988 г.население КНР достигло 1087 млн.человек, ежегодный прирост изменяется в пределах 1,2-1,4 %. На душу населения в Китае в среднем приходится менее 0,085 га пахотных земель против 0,3 га в среднем в мире. Осадки здесь распределяются неравномерно: на юго-восточном побережье выпадает больше 1600 мм/год, в Центральной Китайской равнине (в долине рек Хуанхэ, Янцзы) - 400-800, местами меньше 100 мм. На бо́льшей части территории в зимний и весенний периоды выпадает мало осадков, но летом они обильны. В округе Пекин около 85 % осадков выпадает в июне-ноябре.

В КНР 1286 рек. Их среднемноголетний сток составляет 2700 км^3, ресурсы подземных вод - 800 км^3. На орошение используется около 850 км^3. Потребность орошения в различных зонах определяется количеством выпадаемых осадков: водопотребление в засушливые годы составляет в северо-западном Китае для озимых пшениц 4500-5250 м^3/га, хлопчатника - 6000 - 7500 м^3/га, а во влажные годы, соответственно, 2200 - 3500 и 3000 - 4500 м^3/га. Водопотребление риса не превышает 1000 - 1200 мм, поскольку в стране имеется богатый опыт выращивания риса без затопления в течение первых 45 дней после посадки рассады.

В КНР разработана и реализуется широкая программа развития орошения.

К настоящему времени здесь построено 83 220 резервуаров-водохранилищ, 2,370 млн.скважин, реконструировано I77 тыс.км защитных дамб; ликвидировано заболачивание на площади I8,5 млн.га засоленных и осолонцованных земель, что составляет 6I % от их общей площади, организовано 5 280 ирригационных округов.

Бо́льшая часть крупных и средних водохранилищ запроектированы на многоцелевое комплексное непользование - орошение, регулирование стока, генерация электроэнергии. В стране имеются 460 тыс.стационарных насосных станций, с помощью которых орошается и осушается более I7 млн.га земель.

Земли, подверженные заболачиванию, сосредоточены в зоне плоских равнин и нижнего течения рек. Их площадь превышает 24 млн.га. Основные мероприятия по борьбе с заболачиванием - это строительство защитных дамб, шлюзов, дренажных систем и насосных станций.

К настоящему времени общая орошаемая площадь в КНР достигла 48 млн.га, что составляет 48 % всех обрабатываемых земель. Ежегодно здесь получают 2/3 всей сельскохозяйственной продукции. В результате орошения возросла интенсивность сельскохозяйственного производства и появилась возможность получать по два-три урожая в год. По сбору зерновых Китай занимает первое место в мире. В I985-I987 гг.валовой сбор зерновых достиг 390-395 млн.т. Самый высокий урожай зерна получен в I984 г., когда валовой сбор составил 407 млн.т. Валовой общественный продукт в I987 г.составил 760 млрд.юани. Однако в I986-I987 гг.значительно сократился не только урожай зерновых, но и технических культур. Так, производство хлопка снизилось с 6,3 млн.т в I984 г. до 3,54 млн.т в I985-I986 гг.

С I987 г.возрос спрос на хлопок. В связи с этим в КНР увеличиваются площади посева под технические культуры.

В КНР чистый доход с I га пахотных земель составляет для зерновых 900 - 950 руб., масличных культур - II00 - I200, волокнистых культур - 3000, для овощных - 5500 руб. Среднегодовой доход крестьян на душу населения - 300-400 юани, в передовых хозяйствах - до I000 юани.

В провинции Синьцзян орошается 3,7 млн.га земель. Здесь на одного человека приходится 0,27 га. Общие водные ресурсы равны 87 км^3, из которых на орошение используются 47 км^3. В этой про-

винции в основном развиты государственные хозяйства, созданные в 1950-1960 гг. Направление хозяйств многопрофильное, но в основном они занимаются выращиванием зерновых культур и хлопка.

Параллельно с выращиванием сельскохозяйственных культур все хозяйства занимаются выпуском продукции легкой промышленности и бытовых изделий.

Оросительные системы провинции Синьцзян типичны для староорошаемой зоны Средней Азии: большинство внутрихозяйственных каналов проходило в земляных руслах. Водоотводящая сеть представлена открытыми дренами, коллекторами.

Мелиорация засоленных земель в КНР. Засоленные земли в основном распространены в северо-западных внутренних замкнутых оазисах, в северных районах, на центральной и прибрежной равнинах. Общая площадь засоленных земель в КНР составляет 13,3 млн.га, из которых половина обрабатывается под посевы.

Одним из характерных объектов зоны постоянного орошения является провинция Синьцзян, расположенная в северо-западной части страны. Общая площадь пригодных для освоения целинных земель в районе составляет 20 млн.га, около 40 % которых подвержены засолению и осолонцеванию. В настоящее время здесь орошается 3,7 млн. га. Из этой площади 1,13 млн.га, или 30 % засолены в различной степени. При этом 540 тыс.га земель подвержены среднему и сильному засолению.

В провинции Синьцзян основным принципом освоения земель, подверженных засолению, является рассоление почвогрунтов через рисовые севообороты с комплексом мелиоративных мероприятий, в состав которого входит строительство открытого дренажа, тщательная планировка поверхности полей, предварительная промывка, посев и выращивание культуры риса, обеспечивающие полное рассоление определенного слоя почв. Затем эти земли засеиваются либо хлопком, либо пшеницей. 40 % земель отводится под посевы риса, 30 % - под хлопок и пшеницу. Возврат культуры риса обусловлен процессом реставрации засоления.

Затопление рисовых полей осуществляется по чекам, размер которых не превышает 0,25 - 0,3 га. Чеки для риса нарезаются через 50 м и, с одной стороны, ограничиваются дамбами временных оросителей, с другой, - рашами открытых дрен и коллекторов.

В провинции Синьцзян в борьбе с засолением почв широко

распространено строительство открытого горизонтального дренажа. В проектах освоения земель отсутствует расчет мощности дренажа. Мощность дренажа определяется по аналогии. В хозяйствах протяженность дренажа составила 24-45 м/га, при глубине их закладки 2,3 - 2,5 м. На слабоуклонных землях водоотвод за пределы хозяйства местами осуществляются насосными станциями. На территории госхоза 24 имеется опытный участок закрытого дренажа, построенного голландской фирмой, состоящего из 5 дрен. Глубина дренажа I,7-2,0 м, междренное расстояние 50 м, длина дрен I000 м. Дрены представлены гофрированной трубой диаметром 75 мм, уложенной в траншеи шириной 2I0 мм и защищенной искусственным нетканым материалом и фильтровой обсыпкой .

В определенных гидрогеологических условиях в борьбе с засолением почв применяется и вертикальный дренаж с одновременным использованием откачиваемых вод на орошение. Так, на опытном участке госхоза I47 на площади 350 га построено 8 скважин, с помощью которых регулируется уровень грунтовых вод.

Дебит скважин составляет 40 - 60 л/с, глубина 60 - 70 м. Рассоление почв достигается посевом культуры риса, за которой чередуется хлопчатник и пшеница.

В провинции Синьцзян широко распространен опыт стабилизации уровня грунтовых вод откачкой из скважины. Здесь построено более I30 тыс.насосных колодцев. Их дебит колеблется в пределах I0 - 60 л/с. Диаметр скважин 0,8-0,7 м, глубина не более I00 м. Стренеры выполнены из металлических и бетонных пористых труб с внутренним диаметром 0,2-0,3 м. В качестве фильтровой обсыпки используется песчано-гравийная смесь. Построенные скважины не пескуют, при строительстве применяются в основном погружные насосы высокой надежности.

В условиях аллювиально-пролювиальных равнин, характеризующихся пресными подземными водами, встречаются специальные зоны сосредоточенной откачки в наливные водохранилища с последующим использованием их на орошение. В двух госхозах делегация ознакомилась с опытом откачки подземных вод в наливные водохранилища емкостью 300 и 600 млн.м^3.

Из-за большой поверхности водохранилища потери воды на испарение составляют 40-50 % от общих ресурсов.

<u>Поливные участки и техника полива</u>. В провинции Синьцзян ос-

новным способом орошения является поверхностный полив сельскохозяйственных культур. Полив рисовых полей осуществляется по чекам размером 0,25 - 0,3 га, а зерновых - напуском.

Для полива зерновых культур нарезаются через 2-5 м продольные валики. Вода на участки, огражденные валиками небольшой высоты (до 25 см), подается из ок-арыков. Полив хлопчатника осуществляется по коротким глубоким бороздам, вода в которые поступает также из ок-арыков. Ок-арыки нарезаются через каждые 50 м, поэтому длина борозды не превышает 50 м.

Поперечные валики при посеве риса и ок-арыки при посевах зерновых культур (или хлопчатника) нарезаются на одном и том же месте. Полив риса, зерновых и хлопчатника осуществляется без сброса. Причем при посевах риса не создается "проточность", которая широко практикуется в нашей стране. Достаточно только вертикальной фильтрации, срабатываемой дренажем.

В КНР большое внимание уделяется качеству планировок и размерам поливных карт. Следует отметить, что в проектах освоения и орошения земель, составленных в 50-60 годах советсткими специалистами, предусматривалось создание крупных поливных участков - площадью до 50 га и более. Это сильно затрудняло организацию полива и других агротехнических мероприятий.

В настоящее время по всем госхозам и агрофирмах поливные участки реконструированы и имеют площадь 6-8 га. Китайские специалисты считают, что чем меньше размеры поливных участков, тем лучшего качества поверхности полей можно достичь при планировке. В госхозах провинции Синьцзян планировка осуществляется под нулевую плоскость или с небольшим наклоном.

Благодаря этим мероприятиям оросительная норма (нетто) риса в госхозах провинции Синьцзян не превышает I5-I6 тыс.м^3/га, тогда как в рисовых хозяйствах Средней Азии и Южного Казахстана она достигает 24-28 тыс.м^3/га.

Оросительная норма хлопчатника в госхозах изменяется от 4,5 до 6,0 тыс.м^3/га, пшеницы до 4,0 тыс.м^3/га (нетто). Урожайность риса колеблется в пределах 60 - 80 ц/га, хлопка - 30-45, пшеницы - 45 - 50 ц/га. Здесь в основном выращивают один урожай.

В хозяйствах провинции Синьцзян не практикуются осенне-зимние эксплуатационные промывки. Поэтому на засоленных массивах, где осуществляется рисовый севооборот, за 25 - 30 лет орошения полного рассоления зоны аэрации и опреснения грунтовых вод до-

стичь не смогли. Так в госхозе 29 за 30 лет орошаемого земледелия минерализация грунтовых вод в результате рисозерновых и хлопковых севооборотов снизилась с 45 - 50 до I5 - I6 г/л.

Реконструкция оросительных систем и антифильтрационные покрытия в целях сокращения потерь воды. Оросительные системы провинции Синьцзян, аналогичные системе староорошаемых земель Средней Азии, имеют низкий технический уровень, особенно во внутрихозяйственных звеньях. Большинство каналов проходит в земляных руслах. Потери воды в таких каналах зависят от категории грунта и режима работы.

КПД большинства оросительных систем не превышает 0,53-0,55. В связи с этим оросительные нормы брутто на этих системах достигали I4,0-I4,5 тыс.м^3/га. В последние годы в провинции Синьцзян большое внимание уделяют реконструкции каналов, проводятся мероприятия по сокращению потерь воды в различных звеньях системы. Здесь широко применяются три типа антифильтрационных покрытий: каменная отмостка, монолитный бетон и плиты.

Каменная отмостка применяется на каналах с большими уклонами, монолитный бетон - на крупных каналах, а плитами покрывается в основном внутрихозяйственная оросительная сеть. К настоящему времени из 250 тыс.км оросительной сети 3I,5 (I2,6 %) тыс.покрыты различными антифильтрационными одеждами. Работа эта осуществляется на высоком техническом уровне. По сообщениям руководства Департамента водного хозяйства Синьцзян, КПД оросительных систем за последние I5-20 лет повысился с 0,4I до 0,6I. За счет этих мероприятий удельный водозабор брутто в хозяйствах Синьцзяна снизился с I4,5 до I3,0 тыс.м^3/га.

В госхозах широко проводятся мероприятия по борьбе с потерями воды на полях, для чего посев хлопчатника осуществляют под пленкой толщиной I2 микрон. Этот прием позволяет ускорить всходы растений, предохранить их от ранних заморозков, уменьшить испаряемость влаги, предотвратить накопление солей, сократить работу по культивации и т.д. Применение пленки позволяет повысить урожайность хлопчатника до 30-40 % и сократить оросительную норму на I5-20 %. Большое развитие в КНР получили лесомелиорации. Повсеместно вдоль дорог и каналов по краям полей высаживаются тополя в 2 - 4 ряда.

По мере роста большие деревья используются на строительные материалы, а взамен высаживают молодые тополя.

Подрядная система в сельском хозяйстве КНР. В сельском хозяйстве в провинции Синьцзян основной ячейкой являются госхозы с орошаемой площадью I2-I5 тыс.га. Госходы выпускают, главным образом, сельскохозяйственную продукцию, промышленные товары, стройматериалы, продукцию местных промыслов, вино-водочные изделия и т.д. Здесь в настоящее время существуют три формы подряда: бригадный, семейный, индивидуальный. В первой группе объединяются от 5 - I0 до 200 семей. Отдельные семьи или их члены берут индивидуальный подряд на откорм скота и птицы, по уходу за садом. Удельный вес этой формы подряда невелик.

Требования к подрядным организациям предъявляются "жесткие" и "слабые". При жестких условиях 70 % земель засеваются культурой, которая входит в госзаказы, и продукты сдаются государству по твердым ценам. Остальные площади засеваются по усмотрению хозяйства и продукция поступает на рынок. План устанавливается в размере средней урожайности за последние 2 года. При слабых условиях госзаказ составляет 20-30 %. Эти требования распространяются в основном на хозяйства, где проживает национальное меньшинство. Объем сельскохозяйственной продукции регулируется площадью засеваемых культур.

В КНР водопользование платное. Цена на воду устанавливается по фактическим затратам на формирование водных ресурсов. В Синьцзянской провинции цена на воду колеблется в пределах 0,8 - I,5 юаней за I $м^3$.

Следует сказать несколько слов об организации научно-исследовательских работ по водному хозяйству и мелиорации. В КНР каждая провинция имеет свой региональный научно-исследовательский институт. Кроме этого, существуют другие крупные институты, которые решают фундаментальные проблемы в области водного хозяйства и мелиорации земель. Все НИИ финансируются за счет госбюджета.

В.А.Духовный, канд.техн.наук
А.Г.Галустян
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Вопрос о выборе параметров горизонтального дренажа продолжает оставаться острым из-за существующих противоречий в подходе к нему. В связи с тем, что условия и средства механизации позволяют

укладывать дренаж практически повсеместно в грунтах до IУ категории на глубину до 4 - 4,5 м, многие стремятся к максимальному его заглублению с тем, чтобы за счет увеличения междренных расстояний снизить стоимость строительства. Этого мнения придерживаются и проектировщики, и строители, которые, получив хорошие устойчивые результаты рассоления на массивах орошения во влагоемких лессовых грунтах при глубинах дренажа более 3 м (Голодная степь, Шерабадский массив и др.), механически переносят эти эмпирические данные на массивы с другими природными условиями. Теоретически эта тенденция находит отражение в концепции "критической глубины" грунтовых вод (Б.Б.Полынов, Б.В.Федоров, О.А.Грабовская и др.в СССР, Talsma, Bresler E., Garon D. за рубежом).

Другая точка зрения основывается на мнении, что дренаж важен не только как средство и фон рассоления, но, что по аналогии с осушительными системами в гумидной зоне он должен обеспечивать определенный уровень грунтовых вод, при котором гарантируются максимально устойчивые урожаи. Сторонники этой точки зрения рекомендуют значительно меньшие глубины грунтовых вод и соответственно дренажа (В.М.Легостаев, Arrar, Baumans, R.W.Skaggs and oth).

Распространение получили и оптимизационные подходы к определению параметров горизонтального дренажа, которые отражены в работах И.П.Айдарова, E.W.Richardson and others (программа H_{min}), В.А. Духовного и других (1979).

На наш взгляд, каждое из этих направлений несет определенную долю истины. Действительно, в условиях аридной зоны дренаж является не только средством рассоления почв и поддержания определенного солевого режима, но, главное, - средством для выращивания урожаев, так как в сочетании с оросительной водоподачей он создает необходимый режим влажности поля. При этом степень равномерности и устойчивости урожая, приближение его к потенциально возможному зависят от того, насколько в течение вегетации на площади поливного участка (поля, орошаемого участка) влажность корнеобитаемого слоя поддерживается равномерно и устойчиво в необходимых пределах. Этим и объясняется, например, что имеется некоторый уровень залегания грунтовых вод, когда перерывы и отклонения в водоподаче незначительно отзовутся на устойчивости водного питания, что, в свою очередь, гарантирует устойчивость урожая.

Как показано на рис.I, максимальный урожай хлопчатника в условиях влагоемких грунтов (лессовые сероземы, легкие суглинки)

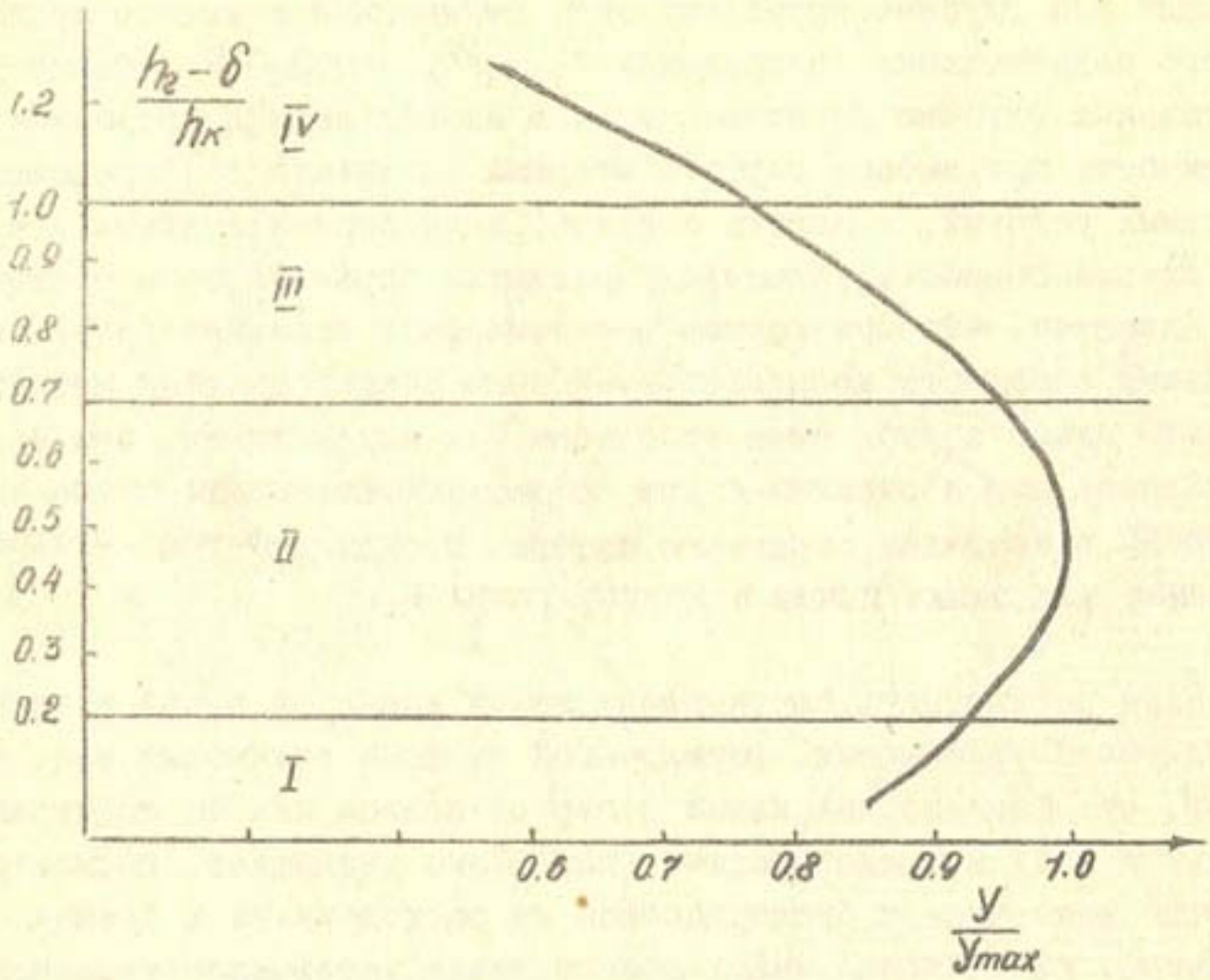


Рис.I. Влияние относительного уровня грунтовых вод и мелиоративного режима на урожайность хлопчатника; I - гидроморфный режим; П - полугидроморфный; Ш - полуавтоморфный; IУ - автоморфный.

получают при глубине грунтовых вод, отнесенной к высоте капиллярного подпитывания, в пределах $h_г - \delta / h_к$ = 0,3-0,6. Именно относительная глубина грунтовых вод, а не абсолютная, отражает необходимость при выборе глубины дренажа учитывать дифференциацию природных условий, в первую очередь, капиллярные свойства грунтов, их влагоемкость, специфику развития корневой зоны растений.

Известно, что при поливе в автоморфных условиях (рис.2,а) повышение влажности корнеобитаемой зоны сопровождается проскальзыванием влаги вглубь ниже этой зоны тем интенсивнее, чем больше капиллярных пор и скважин-ходов и расползание эпюры оптимальной влажности в пределах корневого питания происходит тем интенсивнее, чем менее влагоемки почвы в данном разрезе.

Если рассмотреть соотношение между корневой зоной и эпюрой капиллярного увлажнения, формируемой на фоне грунтовых вод, то увидим, что капиллярная кайма в период полива как бы подпирает оросительную воду и предотвращает (или резко уменьшает) инфильтрацию этой воды вниз и беспорядочное ее расходование в дренаж. Одновременно капиллярная кайма обеспечивает устойчивое увлажнение корнеобитаемой зоны, а если уровень грунтовых вод таков, что зона капиллярного увлажнения достаточно велика, то дополнительного водного питания растениям не требуется. В частности, наши наблюдения показали, что если не менее 35 % массы активных корней находится в пределах оптимальной влажности, то растение не испытывает водного голодания. В работе [8] дана методика определения уровня грунтовых вод, при котором поддерживается гидроморфный режим, т.е.питание растений осуществляется за счет субирригации.

Естественно, что при подаче оросительной воды (поверхностным способом или дождеванием) почва, как правило, увлажняется неравномерно и неодновременно, происходят излишние потери воды (на распыл, на сбросы, на глубокую инфильтрацию), тогда как капиллярное увлажнение, наоборот, способствует равномерному увлажнению и уменьшению всяких потерь - растение и почва берут из грунтовых вод столько воды, сколько нужно - не больше и не меньше. Но гидроморфное питание при близком УГВ увеличивает транспирацию, и в первую очередь, физическое испарение, что ведет к росту удельных затрат воды, увеличению подсоса солей в почву, создает возможность сброса воды в дренаж при неожиданных осадках (*Ckarrc* , 1985 и др.). В свою очередь это требует дополнительных затрат воды на промывки.

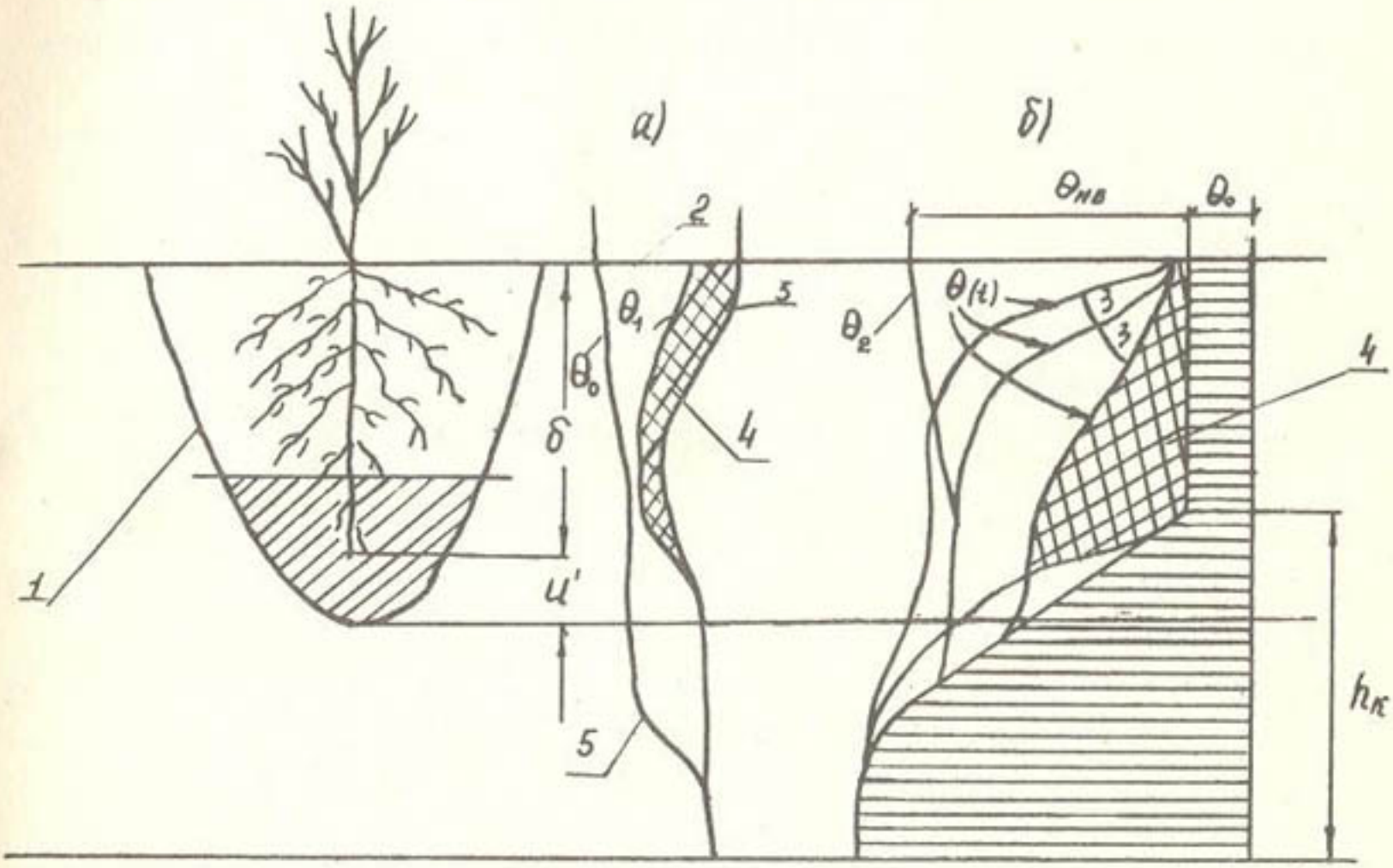


Рис.2. Схема динамики влаги на орошаемом массиве:
а) в автоморфных условиях при отсутствии грунтовых вод; б) в полугидроморфных условиях;
I – эпюра водного питания корневой зоны; 2 – эпюра влажности при поливе; 3 – эпюра влажности после прекращения полива; 4 – зона удержания равновесия влаги; 5 – зона инфильтрации влаги при автоморфных условиях.

В аридной зоне в настоящее время, особенно в связи с экологическими ограничениями, растут потребности в водных ресурсах. Поэтому обеспечение ими является одним из главных требований, предъявляемых к орошению. Дренаж в этих условиях должен не просто иметь оптимальные параметры с точки зрения разницы между приведенными суммарными общественными затратами (включая начальные капвложения, эксплуатационные затраты, затраты воды) и приростом продуктивности земель, но обеспечить возможность управлять уровнем грунтовых вод, поддерживать его в определенном ограниченном диапазоне, соответствующем требованиям растений и изменению водопотребления и глубины корневой зоны в течение вегетации.

Придавая определенное значение существующим оптимизационным программам подбора параметров дренажа (Ричардсон, Подмор, Дарнфорд, I982, I983 гг., Духовный и др. I979 г.), тем не менее на данном этапе развития представлений о взаимодействии дренажа и орошения в аридной зоне необходимо внести принципиальные дополнения в методы оптимизации:

исходя из того, что изменение глубины грунтовых вод в течение вегетации и соответствующий этой динамике средний уровень определяется в значительной степени не только параметрами дренажа, но и взаиморасположением оросительной и дренажной сети, размерами и степенью выровненности поливного участка, речь должна идти не только о выборе параметров дренажа, но и об установлении основных характеристик оросительной системы, включая дренаж.

Легко убедиться даже из балансовых уравнений в среднегодовом разрезе, не говоря уже об имитационных моделях, что КПД оросительной сети, КПД техники полива, взаимосвязь техники полива и дренажа существенно влияют на параметры дренажной сети, обеспечивающие основные требования сельскохозяйственного производства к мелиорации. Но при этом имеется и обратная связь, так как уровень грунтовых вод определяет оросительную и поливную норму, частоту поливов и даже соотношение между транспирацией и физическим испарением таким образом, что, изменив параметры дренажа, мы должны изменить и режим орошения, а стало быть, и размеры оросительной сети, а не принять режим орошения таким, как предлагает модель H_{min} ;

плодородие почвы обеспечивается за счет поддержания мелиоративными системами оптимальных для того или для другого растения параметров влажности

$$\sum_{t\in T}\sum_{f\in F}\frac{\left\{\theta_{tf}-[\theta_{опт}]_t\right\}^2}{[\theta_{опт}]_t}\Bigg|_0^{\delta}\leq 0{,}1 \qquad (I)$$

и засоления

$$S^i_{z_t}\leq\left[S^i_t\right]\Bigg|_{\substack{t\in T\\ f\in F\\ 0\leq z\leq\delta}}. \qquad (2)$$

Здесь t - ордината времени в течение вегетации $0\leq t\leq T$;
f - ордината площади орошения $0\leq f\leq F$;
θ_{tf} - влажность корнеобитаемой зоны, при допустимой влажности $[\theta_{опт}]_t$, меняющейся в течение вегетации t;
$S^i_{z_t}$ - солесодержание в слое z корнеобитаемой зоны δ во время t по иону i.

Оптимизация параметров оросительной системы предусматривает такую работу системы, которая гарантировала бы возможность минимальных отклонений по площади данных показателей, не снижающих продуктивности земель. При этом в оптимизационную функцию вводится величина ущерба от отклонений в этих основных показателях не по какому-то расчетному створу, а в целом по площади дренирования либо дополнительные затраты воды и труда на дифференцированное их выравнивание. Следует иметь в виду, что сами по себе потребности растений во влаге, и особенно в солях, резко изменяются в течение вегетации.

Во-первых, в период вегетации увеличивается глубина корнеобитаемой зоны δ, во-вторых, допустимое солесодержание увеличивается для большинства культур с момента всходов до созревания почти вдвое. Наконец, в вегетации каждой культуры имеется так называемый критический период, когда растение не терпит значительных отклонений от (0,75 - I,0) НВ (для хлопка - это всходы и период цветения, для кукурузы - период выметывания метелки и налива колоса и т.д.). В другие периоды растения совершенно без потерь допускают снижение предела допустимого влагосодержания. Поэтому требуется дифференцированное управление УГВ в зависимости от остроты дефицита оросительных вод;

качество и объем дренажно-сбросного стока, сбрасываемого в реки или притоки, играют большую роль в охране окружающей среды. Поэтому в оптимизационной функции должен учитываться экологический ущерб от ухудшения или эффект от улучшения качества воды. Наконец, стоимость водных ресурсов, сэкономленных или перерасходованных в результате того или иного мероприятия, должна включать не только себестоимость воды у потребителя, но и народнохозяйственную стоимость, включая рентную оценку, и изменение на перспективу в период действия дренажного проекта. Аналогичным образом, видимо, можно рассчитать удорожание в будущем орошаемой пашни или других угодий.

Хотя задача выбора параметров мелиоративной системы, включая орошение и дренаж, при этом значительно усложняется, тем не менее целесообразнее перейти на более высокий уровень оптимизации. Ход решения ее представлен на рис.3, а общее выражение затрат и эффекта в расчете на I га приводится ниже

затраты Z

$$Z = n(K_{др} + K_{ор} + K_{тп}) + \mathcal{E}_{др} + \mathcal{E}_{ор} + \mathcal{E}_{тп} + \\ + Ц_в \left[\frac{O_р}{\eta_c} + (D+S) \frac{C_{воз} - C_{пдк}}{C_{пдк} - C_{ор}} \right. \tag{3}$$

$$Э = \sum_{j \in M} \Delta y_j \, (Ц_i - RC_j). \tag{4}$$

По аналогии с Ричардсоном эти функции можно выразить следующим образом

$$Z = \frac{n+a_1}{B} \left[(A_1 + A_2 \Phi + A_3 \Phi^2) + A_4 (\Phi - \frac{\pi}{4} \Phi^2) + \frac{A_5}{L_к} + (A_6 + A_7 h_g + A_8 h_g^2) + \frac{A_9}{K_п} \right] + \\ + (n+a_2) \sum_{i \in N_к} (h_{др} + \Delta h_{iк}) \cdot A_{кi} \cdot \bar{L}_{кi} + (n+a_3) \sum_{i_{ор} \in N_{ор}} \cdot A_{орi} \cdot f(g_{орi} \cdot \eta_{ci}) \cdot \bar{L}_{орi} + \\ + (n+a_к) A_{тп} \cdot \eta_{тп} + \mathcal{E}'_{др} + \mathcal{E}'_{ор} + \mathcal{E}'_{тп} + \frac{O_р \cdot Ц_в}{\eta_c} + (D+S) Ц_в \frac{C_{воз} - C_{пдк}}{C_{пдк} - C_{ор}} \; ; \tag{5}$$

$$Э = \sum_{j \in M} \left[П_{y_i} (K_{St_j} - K_{So_j})(K_{\Delta t_j} - K_{\Delta o_j}) - (RC_{t_j} - RC_{o_j}) \right] . \tag{6}$$

Здесь n – коэффициент приведения долговременных затрат к ежегодным;

a_1, a_2, a_3, a_4 – норма амортизационных отчислений, соответственно,

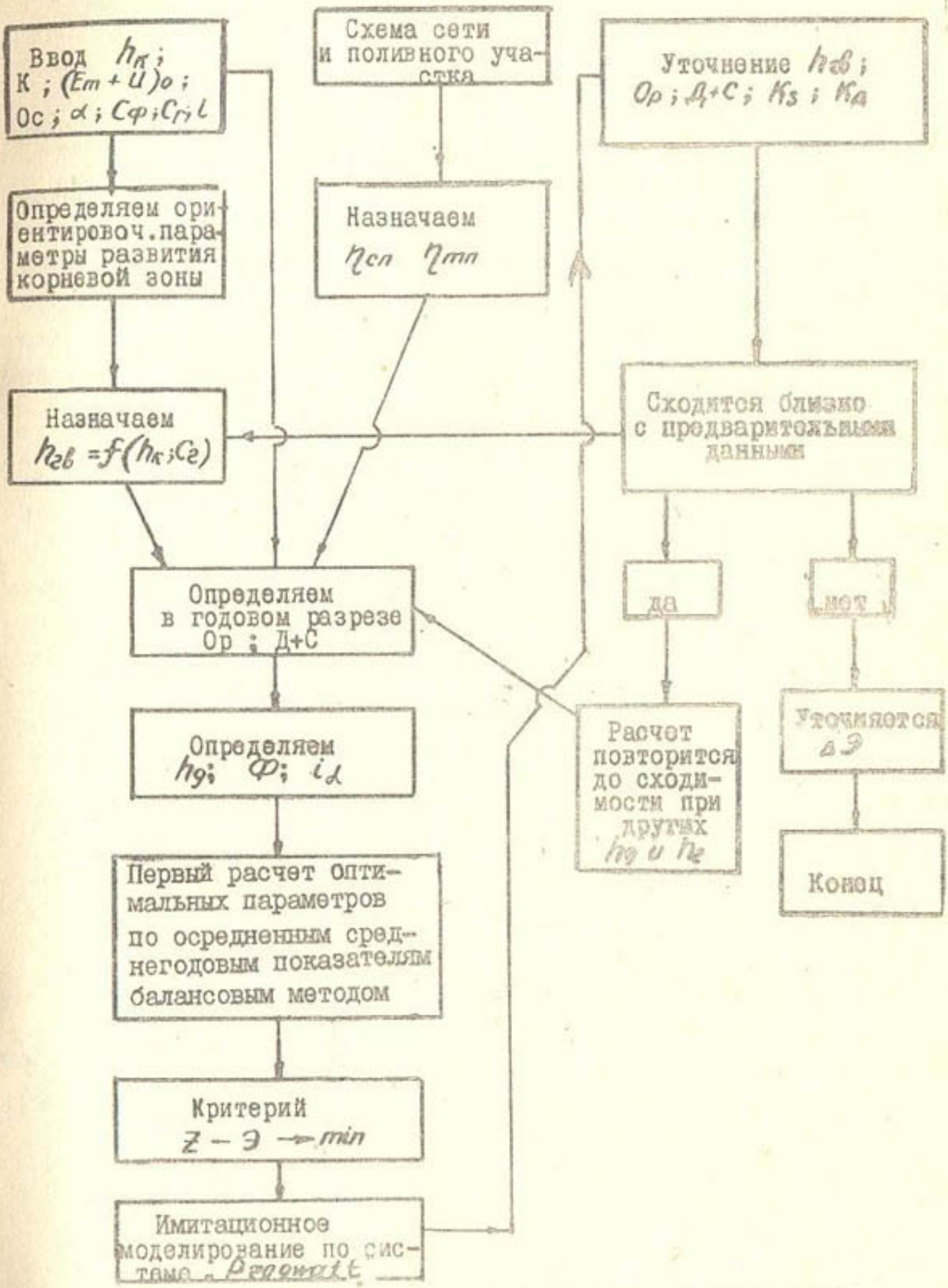


Рис.3. Блок-схема расчета параметров оросительной системы, включая дренаж.

на дренаж, коллектор, оросительную сеть, технику полива;

$K_{др}, K_{ор}, K_{тп}$ – удельные капвложения в коллекторно-дренажную сеть, оросительную сеть и технику полива;

$Э_{др}, Э_{ор}, Э_{тп}$ – удельные эксплуатационные затраты на коллекторно-дренажную сеть, оросительную сеть, технику полива (то же, со штрихом – текущие затраты);

Op – оросительная норма нетто, м^3/га:

$D+S$ – дренажный сток, м^3/га;

η_c и $\eta_{тп}$ – КПД системы и техники полива;

$Ц_в$ – цена воды, руб/м^3;

$C_{воз}, C_{ор}, C_{пдк}$ – минерализация возвратных, оросительных вод и ПДК;

$\Delta У_j$ – прирост урожая культуры j;

RC_j – себестоимость культуры j;

$Ц_j$ – цена урожая культуры j;

$пУ_j$ – потенциальная урожайность культуры j;

K_S – коэффициент влияния засоления на урожай;

K_Δ – коэффициент влияния неравномерности увлажнения на урожай (индексы t_j и O_j означают после дренирования и до него);

A_1, A_2, A_3 – коэффициенты влияния стоимости дрены от диаметра дрены ϕ;

A_4 – коэффициент влияния стоимости дрены от объема фильтра ϕ и диаметра $\varnothing$;

A_5 – коэффициент влияния стоимости дренажа от типа колодцев и расстояния между ними $L_к$;

A_6, A_7, A_8 – коэффициент зависимости стоимости дренажа от глубины дренажа h_g;

A_9 – коэффициент влияния стоимости дренажа от устья и их числа на I га;

$A_{кi}$ – коэффициенты влияния стоимости коллекторов $i_к$– й ступени от глубины дренажа, высоты стыковки уровней $\Delta h_{iк}$ и удельной протяженности коллекторов различной $L_{кi}$–й ступени

$$0 \leq i_к \leq N_к$$

$A_{орi}$ – коэффициенты влияния стоимости оросительной сети $i_{ор}$–й ступени от оросительного модуля $q_{орi}$, КПД системы η_c, удельной длины ступени оросительной сети $L_{орi}$ $(0 \leq i_{ор} \leq N_{ор})$;

A_{mn} – коэффициент влияния стоимости техники полива в зависимости от ее КПД–η_{mn}.

Порядок расчета (рис.3) оптимизации параметров оросительной системы следующий:

Вводятся исходные параметры природных условий (коэффициент фильтрации, высота капиллярного поднятия, потенциальная эвапотранспирация, осадки, коэффициент их проникновения в грунтовые воды; минерализация оросительных и грунтовых вод и т.д.), определяется вид почв, характер почвообразовательного процесса и соответствующий ему оптимальный мелиоративный режим. Одновременно выбираются размеры поливных участков и назначается КПД сети и техники полива.

Согласно предварительным рекомендациям по выбору η_c и η_{mn} в зависимости от мелиоративного режима, назначаем $h_{гв}$ как функцию $h_к$, $C_г$ и определяем в среднегодовом разрезе с помощью балансовых уравнений [9] оросительную норму нетто, дренажный сток, промывную норму, другие элементы водного и солевого баланса. Затем на основе расчетного дренажного модуля находим глубину дрены, диаметр и уклон. Оптимизация производится по среднегодовым параметрам по функции $Z - Э \to min$.

Для выбранных параметров проводят детальное имитационное моделирование режима влажности и засоления почв на основе программы "*Progwatt*", решаемой для площади поливного участка, и выбранной схемы дренажа путем совместного решения уравнения влагопереноса зоны аэрации в процессе орошения

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[D(\theta)\frac{\partial \theta}{\partial z}\right] + \frac{\partial K(\theta)}{\partial z} - \frac{\partial E_m}{\partial t} \qquad (7)$$

и уравнения Буссинеска по площади междренья и поливного участка для бугра растекания дренажных вод

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{K}{2\mu}\left[\frac{\partial^2 (H-h^*)^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (H-h^*)^2}{\partial y^2}\right] + \frac{\varepsilon}{\mu}, \qquad (8)$$

где θ – влажность зоны аэрации; D – диффузия;
K – коэффициент фильтрации; t – время;
H – уровень грунтовых вод в середине междренья;
ε – инфильтрационное питание грунтовых вод;
μ – коэффициент насыщения.

При этом растекание бугра рассчитывается с учетом обязатель-

ного сопротивления в придренной зоне h^*, зависящего от конструкции дрены и соотношений коэффициентов фильтрации грунта и фильтра.

Если в результате расчета величины $h_{гв}$, Q_p, $D+S$ отличаются от принятых, по предварительным расчетам, менее чем на 10 %, а величины K_S и K_Δ отличаются от 1 в пределах 15 %, то сходимость считается удовлетворительной. После уточнения эффективности расчет завершается.

Если же отклонения величин $h_{гв}$, Q_p, $D+S$ больше на 10 %, изменяются $h_{гв}$, h_g и конструкция дрены. В результате может быть принят другой η_c. При отклонениях от K_S менее 0,85 дренаж углубляется или учащается. При $K_{S\Delta}$ менее 0,85 изменяется режим орошения, уменьшается междренное расстояние или повышается КПД техники полива.

Расчеты по указанной модели для влагоемких грунтов Голодной степи при h_K = 2,8 м, δ = 1,0 м, K = 0,5 м/сут показали, что при оптимальных параметрах оросительной системы η_c 0,80–0,82, η_e =0,78–0,8, q_{op} = 0,85 л/с/га, h^* = 0,1 м $h_{гв}$ составит 2,2 м при минерализации грунтовых вод 1 г/л, увеличиваясь постепенно до 3 м при минерализации грунтовых вод 15 г/л. Междренное расстояние 120–150 м.

Список использованной литературы

1. *Bresler E., Jaron D., Soil water regime in economic evalustion of salinify in irrigation. Water Resources Research 8, p.p. 791-800.*
2. Легостаев В.М. Горизонтальный дренаж почв, подверженных засолению//Почвоведение. – 1987. – № 5. – С.109–115.
3. Arrar A. Irrigation, drainage, salinity. Paris, UNESCO, Hutchinson and Co, 1973, p.510.
4. Baumans I., Hulsbos W., Reclamation of the salt-affected lands in Iraq. JIRJ, Wagenginen, 1963.
5. Skagge R.W., Wisseraudoth E.H. et al. Simulation of crop response to surface and subsurface drainage systems//T.of the ASAE.
6. Айдаров И.П., Корнилов Э.К. Некоторые вопросы обоснования мелиоративных режимов орошаемых земель при проектировании оросительных систем/ Водные ресурсы. – 1974. – № 2.
7. Richardson E.V., Duraford D.S., Podmore T.H. Optimal drain design for arid irrigation lands//T. of the ASAE, 1984. P.1100-1105.
8. Духовный В.А., Баклушин М.Б. и др. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. – М.: Колос. – 1979 – С.79–86.

9. В.А.Духовный. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. - М.: Колос. - 1984. - С.172-180.

В.Г.Насонов, канд.геол.-мин.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

В самом общем случае оптимальные параметры коллекторно-дренажной сети находятся путем максимизации соотношения между чистым доходом, получаемым от прироста сельхозпродукции, и приведенными затратами на строительство и эксплуатацию оросительной и коллекторно-дренажной сети с учетом стоимости использованных или высвобожденных природных ресурсов

$$Э_{ср} = \Delta \tau D - ЗП_{ор} - ЗП_д \pm \gamma_1 W \pm \gamma_2 З_т \pm \gamma_3 З_з , \qquad (1)$$

где $\Delta \tau D$ - прирост чистого дохода от прироста урожайности сельхозкультур в результате проектируемых мероприятий;

$ЗП_{ор}$ - приведенные затраты по оросительной сети;

$ЗП_д$ - приведенные затраты по коллекторно-дренажной сети;

$W, З_т, З_з$ - соответственно, необходимые водно-земельные и трудовые ресурсы;

$\gamma_{1,2,3}$ - соответственно, стоимостные оценки ресурсов, принимаемые, обычно, по замыкающим оценкам.

Для нахождения экстремума функции (1) необходимо учитывать следующие обстоятельства. При мелиоративном улучшении локальных участков, находящихся, как правило, в пределах больших массивов орошения с благополучной мелиоративной обстановкой, существенных изменений водоподачи не происходит, тем более, в условиях полного исчерпания водных ресурсов. Регулирование водно-солевого режима корнеобитаемого слоя будет осуществляться за счет снижения уровня минерализованных грунтовых вод и рассоления почв при практически постоянной водоподаче. В соответствии с этим каждому возможному варианту глубины залегания уровня грунтовых вод h_i будет соответствовать определенный прирост урожайности сельхозкультур, устанавливаемый в зависимости от засоленности почв и

прогноза водно-солевого режима корнеобитаемого слоя. Следует иметь в виду, что дальнейшее снижение уровня грунтовых вод не всегда приводит к повышению урожайности. В условиях песчаных почв или небольшой мощности покровных отложений снижение УГВ может привести к увеличению водоподачи и числа поливов для обеспечения требуемой влажности или вызовет снижение урожайности. Таким образом, урожайность является функцией глубины залегания уровня грунтовых вод.

При возможности изменения водоподачи в широком диапазоне также существует достаточно четкая зависимость урожайности от уровня грунтовых вод [2]. Следовательно, во всех случаях каждому варианту глубины залегания уровня грунтовых вод будет соответствовать определенный уровень урожайности, устанавливаемый на основе прогноза водно-солевого режима корнеобитаемого слоя, формируемого в результате осуществления планируемых мероприятий.

Типы и конструкции оросительной сети, техника полива, а значит, и КПД, однозначно определяются природно-хозяйственными условиями и устанавливаются задолго до рассматриваемой стадии проектирования. Поэтому стоимость оросительной сети на рассматриваемой стадии проектирования будет функцией гидромодуля, определяемого в свою очередь, биологическими потребностями растений, почвенно-климатическими характеристиками и т.д. Очевидно, что при всех прочих равных условиях гидромодуль определяется глубиной залегания уровня грунтовых вод. Именно этот принцип и лежит в основе известных систем гидромодульного районирования.

Затраты водных ресурсов устанавливаются на основе прогноза водно-солевого режима, значений КПД, и являются, следовательно, функцией глубины залегания уровня грунтовых вод. Важнейшим параметром, определяющим стоимость строительства коллекторно-дренажной сети, является проектируемая глубина залегания грунтовых вод.

Однако этой глубине залегания может соответствовать множество сочетаний глубин заложения дренажа и междренных расстояний, уклонов и диаметров дрен, глубин заложения и уклонов коллекторов, их сечений при ограничениях по скоростям потоков, водоприемникам. Поэтому для рассматриваемого варианта глубины залегания грунтовых вод определяют параметры коллекторно-дренажной сети, соответствующие минимальной стоимости ее строительства.

Таким образом, задача нахождения максимума (I) может быть решена путем рассмотрения вариантов с различной глубиной залегания

грунтовых вод. Оптимальные параметры коллекторно-дренажной сети будут соответствовать варианту глубин залегания грунтовых вод, обеспечивающему максимальное значение (I).

Не трудно заметить, что из общей задачи поиска совокупного оптимума выделяется подзадача оптимизации параметров дренажа, соответствующих минимуму приведенных затрат на строительство и эксплуатацию КДС для каждого варианта глубин залегания грунтовых вод. Эта подзадача имеет самостоятельное значение, так как широко встречается в практике проектирования.

Если прогнозирование водно-солевого режима, корнеобитаемого слоя, прироста урожайности от уменьшения засоления почв, затрат природных ресурсов, стоимости оросительной сети особых затруднений не вызывает, довольно хорошо освещено в литературе и в нормативно-методических документах [3,4], то вопросы оптимизации приведенных затрат по КДС разработаны недостаточно.

Затраты на строительство КДС состоят из затрат на строительство закрытой дренажной сети и строительство коллекторной-сети. Затраты на строительство закрытого горизонтального дренажа на единицу площади можно представить в виде

$$K_{др} = \left(\frac{\tilde{C}_1}{L} + \frac{\tilde{C}_2}{L} + \frac{\tilde{C}_3}{L\,\ell_д}\right)\cdot 10^4 , \qquad (2)$$

где $\tilde{C}_1$ – стоимость труб, м/руб;
$\tilde{C}_2$ – стоимость укладки дренажа, м/руб;
$\tilde{C}_3$ – стоимость сооружений дренажа, шт/руб;
L – междренное расстояние, м;
$\ell_д$ – длина дрен, м.

Стоимость дренажных труб с фильтром, как показывает анализ материалов проектных организаций, можно представить зависимостью

$$\tilde{C}_1 = a_1 + b_1 d + c_1 d^2 , \qquad (3)$$

где d – диаметр труб;
a_1, b_1, c_1 – эмпирические коэффициенты, зависящие от конструкции фильтра (их значение приведено в табл.I).

Стоимость укладки труб с фильтром можно представить в виде линейной зависимости от глубины заложения дрены

$$\tilde{C}_2 = a_2 + b_2 H_{др} , \qquad (4)$$

где $H_{др}$ – глубина заложения закрытого дренажа;

a_2 и b_2 – эмпирические коэффициенты, значения которых определяются категорией грунта, технологией строительства и типом дреноукладочной машины (табл.2).

Следует заметить, что в более сложных инженерно-геологических условиях (обрушающиеся грунты, необходимость предварительного понижения и т.д.) существуют степенные зависимости.

При определении стоимости строительства коллекторов необходимо иметь в виду, что в условиях массового строительства, унификации технологии строительства и параметров строительных машин обычно применяются стандартные размеры сечений коллекторов [10]. С учетом этого обстоятельства в нормативных документах [11] рекомендуется гидравлический расчет коллекторов проводить при расходе более 0,5 м^3/с или при меньших расходах, если имеется превышение определенных уклонов, зависящих от типа грунта.

Анализируя проектные материалы для открытых коллекторов, гидравлически не рассчитываемых, можно установить линейную зависимость затрат на строительство коллекторов различного порядка от глубины заложения коллекторов:

для внутрихозяйственных коллекторов

$$\tilde{C}_{в,к} = a'_{вк} + b_{в,к} H_{ср}^{в,к} \quad ; \tag{5}$$

для межхозяйственных коллекторов

$$\tilde{C}_{мк} = a_{мк} + b_{мк} H_{ср}^{мк} \quad , \tag{6}$$

где $H_{ср}^{мк}$ – средняя глубина заложения коллектора;

$a_{в,к}$, $b_{в,к}$, $a_{мк}$, $b_{мк}$ – эмпирические коэффициенты, устанавливаемые для каждого водохозяйственного района отдельно.

В качестве примера можно привести значения коэффициентов, рассчитанные для среднего течения р.Амударьи (табл.3).

Для гидравлически рассчитываемого коллектора стоимость строительства описывается зависимостью

$$\tilde{C}_к = a_к + b_к B^2 + c_к H_{ср}^к \, , \tag{7}$$

где $\tilde{C}_к$ – стоимость строительства коллектора;

$B_к$ – ширина коллектора по дну;

$H^{к}_{ср}$ – средняя глубина заложения коллектора;

$a_к, b_к, c_к$ – эмпирические коэффициенты, устанавливаемые для каждого водохозяйственного района.

Таблица I

Конструкция дрены	Коэффициенты			Условия применения	
	а	в	с	диаметр трубы, мм	диаметр обсыпки, мм
Пластмассовые трубы с искусственным ЗФМ	-0,33	I4,36	-5,36	90-200	90-200
Пластмассовые трубы с песчано-гравийной обсыпкой	I,24	I2,09	-5,48	90-200	300
Пластмассовые трубы с комбинированным фильтром	2,00	-3,I4	III,I5	90-200	300

Таблица 2

Способ строительства	Пределы применения, м	Коэффициенты	
		a_2	$в_2$
Бестраншейный ДБ 25I	I,5-3,5	2,56	0,42
Узкотраншейный ДУ-30I	I,5-3,5	2,34	0,63
Траншейный механизированный	I,5-4,0	2,90	I,II
Полумеханизированный	I,5-4,0	-2,00	3,40

Не трудно заметить, что уменьшение глубины заложения закрытого горизонтального дренажа, вызывая удорожание последнего (в зависимости от технологии строительства и конструкций дрен), в тоже время приводит к снижению стоимости сооружения водоприемников, и наоборот. Последнее обстоятельство имеет особое значение при трудностях отведения коллекторно-дренажных вод с территории.

Кроме того, увеличение уклонов способствует уменьшению диаметров закрытых дрен при одновременном увеличении глубины заложения коллекторно-дренажной сети. При уменьшении уклонов, наоборот,

диаметры дрен увеличиваются так же, как увеличивается стоимость дренажа при снижении стоимости водоотведения.

Уклоны коллекторно-дренажной сети должны задаваться, исходя из условий обеспечения средних скоростей потока

$$V_{min} \leq V \leq V_{max} , \qquad (8)$$

Таблица 3

Коллектор	Диапазон глубин	Значения коэффициентов: а	в	Коэффициент корреляции
Межхозяйственный	5,0-7,25	-0,52	6,19	0,996
Внутрихозяйственный	3,0-5,50	-1,83	1,72	0,994

где V_{min} - минимально допустимая скорость;

V_{max} - максимально допустимая скорость.

Минимальная скорость определяется требованиями недопущения заиления и зарастания открытой коллекторно-дренажной сети и достаточно точно может быть определена по формуле [9]

$$V_{min} = 0,3\, R^{0,25}, \qquad (9)$$

где R - гидравлический радиус.

Для несвязных грунтов значения средних неразмывающих скоростей можно получить, аппроксимируя данные работы [7].

$$V_{max}^{к} = a\, d_{cp}^{в}\, h^{0,2}, \qquad (10)$$

где h - глубина потока, м;

d_{cp} - средний диаметр частиц, эмпирические параметры а и в могут быть определены по данным табл.4.

Таблица 4

$K = \frac{d_{cp}}{d_{95}}$	а	в	τ	Диапазон изменений
0,2	0,911	0,204	0,991	0,05-2
0,3	0,835	0,256	0,998	0,55-2
0,5	0,702	0,295	0,995	0,15-2

Для связных грунтов неразмывающие скорости могут быть найдены по зависимости, полученной по данным [9]

$$V_{max}^{к} = 2,26\, C^{0,34}\, h^{0,12}, \qquad (II)$$

где C – расчетное сцепление, определяемое как произведение нормативного удельного сцепления на коэффициент неоднородности

$$c = C_{к}^{н}\, K\ ; \qquad K = \frac{d_{ср}}{d_{95}}\ .$$

Минимальные скорости для современных пластмассовых дрен с искусственным защитно-фильтрующим материалом самостоятельно или в сочетании с песчано-гравийной обсыпкой могут быть определены по формуле*)

$$V_{min} = 0,193\, R^{0,09}. \qquad (I2)$$

Максимальная скорость для закрытого горизонтального дренажа определяется в соответствии с [9], равной I,5 м/с.

Предельно допустимые уклоны находятся по известной зависимости

$$i_{доп} = \frac{V_{доп}}{c^2 R}\ ; \qquad c = \frac{1}{n} R^{y}, \qquad (I3)$$

где n – коэффициент шероховатости;

y – эмпирический показатель степени.

Для коллекторов с трапецеидальным сечением найдем расход Q, пропускаемый с неразмывающей скоростью V_{max}, соответствующим ему максимальным уклоном i_{max}. Задаваясь гидравлически наивыгоднейшим сечением, получим предельную зависимость для i, B и Q для несвязных грунтов

$$i_{max} = \alpha_1\, Q^{-\varphi^1}, \qquad (I4)$$

---

*) Расчетная зависимость получена Ш.А.Усмановым под руководством автора по материалам обследования закрытого горизонтального дренажа.

где $\varphi^1 = 0,9\,y + 0,32$

$$\alpha_1 = \frac{n^2\left[a\,d^b\right]^{0,9y+2,32}\left(\beta + 2\sqrt{1+m^2}\right)^{2y+1}}{\beta^{-0,2y-0,14}\left(\beta+m\right)^{1,1y+0,78}}$$

$$\beta = 2\left(\sqrt{1+m^2} - m\right);$$

m - угол заложения откоса.

для связных грунтов

$$i_{max} = \alpha_2\, Q^{-\varphi_2}, \qquad (I4,a)$$

$$\varphi = 0,94\,y + 0,41,$$

где

$$\alpha_2 = \frac{n^2\left[2,26\,c^{0,337}\right]^{0,94y+2,41}\left(\beta+m\right)^{-1,06y-0,59}}{\beta^{-0,02y-0,005}\left(\beta+2\sqrt{1+m^2}\right)^{-1,76y-0,445}},$$

Предельная зависимость существует и для незаиляющих скоростей

$$i_{min} = \alpha_3\, Q^{-\varphi_3},$$

$$\alpha_3 = \frac{0,118\,n^2\;1,706^{2y}\left(\beta+m\right)^{-0,9y-0,225}}{\beta^{-0,02y-0,005}\left(\beta+2\sqrt{1+m^2}\right)^{-1,76y-0,445}}, \qquad (I5)$$

$$\varphi_3 = 0,88\,y + 0,22.$$

Для конкретных инженерно-геологических условий, когда задан коэффициент шероховатости и угол заложения откоса, коэффициенты в предельных зависимостях (I4), (I4,а) и (I5) значительно упрощаются. Например, для суглинистых грунтов при n =0,29 и m = I,5 зависимость (I4,а) примет вид

$$i_{max} = 0,0033\,Q^{-0,57}.$$

Для закрытого горизонтального дренажа предельные зависимости можно получить также в общем виде для всего диапазона применяемых материалов для труб. Однако учитывая, что в настоящее время

применяются, главным образом, пластмассовые гофрированные трубы, целесообразно предельные зависимости получить для труб из этого материала.

Для труб, работающих полным сечением, но в безнапорном режиме, получим для расхода Q, пропускаемого с незаиляющей скоростью

$$i_{min} = 1,22 \cdot 10^{-5} \cdot Q^{-0,55} . \qquad (16)$$

Предельные уклоны i_{max} для расходов Q_{max}, пропускаемых с максимально допускаемой скоростью

$$i_{max} = 2,05 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{-0,667} . \qquad (17)$$

Свяжем параметры закрытого горизонтального дренажа с гидравлическими характеристиками в устье дрены, считая, что дрена работает полным сечением, но в безнапорном режиме. Используя рекомендации [5] для расчета расхода в пластмассовых гофрированных трубах и выражая расход дрены через напор в междренье, получим

$$d_g = \frac{(H_g - H)^{0,378} \cdot T^{0.378} \cdot \ell_g^{0,378}}{141,62\,(L + 8\Phi_g)^{0.378} \cdot i^{0.18}} , \qquad (18)$$

где H – глубина залегания грунтовых вод в междренье;
T – водопроводимость; i – уклон дрен;
Φ_g – фильтрационное сопротивление на несовершенство по степени и характеру вскрытия, определенное, согласно [1].

При выводе (18) учитывалось, что фильтрационное сопротивление для дрен с песчано-гравийным фильтром определяется не диаметром трубчатой части, а контуром песчаной обсыпки.

Для дрен с искусственным ЗФМ в настоящее время отсутствуют достаточно обоснованные методы определения водозахватной способности в зависимости от категории почвогрунтов, глубины залегания УГВ, типа дреноукладчика, технологии обратной засыпки и т.д. В этих случаях рекомендуется использовать эффективный диаметр дрены с учетом поправочного коэффициента, определяемого экспериментальным путем. Поэтому при расчете фильтрационного сопротивления для искусственных ЗФМ целесообразно использовать эффективные диаметры, полученные в результате опытно-производственных исследований для конкретных объектов.

Увяжем гидравлические параметры КДС, параметры закрытого горизонтального дренажа с затратами на земляные работы со стоимостью труб, фильтров и сооружений.

Пропускную способность коллекторной сети рассчитывают по формуле [II]

$$Q = \omega c \sqrt{Ri}\,, \tag{I9}$$

где ω – площадь живого сечения.

Гидравлический расчет коллектора обычно проводится, исходя из гидравлически наивыгоднейшего сечения [9], хотя отношение глубины воды в коллекторе к ширине по дну можно определить из транспортирующей способности потока [7] и других рекомендаций [8].

Для гидравлически наивыгоднейшего при трапецеидальном поперечном сечении выражение (I9) преобразуется

$$Q = \varphi_0 B^{\alpha} i^{0,5}\,, \tag{20}$$

где

$$\varphi_0 = \frac{1}{n}\,\frac{\beta+m}{\beta^2}\left[\frac{\beta+m}{\beta\left(\beta+2\sqrt{1+m^2}\right.}\right]^{y+0,5}$$

$$\alpha = 2,5+y,$$

B – ширина по дну.

Для конкретных условий выражение (20) сильно упрощается. Так, для глинистых грунтов при n = 0,03 и коэффициенте заложения откоса m = I,5 расход коллектора для гидравлического наивыгоднейшего сечения может быть найден по формуле

$$Q = 165,26\, B^{2,16}\, i^{0,5}\,. \tag{2I}$$

Для того чтобы перейти к оптимизации параметров КДС, исключим из выражений (5), (6) и (7) среднюю глубину коллектора, выражая ее через среднюю глубину заложения дрен, уклоны и отметки поверхности земли.

Среднюю глубину коллектора, к которому подключаются закрытые дрены, можно представить в следующем виде

$$H_{cp}^{к} = 0,5\left(Z_к^{н}+Z_к^{к}\right)-\left(Z_{др}^{ср}-0,5\Delta_д-\sigma_к\right)+0,5\Delta_к\,, \tag{22}$$

где $\Delta_д = i_д \ell$; $\Delta_к = i_к \ell_к$;

$Z_к^{н}$ – отметка поверхности земли в начале коллектора;

$Z_к^к$ – отметка поверхности земли в конце коллектора;

$Z_g^{ср}$ – отметка дренажной трубы в середине дрены;

$\sigma_к$ – превышение устья над уровнем воды в коллекторе.

Используя формулу (18), исключим диаметр дрены из выражения (3). Тогда приведенные затраты на строительство и эксплуатацию КДС для системы закрытых дрен и гидравлически нерассчитываемого коллектора, с учетом (4), (5), (22), запишем следующим образом:

$$ЗП_g = S\mathcal{E}^*\left[\frac{a^* 10^4}{L} + \frac{70{,}61\, b_1 (H_g - H)^{0.378}\, T^{0.378}\, \ell_g^{0.56}}{(L + 8\Phi_g)^{0.378}\, \Delta_g^{0.18}\, L} + \right.$$

$$\left. + \frac{0{,}499 (H_g - H)^{0.756}\, T^{0.756}\, \ell_g^{1.12}}{(L + 8\Phi_g)^{0.756}\, \Delta_g^{0.36} \cdot L} + 10^4 \frac{b_1 H_g}{L}\right] + \mathcal{E}^* \Big\{ a_к + \qquad (23)$$

$$+ b_к \left[0{,}5\left(Z_к^н + Z_к^к\right) - \left(Z_g^{ср} - 0{,}5\Delta_g - \sigma_к\right) + 0{,}5\Delta_к\right]\Big\} \ell_к ,$$

где $a^* = a_1 + a_2 + \dfrac{C_3}{L \ell_g}$; $\mathcal{E}^* = \mathcal{E}_н + \mathcal{E}_р$;

S – площадь орошаемых земель;

$\ell_к$ – длина коллектора;

$\mathcal{E}_н$ – нормативный коэффициент эффективности;

$\mathcal{E}_к$ – коэффициент, учитывающий эксплуатационные затраты, принятые в виде доли от капвложений.

В случае малоуклонных земель или близких значений неразмывающих и незаиляющих скоростей уклонами коллектора варьировать нельзя. Тогда оптимальный уклон дрены $\Delta_{опт}$ для заданной глубины ее заложения можно найти непосредственно, приравнивая производную функции (23) по Δ_g к нулю

$$A\,\Delta_{опт}^{-1.18} + D\,\Delta_{опт}^{-1.36} = Г ,$$

$$A = \frac{12{,}71\, b_1 (H_g - H)^{0.378}\, T^{0.378}\, \ell_g^{0.56}\, \mathcal{E}^* S}{(L + 8\Phi_g)^{0.378}\, L} ; \qquad (24)$$

$$B = \mathcal{E}^* S \frac{1.795\, c_1 (H_g - H)^{0.756} T^{0.756} \ell^{1.12}}{(L + 8\Phi)^{0.756} L}; \quad \Gamma = 0{,}5\, b_к \ell_к .$$

Когда природные условия позволяют варьировать уклонами гидравлически нерассчитываемых коллекторов, приведенные затраты на строительство и эксплуатацию КДС будут иметь вид

$$ЗП_g = S\mathcal{E}^* \Big[\frac{10^4 \cdot a^*}{L} + \frac{70{,}61\, b_1 (H_g - H)^{0.378} T^{0.378} \ell_g^{0.56}}{(L + 8\Phi_g)^{0.378} \Delta_g^{0.18} L} + \tag{25}$$

$$+ \frac{0.499\, c_1 (H_g - H)^{0.756} T^{0.756} \ell^{1{,}12}}{(L + 8\Phi_g)^{0{,}756} \Delta_g^{0{,}36} L} + 10^4 \frac{b_1 H_g}{L} \Big] + \sum_{\nu=1}^{r} \mathcal{E}^* \Big\{ a_к +$$

$$+ b_к \Big[(Z_\nu^н + Z_\nu^к) 0{,}5 - (Z_g - 0{,}5\Delta_g - \sigma_к) + \sum_{j=1}^{\nu-1} \Delta_j + 0{,}5\Delta_\nu \Big] \Big\} \ell_\nu .$$

Выражение (25) дополняется ограничениями:

по перепадам высот по ν -м коллекторам и дренам

$$i_\nu^{min} \ell_\nu \le \Delta_\nu \le i_\nu^{max} \ell_\nu ,$$
$$i_g^{min} \ell_g \le \Delta_g \le i_g^{max} \ell_\nu . \tag{26}$$

Кроме того, ограничения по перепадам высот дополняются ограничением по предельному заглублению коллекторов

$$Z_\nu^к - h_{max} \le Z_g - \sigma_к - \sum_{i=1}^{\nu-1} \Delta_j \le Z_\nu^н - h_{min} , \tag{26a}$$

где h_{max} – максимально допустимая глубина заложения ν-го коллектора;

h_{min} – минимально допустимая глубина ν -го коллектора.

Выразим приведенные затраты на строительство и эксплуатацию КДС, имеющие в своем составе гидравлически рассчитываемые коллекторы, через соотношения (2), (7), (I8), (20), заменив в последнем B , через уклон коллектора

$$ЗП_g = S\mathcal{E}^* \Big[\frac{a^* 10^4}{L} + \frac{70{,}61\, b_1 (H_g - H)^{0{,}378} T^{0.378} \ell_g^{0.56}}{L (L + 8\Phi_g)^{0{,}378} \Delta^{0{,}18}} + \tag{27}$$

$$+\frac{0.499\,c_1\,(H_g-H)^{0.756}\,T^{0.756}\,\ell_g^{1.12}}{(L+8\Phi_g)^{0.756}\,\Delta_g^{0.36}\,L}+10^4\frac{b_3\,H_g}{L}\Bigg]+\sum_{\nu=1}^{r}\mathcal{E}^*$$

$$\Big\{a_к+b_к Q^{-\frac{2}{\alpha}}\varphi_0^{-\frac{2}{\alpha}}\Delta^{-\frac{1}{\alpha}}\ell^{\frac{1}{\alpha}}+c_1\Big[0{,}5\,(Z_к^н+Z_к^к)-(Z_g^{ср}-0{,}5\Delta_g-\sigma)+$$

$$+\sum_{j=1}^{\nu-1}\Delta_j+0{,}5\,\Delta_\nu\Big]\Big\}\,\ell_\nu\ .$$

Исключая из выражения (27) постоянные слагаемые, получим после преобразований, что поиск оптимальных параметров КДС может быть описан типичной моделью нелинейного программирования функционалом

$$S\mathcal{E}^*\Bigg[\frac{70{,}61\,(H_g-H)^{0.378}\,T^{0.378}\,\ell_g^{0.56}}{(L+8\Phi_g)^{0.378}\,\Delta_g^{0.18}\,L}+\frac{0{,}499\,c_1}{(L+8\Phi_g)^{0.756}}$$

$$\frac{(H_g-H)^{0.756}\,T^{0.756}\,\ell^{1.12}}{\Delta_g^{0.36}\,L}\Bigg]+\sum_{\nu=1}^{r}\mathcal{E}^*\Big[b_к Q^{\frac{2}{\alpha}}\gamma^{-\frac{2}{\alpha}}\Delta^{-\frac{1}{\alpha}}\ell_к^{\frac{1}{\alpha}}+ \qquad (28)$$

$$+c_к\Big(0{,}5\Delta_g+\sum_{j=1}^{\nu-1}\Delta_g+0{,}5\Delta_\nu\Big)\Big]\ell_\nu\to min\ .$$

Для гидравлически нерассчитываемых коллекторов нелийненый функционал имеет вид

$$S\mathcal{E}^*\Bigg[\frac{70.61\,b_1(H_g-H)^{0.378}\,T^{0.378}\,\ell^{0.56}}{(L+8\Phi_g)^{0.378}\,\Delta_g}+\frac{0{,}499\,c_1\,(H_g-H)^{0{,}756}}{(L+8\Phi_g)^{0.756}\,L} \qquad (29)$$

$$\frac{T^{0.756}\,\ell_g^{1.12}}{\Delta_g^{0.36}}\Bigg]+\sum_{\nu=1}^{r}\mathcal{E}^*b_к\Big(0.5\Delta_g+\sum_{j=1}^{\nu-1}\Delta_j+0{,}5\Delta_\nu\Big)\ell_\nu\to min\ .$$

При заданных нормах осушения и глубине заложения дренажа остальные параметры находят непосредственно минимизацией функционалов (28) и (29) с линейными ограничениями (26) и (26,а). Методы решения задач такого класса хорошо изучены и трудностей не вызывают.

В случае определения одновременно междренного расстояния и глубин заложения дренажа при заданной глубине залегания грунтовых вод, наряду с другими параметрами, выражение (28) или (29) дополняется еще одним ограничением, устанавливающим соотношение между нормой осушения, междренным расстоянием и глубиной заложения дренажа

$$L=4\left(\sqrt{\Phi_g^2+\frac{(H_g-H)T}{2W}}-\Phi_g\right), \qquad (30)$$

где W – средневегетационная нагрузка на дренаж при рассматриваемом варианте глубины залегания грунтовых вод.

Минимизация выражения (28) или (29) с ограничениями (26) и (26,а) и дополнительным условием (30) при наличии нескольких коллекторов становится довольно сложной задачей. Поэтому наиболее простым путем является поэтапное решение, в соответствии с которым для каждого варианта глубины заложения дренажа минимизируется функционал (27) или (29) с линейными ограничениями (26), (26,а).

Вариант глубины заложения дренажа с наименьшими приведенными затратами определит параметры коллекторно-дренажной сети, соответствующие совокупному оптимуму.

Список использованной литературы

I. Алейник А.Л. Геогидродинамика горизонтального дренажа. - Киев, 1981.
2. Духовный В.А., Умарджанов Д. Методика оценки эффективности переустройства оросительных систем// Сб.научн.тр./Среднеаз. НИИ ирригации. - 1982. - Вып.167.
3. Кирейчева Л.В. Прогноз водно-солевого режима орошаемых почв. Вопросы мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративного почвоведения. - М.: ВНИИГИМ, 1984.
4. Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования ВСН 33-2.2.03-86. М., 1987.
5. Мурашко А.И. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне. - М.: Колос. - 1981.
6. Рекс Л.М., Кирейчева Л.В. Методика расчета водно-солевого режима и параметров дренажа на орошаемых землях. - Гидротехника и мелиорация, № 5, 1977.
7. Рекомендации по гидравлическому расчету крупных каналов. - М.: 1987.
8. Скрыльников В.А., Киберле С.И., Белесков Б.И. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ - Ташкент: Мехнат . - 1987.
9. Мелиорация и водное хозяйство // М. Т.3. - 1985.
10. Мелиорация и водное хозяйство // М. Т.4. - 1985.
11. СНиП 2.06.03... Гидромелиоративные системы и сооружения (проект), М., 1988.

Н.И.Горошков, канд.техн.наук,
Г.Р.Климова, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА С КОМБИНИРОВАННЫМ ФИЛЬТРОМ

В настоящее время в практике строительства мелиоративного дренажа находят применение рулонные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ) из искусственных волокон. По сравнению с традиционными фильтрующими материалами они более дешевы и технологичны при укладке, но в то же время не всегда обеспечивают необходимую водоприемную способность дрен, что снижает их мелиоративную и экономическую эффективность.

Основными причинами, снижающими работоспособность конструкций дрен с рулонными ЗФМ, являются кольматация материала, экранирование конструкции грунтом обратной засыпки, недостаточно развитый водоприемный контур.

Первые две зависят, главным образом, от категории дренируемых грунтов и воздействия на них водного фактора в период строительства дрен. Существующий уровень знаний в области физики грунтов недостаточен для точного прогноза изменений их свойств при механической переработке и различной степени увлажнения, поэтому для тех или иных конкретных условий необходимо предварительное проведение экспериментов, позволяющих оценить степень влияния этих изменений на последующую работоспособность дрен.

Недостаточно развитый водоприемный контур очевидно играет роль при определенных граничных условиях фильтрационных свойств дренируемых грунтов. Эффективность применения конструкций дрен с рулонными ЗФМ существенно снижается в грунтах с низкими фильтрационными свойствами, для которых увеличение водоприемного контура может быть достигнуто путем создания комбинированного фильтра. Последний представляет собой сочетание рулонного ЗФМ с мелкозернистыми песчаными смесями, гранулометрический состав которых (при параметрах водоприемных отверстий пластмассовых труб ТУ-6-19-224-83) не позволяет использовать их непосредственно как фильтровую обсыпку закрытого горизонтального дренажа.

Таким образом, задачей научных проработок является подбор и экспериментальная проверка сочетания различных материалов в комбинированном фильтре, обеспечивающем минимальное фильтрацион-

ное сопротивление. Для опытов были отобраны 5 искусственных нетканых материалов, уточненные структурные характеристики которых приведены в табл.I. В качестве дополнительной фильтровой обсыпки использовались различные несвязные грунты, гранулометрический состав которых представлен в табл.2.

При этом в опытах дренируемый грунт использовался с различных объектов строительства закрытого горизонтального дренажа, вследствие чего он характеризовался большим диапазоном (табл.3).

Исследования на фильтрационных приборах (типа Дарси и секторных лотках) с различными категориями дренируемых грунтов показали, что рулонные ЗФМ толщиной 0,5 - I мм (полотно типа "Мелин") не обеспечивают надежной защиты несвязных и малосвязных грунтов ; наблюдается процесс суффозионного выноса (за время опыта 0,09 - 0,I3 г/см^2).

Отмечено, что рулонные материалы толщиной 3 - 4 мм, средним диаметром несквозных пор менее 2 мм полностью предотвращают фильтрационную суффозию несвязных грунтов и незначительно кольматируются с поверхности (менее 0,I г/см^2), что не вызывает значительных потерь напора в контактной зоне (I - 2 мм). Коэффициент фильтрации закольматированного фильтра во всех вариантах опыта по отношению к дренируемому грунту оставался достаточно высоким ($K_ф^{кол}$ = 72 - 82 м/сут).

Результаты исследований на секторных лотках с комбинированным фильтром показали, что величина коэффициента дополнительного сопротивления составляет 0,92 - 0,96, что свидетельствует о минимальных потерях напора фильтрационного потока в придренной области.

Полученные величины притока с I м дрены (0,66 - 0,83 см^3/с) в 4 - 5 раз превышают соответствующий показатель при применении в качестве фильтра только ЗФМ. В свою очередь, песчаный фильтр обеспечил фильтрационную устойчивость дренируемых грунтов.

Результаты лабораторных экспериментов подтверждены натурными исследованиями.

На опытно-производственном участке в Голодной степи (совхоз I-а) проведены исследования конструкции дрены с комбинированным фильтром. Литологический профиль участка представлен мощной толщей глинистых отложений четвертичного возраста. Глинистые отложения с поверхности до глубины 30 - 40 м слагаются суглинками и супесями. Ниже глинистые породы утяжеляются. Коэффициент фильтрации верхней толщи почвогрунтов измеряется в диа-

Таблица I

Структурные характеристики исследуемых нетканых ЭФМ

Наименование материала	Диаметр элементарного волокна, мм	Толщина материала, мм	Масса 1 м², г	Коэффициент фильтрации, м/сут	Средний диаметр пор, мм	Сквозные поры		
						Характерная форма пор	Максимальные, мм	Среднестатические, мм
СИЗИ	0,018	4,0	251	76	0,2	Четырехугольники с закругленными углами	0,04x 0,07	0,02
БИДИМ	0,018	2,0	158	190	0,2	Треугольные и трапецеидальные	0,07x 0,14	0,030
Полотно ПО "Навоиазот" ТУ-6-06-34-14-80	0,016	3,0	198	271	0,12	Трапецеидальные	0,07x 0,04	0,025
Полотно Навоийской экспериментальной фабрики ТУ-УзССР-201-80	0,018	4,0	328	110	0,2	-	-	-
Полотно типа "Мелин"	0,025	1,0	176	44	-	Щелевидные и четырехугольные	0,04x 0,07	0,020

Таблица 2

Характерные частицы песчаных смесей на территории Узбекистана

Наименование образца	Размер частицы, мм			Коэффициент неоднородности, $\eta = \frac{Д_{60}}{Д_{10}}$
	$Д_{10}$	$Д_{50}$	$Д_{60}$	
Барханный песок Тахтакупырского района ККАССР	0,052	0,073	0,080	1,54
Крупнопылеватый песок с ОПХ САНИИРИ Хорезмской области	0,015	0,060	0,068	4,53
Песчаная смесь Кокаральского массива Ташкентской области	0,14	0,40	1,0	7,0
Песчаная смесь Сырдарьинской области	0,025	0,065	0,072	2,88

Таблица 3

Характерные размеры частиц исследуемых грунтов

Дренируемый грунт	Место отбора	Размеры частиц, мм			
		d_{10}	d_{50}	d_{60}	$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}}$
Тяжелый суглинок	Ферганская обл., к/з "Москва"	0,0012	0,014	0,025	20,83
То же	Ферганская обл., к/з "Риштан"	0,00068	0,0065	0,013	19,11
Мелкая глина	Ферганская обл., к/з им.Г.Гуляма	0,0008	0,0028	0,0048	6,00
Средний суглинок	Сырдарьинская область, с/х I-а	0,0012	0,015	0,030	20,5

пазоне 0,15 - 0,34 м/сут.

Полученные данные свидетельствуют, что дрена с комбинированным фильтром имеет высокие показатели работоспособности.

Скорость сработки уровня грунтовых вод в диапазоне 0,75 - 2,75 м составила 9 см/сут. При действующих напорах 0,8 - 1 м обеспечивался высокий дренажный модуль-0,13-0,17 л/с га,

что соответствует проектным показателям.

Оценка фактической дренирующей способности системы дрен с комбинированным фильтром по методике Ф.В.Серебренникова (по данным натурных замеров уровней грунтовых вод и расходов дрен) свидетельствует о возможности использования для расчета междренных расстояний существующих нормативных зависимостей без введения поправочных коэффициентов на несовершенство конструкции по характеру вскрытия дренируемого пласта.

Таким образом, установлена возможность снижения требований к рассыпным материалам, исходя из условия их просыпаемости, что позволит применять более мелкозернистые и однородные составы (барханный или отмытый речной песок). Это резко расширит диапазон использования для обсыпок местных месторождений песчаных и гравийно-песчаных грунтов.

Расчетным путем установлены границы (по фильтрационным свойствам дренируемых грунтов) эффективного применения в конструкции дренажа комбинированного фильтра.

Верхние допустимые границы грансоставов рассыпных материалов, определяемые из условия обеспечения фильтрационной устойчивости дренируемых грунтов, приведены на рис.I.

Определение междренных расстояний выполнено для коэффициентов фильтрации дренируемого грунта 0,I ; 0,3 и 0,5 м/сут при одних и тех же параметрах (мощность водоносной толщи, величина инфильтрации, глубина заложения дрен, норма осушения, действующий напор). При этом с учетом результатов лабораторных исследований коэффициент несовершенства конструкции для дрен с рулонным ЗФМ принят равным $\delta = 0,7$, с комбинированным фильтром $\delta = I$.

Расчеты удельной протяженности дренажа показали ее увеличение при применении только искусственного ЗФМ на 45 м/га для $K_ф = 0,I$ м/сут ; I4 м/га - для $K_ф = 0,3$ м/сут и 8 м/га для почв с коэффициентом фильтрации $K_ф = 0,5$ м/сут.

С учетом удельной протяженности сопоставлена разница в затратах при устройстве дренажа на I га в случаях наличия или отсутствия дополнительной фильтровой обсыпки (рис.2). Из приведенного графика следует, что при коэффициентах фильтрации дренируемого грунта $K_ф > 0,3$ м/сут затраты на устройство дополнительной фильтровой обсыпки не компенсируются снижением их от уменьшения удельной протяженности дренажа, т.е. при стоимости местных обсыпок до 8 руб/м^3 эффективно применение ком-

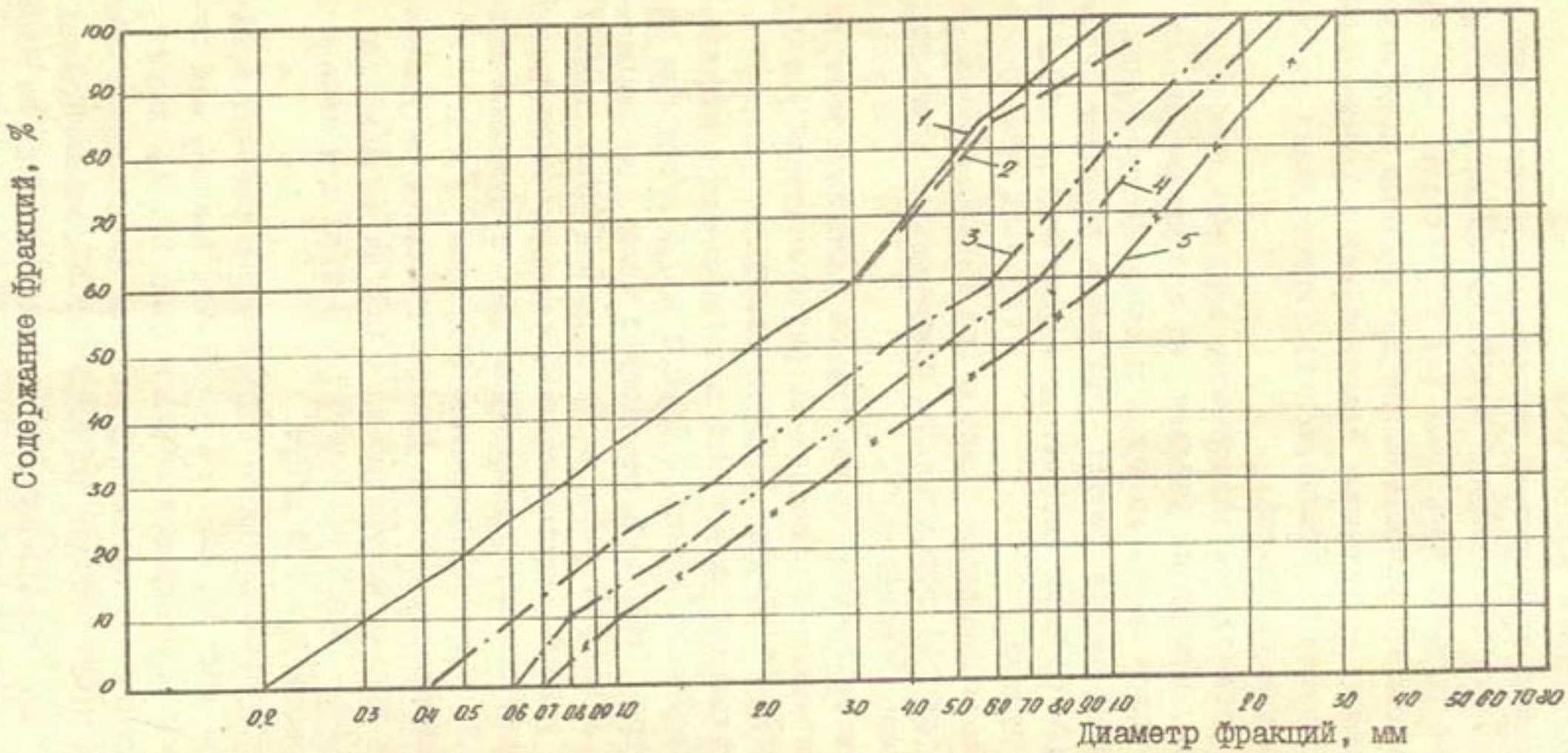


Рис.I. Верхняя рекомендуемая граница фракционного состава фильтровой обсыпки закрытого дренажа для различных категорий дренируемых грунтов: I – песчаный; 2 – легкая супесь; 3 – тяжелая супесь и легкий суглинок; 4 – средний и тяжелый суглинок; 5 – глина.

бинированных фильтров в условиях, когда фильтрационные свойства дренируемых грунтов не превышают 0,3 м/сут.

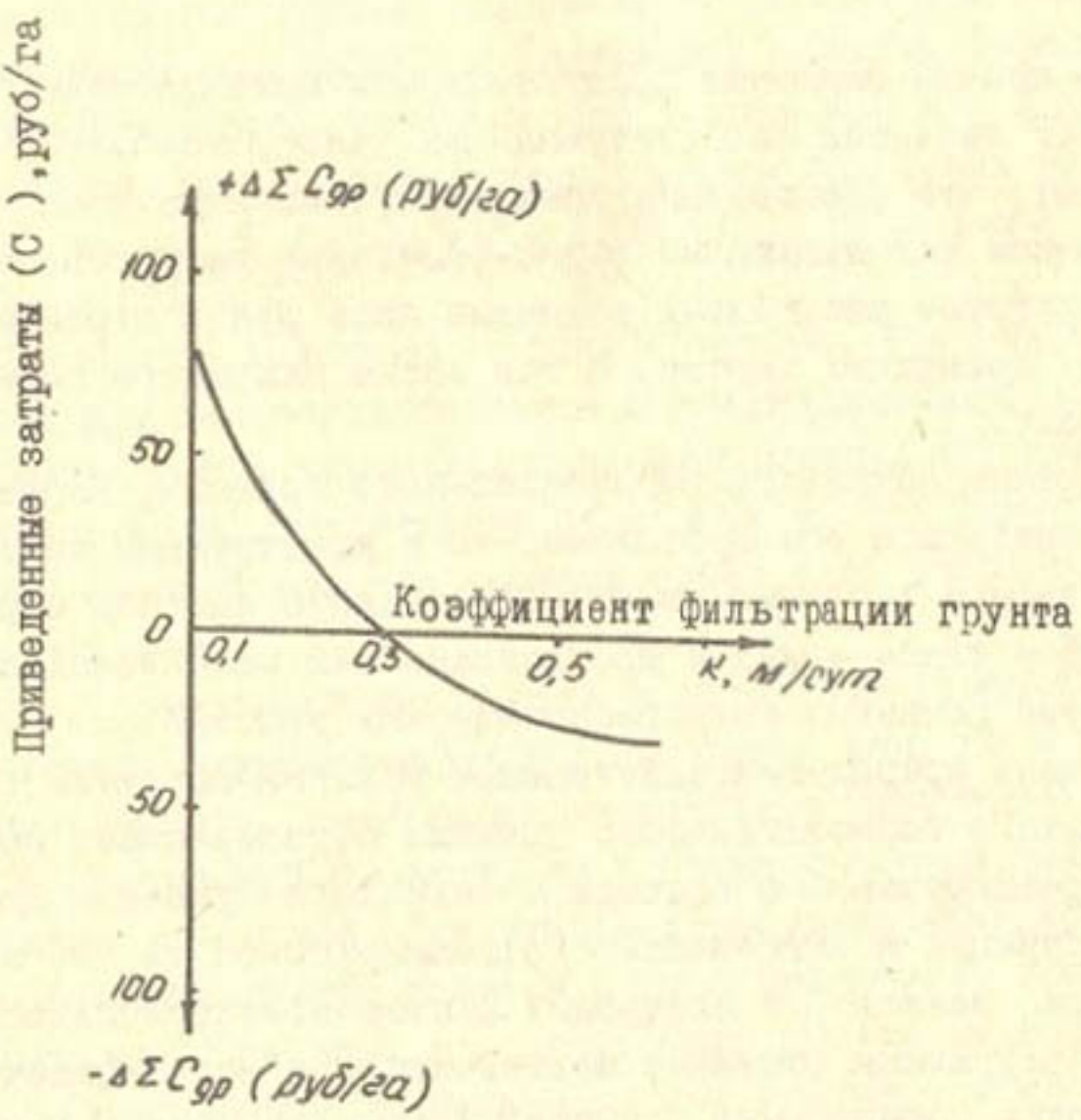


Рис.2. Зависимость приведенных затрат на устройство комбинированного фильтра от фильтрационных свойств грунтов.

Г.Е.Батурин, канд.техн.наук,
Г.Р.Климова, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ТИПИЗАЦИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Одной из причин снижения продуктивности мелиорируемых земель в Узбекской ССР является недостаточная их дренированность. Практика показывает, что обеспечение оптимальных мелиоративных режимов при экономном использовании водно-земельных ресурсов на большей части территории республики возможно лишь путем строительства совершенных дренажных систем, в том числе закрытого горизонтального дренажа.

Для внедрения закрытого горизонтального дренажа, наряду с обоснованием требуемой его протяженности и конструкции водоприемной части, важное значение имеет установление способа строительства и выбор типов и марок дреноукладочных механизмов с учетом особенностей почвенно-гидрогеологических условий.

Разнообразие природно-хозяйственных условий объектов строительства закрытого горизонтального дренажа обусловливает необходимость дифференцированного подхода к технологии укладки дренажа и выбору конструкции и материалов его водоприемной части, которые в основном зависят от следующих факторов: литологического строения зоны заложения дренажа; механических и водно-физических характеристик дренируемых грунтов ; уровня залегания грунтовых вод ; конструкции и материалов дренажных труб ; конструкции фильтров и защитно-фильтрующих материалов ; глубины заложения дрен и наличия водоприемников.

Исходя из указанных основных факторов, определяющих материалы и конструкцию водоприемной части, способы строительства дрен, выполнена типизация орошаемых земель Узбекистана по залеганию уровня грунтовых вод и литологическому строению верхней 5-метровой толщи почвогрунтов, выявлены условия применения существующих дреноукладчиков и установлены объемы строительства в зависимости от технологии укладки закрытого горизонтального дренажа.

При типизации орошаемых земель Узбекистана по технологии строительства закрытого горизонтального дренажа проведен анализ

и произведена систематизация материалов (в масштабе I:500000) по уровню залегания грунтовых вод за I985 и I986 гг.и литологическому строению верхней 5-метровой толщи почвогрунтов. При этом для оценки и анализа принято залегание их для послевегетационного периода, когда строительство закрытого горизонтального дренажа возможно без отчуждения орошаемых земель.

Анализ данных глубин залегания грунтовых вод показал, что для 50 % территории ККАССР и Хорезмской области характерно близкое залегание грунтовых вод (менее 2,0 м). В целом по республике площади с аналогичным уровнем грунтовых вод составили I075 га (25,6 %); 2-3 м - I308 (36,3 %) и более 3 м - I495 тыс.га (38,I %).

При близком залегании уровня грунтовых вод (менее 2 м) строительство дренажа осуществляется широкотраншейным способом (метод "полки") и с применением дреноукладчиков, как правило, бестраншейного типа. При глубине залегания уровня грунтовых вод более 2,0 м строительство дренажа может быть выполнено узкотраншейным способом.

Выбор способа строительства и типа дреноукладчика обусловлен не только залеганием уровня грунтовых вод, но и зависит от категории грунтов, а также от применяемых материалов и конструкции водоприемной части дрены в связи с конкретными гидрогеологическими условиями. Для выбора дреноукладочных механизмов разрабатываемые грунты делятся на три категории: легкие, средние и тяжелые. При этом под категорией грунта мы подразумеваем породы, объединенные по механическому составу, воднофизическим свойствам и строительной плотности, т.е. упругости (табл. I).

Анализ орошаемых земель по залеганию уровня грунтовых вод и механическому составу 5-метровой толщи показал, что около 60 % площадей представлены почвами, относящимися к средней категории с уровнем грунтовых вод менее 3,0 м и высотой капиллярного поднятия 200 - 300 см (табл.2).

Для каждой области Узбекистана в М I:500 000 выполнена типизация ее территории по залеганию уровня грунтовых вод и литологическому строению 5-метровой толщи почвогрунтов, которая послужила основой для выбора способа строительства и конструкции водоприемной части закрытого дренажа.

Карта каждой области условно разделена на квадраты, в основании которых приведены уровни залегания грунтовых вод с на-

Таблица I

Типизация грунтов для выбора способа строительства закрытого дренажа

Категория грунтов	Механический состав	Объемная масса г/см³	Предельно-полевая влагоемкость, % к весу сухой почвы	Высота капиллярного поднятия, см	Коэффициент фильтрации, м/сут	Строительная категория разрабатываемых грунтов
Легкие	Песчаные, легкосуглинистые и супесчаные среднесуглинистые	I,3-I,4	I3-I9	I00-200	0,8	I-II
Средние	Среднесуглинистые и легкие глины	I,4-I,45	I9-2I	200-300	0,8-0,3	II-III
Тяжелые	Тяжелосуглинистые и глинистые	I,45-I,6 и более	2I-26	300-400	0,3	III-IУ

Таблица 2

Характеристика орошаемых земель в зависимости от категории почвогрунтов

Область	Всего	Орошаемая площадь нетто, тыс.га		
		грунты		
		легкие	средние	тяжелые
ККАССР	46I,0	3I,50	367,7	6I,8
Андижанская	284,7	5I,30	I96,6	36,80
Наманганская	263,3	93,30	I47,8	22,20
Ферганская	339,3	60,I0	236,9	42,30
Бухарская	254,0	205,I	48,9	-
Навоийская	II5,7	34,9	74,3	6,5
Кашкадарьинская	455,0	72,4	302,0	80,4
Самаркандская	348,9	-	348,9	-
Джизакская	275,I0	-	2I2,3	62,8
Сырдарьинская	283,30	32,90	227,9	26,5
Хорезмская	225,30	I4,2	I50,I	6I,0
Сурхандарьинская	289,0	6,40	282,60	-
Ташкентская	378,0	-	378,0	-
Итого по УзССР	3976,6	602,I	2974,2	400,3

несением механического состава почвогрунтов. При этом каждый квадрат отражает типичность выделенной площади по этим двум показателям.

Выполненная типизация территории Узбекистана по залеганию уровня грунтовых вод и механическому составу почвогрунтов позволила определить способ строительства и наметить конструкцию водоприемной части закрытого дренажа.

Схема типизации по залеганию уровня грунтовых вод и механическому строению почвогрунтов на примере Сурхандарьинской об-

ласти приведена на рис.I, а по способу строительства и применяемой конструкции водоприемной части закрытого дренажа - на рис.2.

В соответствии с паспортными характеристиками дреноукладчиков, опытом строительства в табл.3 даны условия их применения в зависимости от категории грунтов по механическому составу, положения уровня грунтовых вод по отношению дна заложения дрены, конструкции и используемого материала фильтра. При этом учтен и широкотраншейный способ строительства - единственно возможный при укладке труб большого диаметра для собирателей и коллекторов.

Принятая в табл.3 градация по положению уровня грунтовых вод по отношению к дну заложения дрены обусловлена следующим: выше 0,5 м - из условия применения бестраншейных дреноукладчиков ; равное и менее 0,5 м - исходя из ограничений применения отечественных узкотраншейных дреноукладчиков ; на уровне и ниже дна дрены - из ограничения применения искусственных рулонных защитно-фильтрующих материалов.

В соответствии с действующими нормами проектирования не допускается их укладка в водонасыщенные супесчаные и суглинистые грунты и в грунты с низкими коэффициентами фильтрации (менее 0,3 м/сут). При этом допускается возможность укладки рулонных защитно-фильтрующих материалов в легких хорошо водопроницаемых грунтах дреноукладчиками фирм ФРГ (Супергигант и Хайконс), так как за счет высоких скоростей активного рабочего органа происходит вычерпывание пульпы и непосредственная присыпка водоприемной части дрен сухим грунтом с бортов траншеи. Кроме того, допускается укладка дрен с рулонными защитно-фильтрующими материалами в песчаные породы (например в Хорезмской, Бухарской областях и ККАССР).

На основании классификации по условиям применимости дреноукладочных механизмов (табл.3) и данных типизации орошаемых территорий в зависимости от залегания грунтовых вод и механического состава разрабатываемых грунтов определена для площади I8I8 тыс.га протяженность закрытого горизонтального дренажа в зависимости от способа строительства.

Общая протяженность закрытого дренажа, укладываемого широкотраншейным способом, к 2000 г. составит 6940 км, узкотраншейным -24090 и бестраншейным - 35420 км.

Таблица 3

Условия применения дреноукладочных механизмов

Способ строительства	Тип дреноукладчика	Тип и материал фильтра	Категория грунтов по механическому составу								
			легкие			средние			тяжелые		
			Уровень залегания грунтовых вод относительно дна дрены								
			выше 0,5 м	≤0,5 м	ниже дна	выше 0,5 м	≤0,5 м	ниже дна	выше 0,5 м	≤0,5 м	ниже дна
Широкотраншейный	–	с, к, в*)	+	+	–	+	+	–	+	+	–
Траншейный	ЭД-3,0 А	с, к	–	–	+	–	–	+	–	–	+
	ЭТЦ-406А	с, к	–	–	+	–	–	+	–	–	+
Узкотраншейный	ДУ-25I, ДУ-30I	с, к, в	–	+	+	–	+	+	–	+	+
	ДТП-4,0	с, к	–	+	+	–	+	+	–	+	+
	ДПС-3,0 Б	в	–	–	+	–	–	+	–	–	+
	Супер-Гигант, 524	в	+**)	+	+	–	–	+	–	–	+
	Хайконс 6027	в	+**)	+	+	–**)	–	+	–	–	+
Бестраншейный	ДБ-25I, ДБ-252	с, к, в	+**)	+	+	+	+	+	–	–	+
	ДБ-2,0	с, к, в	+**)	+	+	+**)	+	+	–	–	+
	МД-I2, МД-4	в	+**)	+	+	–	–	+	–	–	–

Примечание. с, к, в*) – фильтр из сыпучих материалов (с); комбинированный фильтр (к); искусственно-волокнистый (в).

+**) – при близком залегании грунтовых вод I – I,5 м необходимы пробные проходки дреноукладчика.

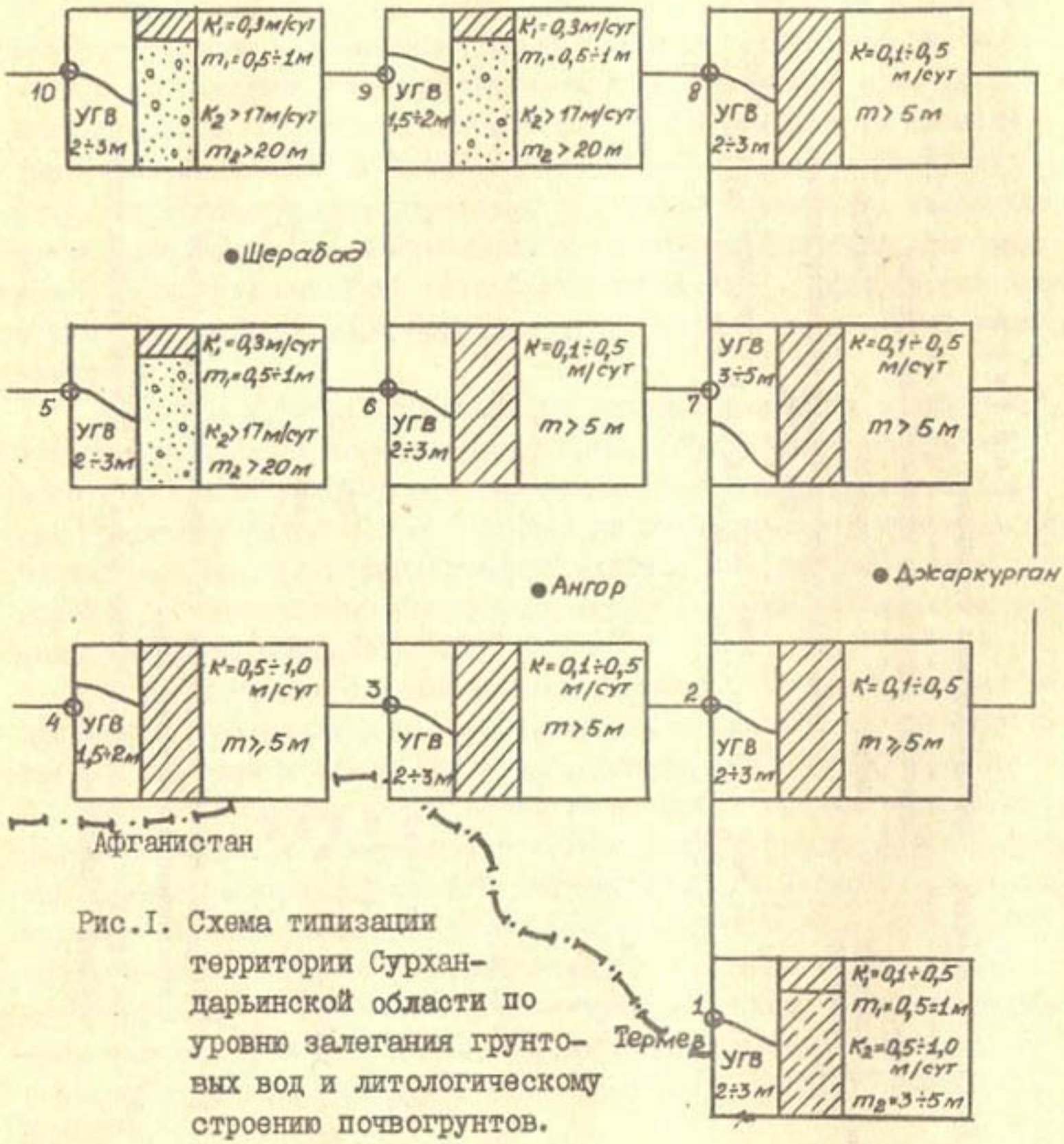


Рис.I. Схема типизации территории Сурхандарьинской области по уровню залегания грунтовых вод и литологическому строению почвогрунтов.

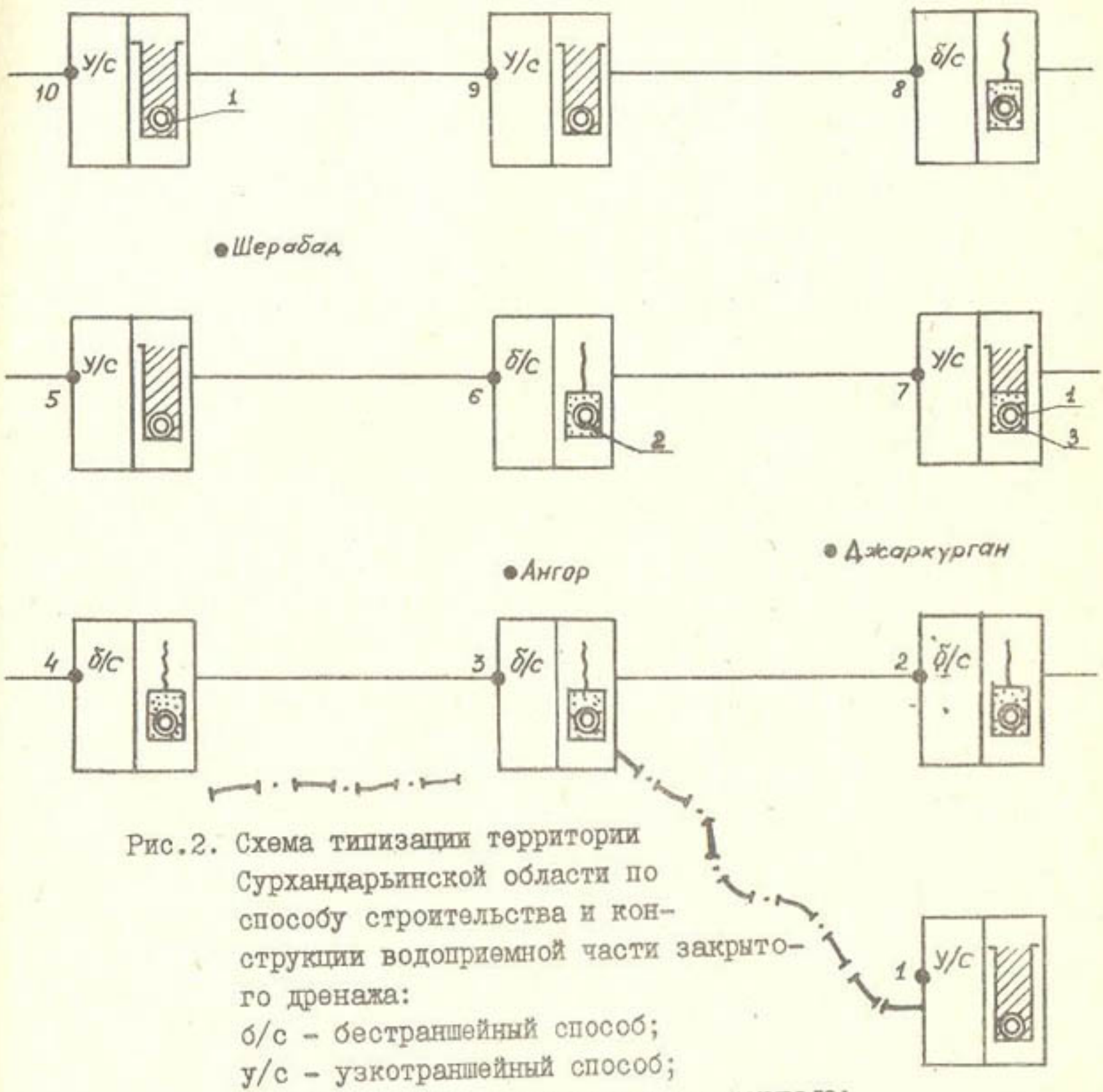


Рис.2. Схема типизации территории Сурхандарьинской области по способу строительства и конструкции водоприемной части закрытого дренажа:

б/с - бестраншейный способ;

у/с - узкотраншейный способ;

I - фильтр из искусственного материала;

2 - дренажная труба;

3 - фильтр из некондиционной гравийно-песчаной смеси.

Исходя из потребной протяженности закрытого дренажа, конструктивных особенностей его водоприемной части, с учетом гидрогеологических условий объектов строительства и удельных объемов потребных материалов определены требуемая протяженность дренажных труб и объемы защитно-фильтрующих материалов. Для осуществления строительства закрытого горизонтального дренажа необходимо иметь в наличии дреноукладочные механизмы в количестве 44 шт. на конец текущей пятилетки с доведением их к 1996 г. до 75 шт., в том числе соответственно узкотраншейных 27–48 и бестраншейных 17-27 шт.

Для устройства водоприемной части закрытого горизонтального дренажа потребуется: керамических труб 6000 км и гофрированных пластмассовых - 60410 ; гравийно-песчаной смеси кондиционного состава - 4,7 млн.м^3 и некондиционного 2,65 ; рулонных искусственных материалов - 1,9 млн.м^2.

Р.К.Икрамов, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПРИНЦИПЫ НОРМИРОВАНИЯ ВОДООТВЕДЕНИЯ С ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Усиленное освоение земель в регионе привело к полному использованию стоков Сырдарьи и Амударьи и росту объемов водоотведения с орошаемых площадей. Из возвратного стока около половины сбрасывается в реки.

Нормирование водоотведения - не только одно из средств эффективного использования водно-земельных ресурсов и капитальных вложений в водохозяйственные объекты, это еще и важное природоохранное мероприятие [1].

Норма водоотведения -установленное количество воды, которое необходимо отводить с помощью инженерных сооружений за определенный период с единицы мелиорируемой площади при соблюдении других элементов мелиоративного режима (режимов орошения и промывок, глубины и минерализации грунтовых вод, качества воды) [3].

Нормативы водоотведения - установленные поэлементные составляющие водоотведения, представляющие все виды подземных и поверхностных вод, поступающих в коллекторно-дренажную сеть и неизбежных при определенном техническом уровне функционирования мелиоративной системы.

Для проектируемых мелиоративных объектов норма водоотведения должна рассчитываться в составе проекта, на практике же при проектировании зачастую устанавливаются лишь нагрузка на дренаж и его мощность, а не водоотведение, что не одно и то же.

Проектные характеристики водоотведения при эксплуатации гидромелиоративных систем в большинстве случаев нельзя использовать в качестве нормативных (или эталонных) по следующим причинам: возможное расхождение фактических значений от расчетных величин, принятых в проекте (гидрогеологические параметры, литологическое строение, эксплуатационные характеристики дренажа, качество поливной воды и другие); изменение площадей и структуры посевов сельскохозяйственных культур; изменение метеорологических условий; непрекращающаяся реконструкция оросительной системы.

Поэтому для управления функционированием существующих гидромелиоративных систем исключительно важное значение имеет разработка текущих нормативов водоотведения на основе современных материалов натурных наблюдений и прогнозных расчетов.

Современные природно-хозяйственные условия Средней Азии характеризуются следующими особенностями:

распространением засоленных и склонных к засолению земель с близкими к поверхности грунтовыми водами различной минерализации, снижением их плодородия;

нарушенной структурой посевных площадей, где основной сельскохозяйственной культурой является хлопчатник и в меньших размерах - люцерна, кукуруза и рис;

увеличением численности населения и, как следствие, потребностей в продуктах питания, обязанностями региона перед страной в производстве различных видов сельхозпродукции по госзаказам [2];

ростом дефицита оросительной воды, установлением лимитов на ее использование в вегетационный и невегетационный периоды;

использованием минерализованных дренажно-сбросных вод на орошение и промывки в больших объемах;

повышением минерализации речной воды и ухудшением ее качества, что привело к острому дефициту чистой пресной воды;

ухудшением экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки, изменением климата.

Мелиоративной особенностью региона является ведущая роль водно-солевого режима в формировании питательного и микробиологического режимов почв, т.е.ее плодородия.

Мелиоративное состояние орошаемых земель, качество воды в водоприемниках и источниках орошения тесно взаимосвязаны с реализуемым комплексом мелиоративных мероприятий, а также с работоспособностью мелиоративной системы.

Указанные условия обусловливают следующие цели нормирования водоотведения:

создание совместно с другими составляющими мелиоративного и агротехнического комплекса оптимального мелиоративного режима почв, позволяющего получить заданный урожай сельскохозяйственных культур при наименьших приведенных затратах (отсюда нормирование водоотведения должно выполняться одновременно с нормированием водопотребления);

обеспечение по возможности минимального объема водоотведения за пределы мелиорируемой территории и более полного использования внутри ее имеющихся водных ресурсов без ущерба мелиоративному состоянию. Этот принцип нормирования является важнейшим природоохранным мероприятием, а также позволяет оценить ресурсы и качество отведенных вод, пригодных для повторного использования на поливы ;

сокращение непроизводительных сбросов и потерь оросительной воды.

Для использования мелиоративными эксплуатационными службами нормативов водоотведения последние должны быть определены для территории, где по материалам наблюдений за мелиоративным состоянием и комплексом мелиоративных мероприятий можно составлять, анализировать и контролировать водно-солевые балансы и мелиоративные процессы. При современной структуре организации эксплуатационных служб контроль за нормами водоотведения можно выполнять в основном по административным районам.

В зависимости от целей нормирования водоотведения состав показателей будет разный. Так, для контроля и оценки удовлетворения оптимальному мелиоративному режиму на конкретной территории необходимо использовать следующие нормативные показатели:

$[П_{во}]\omega$; $[D]\omega$; $[\mu_{во}]$; $[H]_{вет}$; $[B]_{вет}$; $[B]_{н.в.}$; $[K_{в.о}]$.

Здесь $П_{во}$ - удельное количество воды, отводимое с единицы мелиорируемой территории за расчетный период, $м^3$/га/3/;

$\mu_{во}$ - минерализация водоотведения (дренажно-сбросных вод), г/л ;

D - отвод грунтовых и подземных вод в составе водоотведения, $м^3$/га ;

$H_{вег}$ - средневзвешенная глубина грунтовых вод за вегетационный период, м;

$B_{вег}$ - водозабор в вегетационный период, м^3/га;

$B_{н.в.}$ - то же, в невегетационный период;

$K_{во}$ - коэффициент водоотведения;

ω - мелиорируемая площадь, га

$$K_{во} = \frac{П_{во}}{B_г},$$

где $B_г$ - водозабор за год, м^3/га.

На территориях, где на орошение используются минерализованные дренажно-сбросные воды, дополнительно следует использовать показатели

$$[П_{во}]_t;\ [B_{кос}]_{ti};\ [B_{в/д}]_{ti} -$$

соответственно, норма водоотведения, водоподача из коллекторно-дренажной сети и скважин вертикального дренажа в определенный период вегетации.

Для контроля за рациональным использованием воды и сокращением непроизводительных сбросов, а также потерь из оросительных систем используются следующие нормативы водоотведения:

$$[C],\ [C_э],\ [C_п],\ [D],$$

где C - суммарные сбросы оросительной воды;

$C_э$ - организационные потери из внутрихозяйственной и межхозяйственной оросительной сети, обусловленные асинхронностью подачи воды в хозяйства и использованием ее на полях, а также технические утечки;

$C_п$ - сбросы оросительной воды с полей, обусловленные КПД техники полива.

Расчленение водоотведения на составляющие его сбросные и дренажные воды можно выполнить, используя гидрохимический метод, метод Б.И.Куделина, а также эмпирические соотношения районированных величин сбросов Н.Т.Лактаева [4, 5, 6].

Исследование гидромелиоративных систем и водоотведения как одного из элементов ее функционирования должно выполняться комплексно и многоаспектно (с позиций удовлетворения требованиям сельскохозяйственных культур, обеспечения благоприятного мелиоративного состояния земель, предотвращения загрязнения водоприемников, экономических соображений).

Наиболее точные нормативы водоотведения могут быть установлены на основе исследований на опорных объектах водонормирования

(ОВН) или эталонных водобалансовых станциях (ЭВБС) [I, IO]. Однако эти целевые, дорогостоящие и многолетние исследования только разворачиваются.

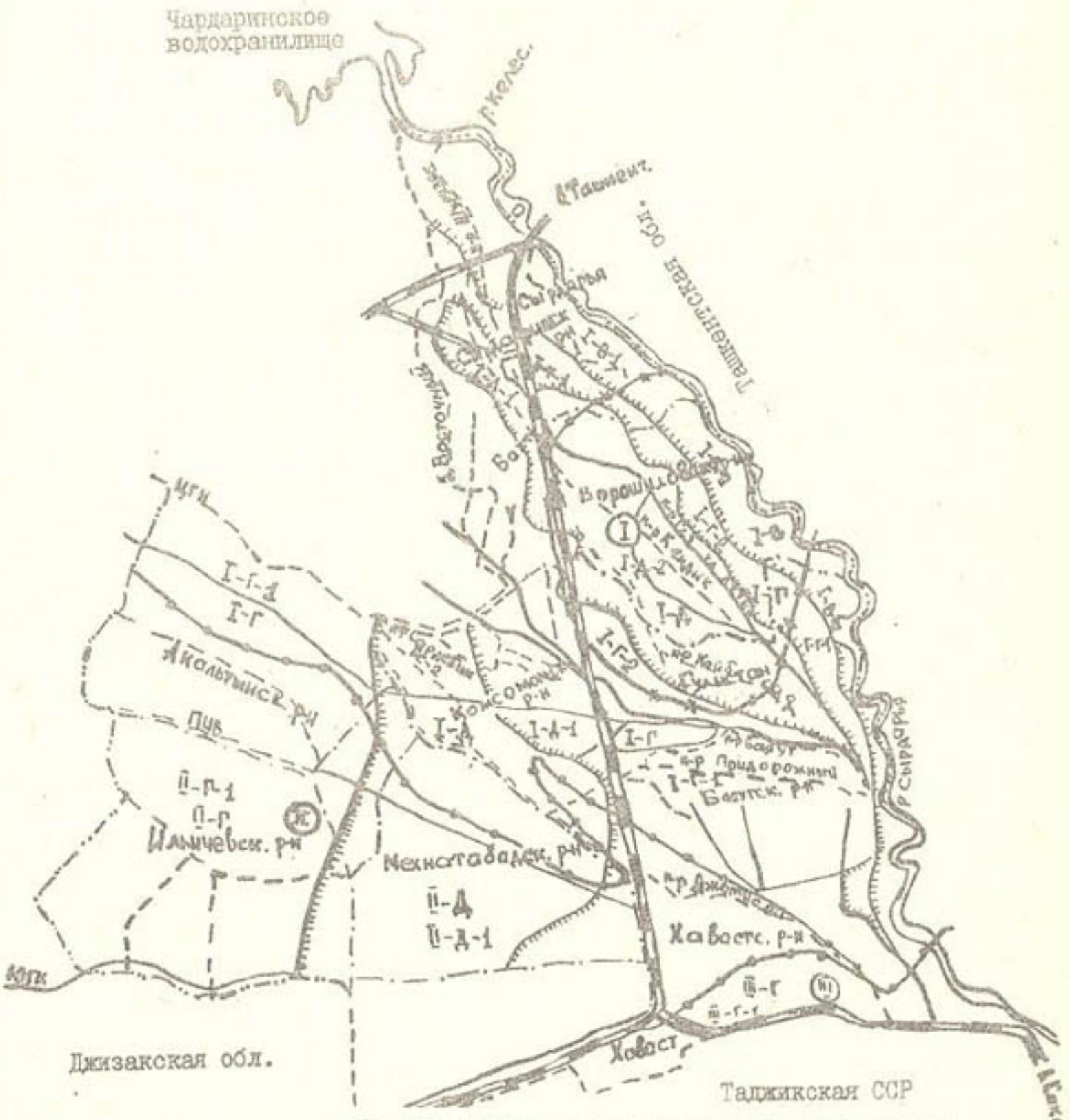
На современном начальном этапе в качестве эталона для ориентировочных анализов и обоснования нормативов водоотведения могут быть использованы результаты многочисленных исследований, выполненных и выполняемых САНИИРИ, СоюзНИХИ, Гидроингео, институтом почвоведения АН УзССР и др. Кроме того, могут использоваться действующие нормативы по режиму орошения сельскохозяйственных культур (текущие нормы водопотребления).

Эти эталонные данные в совокупности со статистическими материалами сельскохозяйственных организаций, наблюдениями управлений водного хозяйства и гидрогеолого-мелиоративных экспедиций на современном этапе являются основой для нормирования водоотведения на больших территориях.

Предлагается следующая технология работ для нормирования водоотведения.

Выполняется природно-мелиоративное районирование рассматриваемой мелиорируемой территории. Для этого используются современные методики и картографические материалы агроклиматического и гидрогеолого-,почвенно-мелиоративного районирования, районирования по технике и технологии полива, инженерно-мелиоративного районирования, а также по использованию дренажно-сбросных вод на поливы. В основе природного районирования - геоморфологические типы рельефа,представленные как области (I, II, Ш, IУ),внутри которых выделяются мелиоративные районы по признаку разной сложности мелиораций в зависимости от геофильтрационного строения (А, Б, В, Г) [7, 8]. Подрайоны выделяются исходя из количественных размеров притока-оттока подземных вод [I, 2, 3]. Мелиоративные участки разделяются по водопроницаемости почвогрунтов зоны аэрации (пять категорий). Последней таксономической единицей принят подучасток, количественно характеризуемый минерализацией грунтовых вод, КПД оросительной сети, КЗИ. На рисунке в качестве примера показано районирование Сырдарьинской области в старых границах, которое может быть использовано в дальнейшем и для расчета перспективных нормативов водоотведения.

В выделенных мелиоративных районах и на участках по материалам эксплуатационных организаций исследуется динамика показателей мелиоративного состояния за последние 3 года. Изучается также



Схематическая карта природно-мелиоративного районирования Сырдарьинской обл. для нормирования водоотведения (Р.К.Икрамов, Н.Р.Рахимов):

- -границы административных областей;
- -границы административных районов;
- -железные дороги;
- -оросительная сеть;
- -коллекторно-дренажная сеть;
- -реки и озера;
- -границы геоморфологических обл.;
- -границы районов;
- -границы подрайонов.

комплекс реализуемых мелиоративных мероприятий и технические показатели функционирования гидромелиоративной системы. Составляются водные и солевые балансы. Указанные совокупности представляют комплексную модель функционирования гидромелиоративных систем. Добиваются, чтобы модель правильно отражала реальный мелиоративный процесс на рассматриваемой территории (т.е. выполняется адаптация модели). Это позволяет вскрыть причинно-следственные связи мелиоративного состояния земель с параметрами функционирования гидромелиоративной системы и принять решения по его улучшению.

В результате прогнозных расчетов с использованием текущих норм и нормативов водопотребления определяются допустимые глубины грунтовых вод в период вегетации, нормативные величины и коэффициенты водоотведения.

При расчетах нормативов водоотведения на гидромелиоративных системах с вертикальным дренажем следует учитывать возможность маневрирования режимов откачек [4].

Основным методом расчета при нормировании водоотведения должен быть балансовый метод, позволяющий выразить совместный (кооперативный) эффект всех управляемых и неуправляемых факторов. В расчетах необходимо учитывать изменчивость водного баланса орошаемых земель, а также то, что обеспеченность результирующего элемента водного баланса - водоотведения - не равна сумме обеспеченности составляющих [9].

Ниже приведены нормативные показатели водоотведения, установленные для Ворошиловского района Сырдарьинской области (КПД = 0,73; коэффициент орошения, равный отношению площади "нетто" к валовой, - 0,95 ; почвогрунты зоны аэрации в большей части среднесуглинистые ; средневзвешенная за вегетацию минерализация грунтовых вод - 3,2 г/л).

Нормативные показатели водоотведения

Период	$[B]$	$[h_{с.в}]$	$[П_{во}]$	$[K_{во}]=П_{во}/B$
За вегетацию	5470	2,10	3550	0,65
За год	8540		5100	0,60

Здесь $[B]$ - водозабор в районе, отнесенный к валовой площади, $м^3/га$;

$[h_{св.}]$- средневегетационная глубина грунтовых вод, м.

В современной ситуации можно предложить следующие основные пути сокращения водоотведения:

реконструкция гидромелиоративных систем с применением совершенных типов дренажа, техники и технологии полива;

оптимизация мелиоративных режимов орошаемых земель с учетом экологических требований;

использование дренажно-сбросных вод внутри контура орошаемых земель;

введение платного водопользования;

введение платы за загрязнение водоприемников в результате водоотведения;

уточнение норм водопотребления и установление норм водоотведения;

совершенствование мелиоративного кадастра и службы надзора и управления за мелиоративной, водохозяйственной и экономической обстановкой, мелиоративного кадастра, введение экологического мониторинга, внедрение АИСС;

изменение структуры посевов и их размещения на орошаемых землях, снижение количества более водоемких сельскохозяйственных культур.

С позиции создания экологически безотходных технологий важное значение имеет разработка экономичных технических средств по очистке и опреснению отведенных вод.

В принципе, с введением платы за воду и за загрязнение водоприемников в результате водоотведения, а также с изменением закупочных цен на сельскохозяйственную продукцию представляется возможным рассмотреть вопрос уменьшения суммарного водоотведения путем сокращения части мелиоративно-неблагополучных орошаемых площадей в бассейне Аральского моря.

Список использованной литературы

I. Штаковский А.В. Разработка и неэтапное внедрение единичной системы нормирования водопользования в орошаемом земледелии.- Киев, 1989-1990.

2. Духовный В.А. Водное хозяйство и мелиорация земель в долговременной перспективе развития Средней Азии: проблемы, пути, решения//Мелиорация земель низовьев рек Аральского региона.- Ташкент: САНИИРИ, 1988. - с.3-9.

3. Методические указания по созданию системы норм водопотребности и водоотведения в орошаемом земледелии. - Минск, ЦНИИКИВР, 1984. - 129 с.

4. Якубов Х.И., Икрамов Р.К. Принципы расчета и корректирования режима работы вертикального дренажа в целях ускорения эффективности мелиораций // Сб.научн.тр./ Среднеаз. НИИ ирригации.- 1985. - Вып. 173. - с.19-34.
5. Лучшева А.А. Практическая гидрология. - Л.: Гидрометеоиздат, 1976. - 439 с.
6. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника - М: Колос, 1978. - 176 с.
7. Рамазанов А., Якубов Х. Поливные и влагозарядковые поливы. - Ташкент: Мехнат, 1988. - 189 с.
8. Рачинский А.А. Инженерно-мелиоративное районирование орошаемых земель Средней Азии.-Ташкент, 1969. - 40 с.
9. Усманов А.И., Насонов В.Г., Икрамов Р.К. Основные принципы расчета внутригодового распределения водно-солевого баланса при обосновании дренажа // Сб.научн.тр./ Средазгипроводхлопок.- 1978. - Вып.9. - С.135-150.
10. Духовный В.А., Хорст М.Г., Толстунов Ю.В. Об организации эталонных водобалансовых станций на новоосваиваемых массивах Средней Азии и их место в АСУ водохозяйственным комплексом // Водобалансовые исследования на мелиорируемых землях / Материалы межведомственного совещания в г.Валдае. - Л., 1981.- С.139-143.

И.А.Сорокина, канд.геол.-мин.наук,
Х.Х.Каримов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ ПРИ ПРОМЫВКЕ СИЛЬНОЗАСОЛЕННЫХ ГИПСИРОВАННЫХ ГРУНТОВ

Сероземно-луговые почвы в юго-восточной части Голодной и Джизакской степей - это сильнозасоленная и трудномелиорируемая территория. Сложность освоения таких почв заключается в большом содержании гипса (до 60 %) в корнеобитаемой толще (0-100 см), что ухудшает их водно-физические свойства (объемная масса, порозность, водопроницаемость) [4] и затрудняет вынос вредных водно-растворимых солей при капитальных и профилактических промывках. В связи с этим гипсоносные почвы даже при длительном освоении не дают должной отдачи.

В последние годы, согласно рекомендациям САНИИРИ, ВНИИГиМа, СоюзНИХИ и Средазгипроводхлопка [2, 5, 6], в хозяйствах Сырдарьинской области широкое распространение получили промывные поливы на фоне глубокого рыхления. Применение глубокого рыхления при освоении сильнозасоленных гипсированных почв заметно ускоряет процесс вымывания водно-растворимых солей из разрыхленной почвенной толщи. Проведенные нами четырехлетние исследования (совхоз "Пахтакор" Мехнатабадского района) показали, что вынос солей на фоне глубокого рыхления (рыхлитель РН-6I) в первый год промывки вдвое превысил этот показатель для нерыхленых почвогрунтов (табл.I).

Эти результаты подтверждаются данными Г.Г.Решетова и других [3], согласно которым удалось в два раза снизить расход промывной воды.

Ускорение процесса вымывания солей из разрыхленной толщи почвогрунта обусловлено в первую очередь увеличением коэффициента фильтрации. Результаты, полученные Б.И.Гафуровым [I] в совхозе им.Узакова Сырдарьинской области, показали, что при объемном рыхлении суглинистой почвы с помощью рыхлителя РГ-I,2 коэффициент фильтрации возрастает в 2,5 раза.

Вместе с тем остается открытым вопрос выбора метода рыхления, глубины рыхления и типа рыхлителя при освоении трудномелиорируемых почв, поэтому не всегда можно получить желаемые результаты, не определив заранее указанные выше показатели.

Для выбора наиболее оптимального варианта нами было выполнено моделирование фильтрационных параметров почвогрунта в зависимости от глубины, способа и направления рыхления. Решение задач проводилось методом ЭГДА на БУСЭ-70. Были исследованы гидродинамические процессы при различных вариантах параметров грунта (табл.2).

Для каждого варианта были рассмотрены следующие способы рыхления:

Естественный грунт без рыхления (контроль);
Полосовое рыхление параллельно дрене;
Полосовое рыхление перпендикулярно дрене;
Перекрестное рыхление;
Сплошное рыхление.

Таблица I

Динамика солей в период промывок на опытно-производственном участке совхоза "Пахтакор"

Варианты	Горизонт	Содержание солей, %								
		До промывки			После промывки					
		Cl'	сумма токсичных солей	$Na'+K'$	Cl'	удалено от исходного, %	сумма токсичных солей	удалено от исходного, %	$Na'+K'$	удалено от исходного, %
Без рыхления	0-50	0,I37	0,673	0,27I	0,I07	2I,89	0,67	0,4	0,22I	I8,45
		0,064	0,54	0,I0I	0,052	I8,75	0,5	7,4	0,0807	I3,86
	0-I00	0,I46	0,685	0,279	0,097	33,56	0,684	0,I	0,23	I7,56
		0,068	0,58	0,098	0,057	I6,I7	0,52	I0,34	0,082	I6,32
	0-I50	0,I49	0,67I	0,278	0,III	25,50	0,670	0,I	0,24	I3,67
		0,07	0,58	0,097	0,063	I0,00	0,55	5,2	0,083	I4,43
С рыхлением	0-50	0,I39	0,689	0,264	0,072	48,20	0,68	I3,06	0,I56	40,90
		0,039	0,435	0,064	0,037	5,I	0,39	I0,3	0,055	I4,06
	0-I00	0,I5I	0,697	0,274	0,074	47,68	0,668	4,I6	0,I54	43,79
		0,04I	0,48	0,074	0,039	4,87	0,42	I2,5	0,06	I8,9I
	0-I50	0,I47	0,665	0,276	0,083	43,53	0,649	2,40	0,I45	47,46
		0,0425	0,496	0,08	0,04I	3,53	0,464	6,4	0,06	25,00

Примечание. В числителе - I985 г., в знаменателе - I988 г.

Таблица 2

Схема моделирования фильтрационных параметров

Вариант	Литологическое строение	Толща, м	Коэффициент фильтрации Кф, м/сут
I	Горизонт А): средний суглинок	0,4	0,I8
	Горизонт В): средний суглинок + 20 % гипса	0,6	0,065
	Горизонт С): средний суглинок	I9	0,I8
			μ = 0,08
2	Горизонт А): тяжелый суглинок	0,4	0,065
	Горизонт В): суглинок + I0 % гипса	0,6	0,026
	Горизонт С): тяжелый суглинок	I9	0,065
			μ = 0,05

Примечание. Водоупор находился на глубине 20 м.

Все расчеты выполнены для объемного рыхлителя РГ-I.2. Габариты рыхлителя: ширина захвата по верху и по низу - 2,3 и 0,4 м; глубина рыхления - I,2 м.

На рис.I и 2 приведены схемы полосового и перекрестного рыхления. Величина разрыхленности грунта зависит от расстояния между полосами, которое образуется при проходах рыхлителя. Для полного (I00 %) разрыхления грунта требуется наложение полос в 2 м. При полосовом рыхлении, когда расстояние между полосами равно нулю, коэффициент рыхления составляет 59, а при перекрестном - 79 % (рис.3).

Расчет осредненных параметров по видам рыхления выполняли по расчетным зависимостям, приведенным в табл.3.

Результаты расчетов удельных расходов дрены для различных схем рыхления приведены в табл.4.

Величина дренажного стока при рыхлении увеличилась и достигла максимума в варианте со сплошным рыхлением.

На рис.4-7 приведены гидродинамические сетки движения воды. Наилучшие условия промывки создаются при сплошном рыхлении с захватом гипсового прослоя (рис.7). Сопоставление сеток движения воды показывает,что в контрольном варианте при отсутствии рыхле-

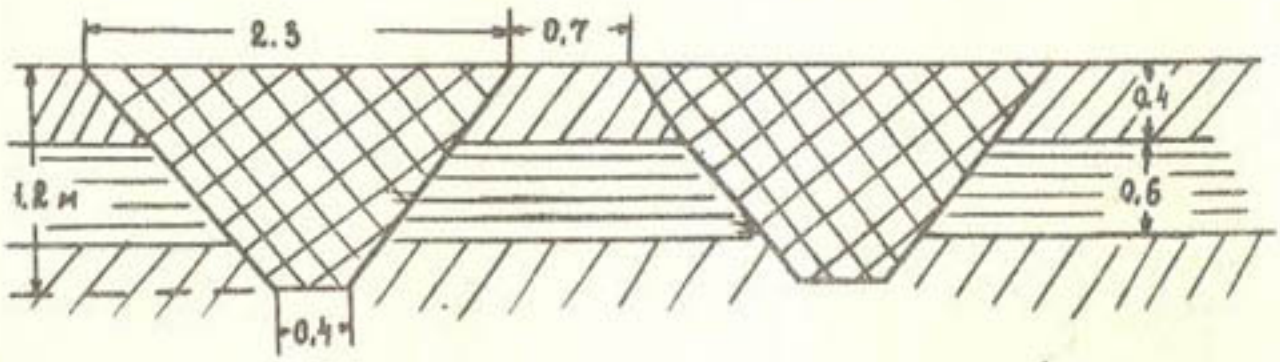


Рис.I. Параметры полосового рыхления параллельно дрене.

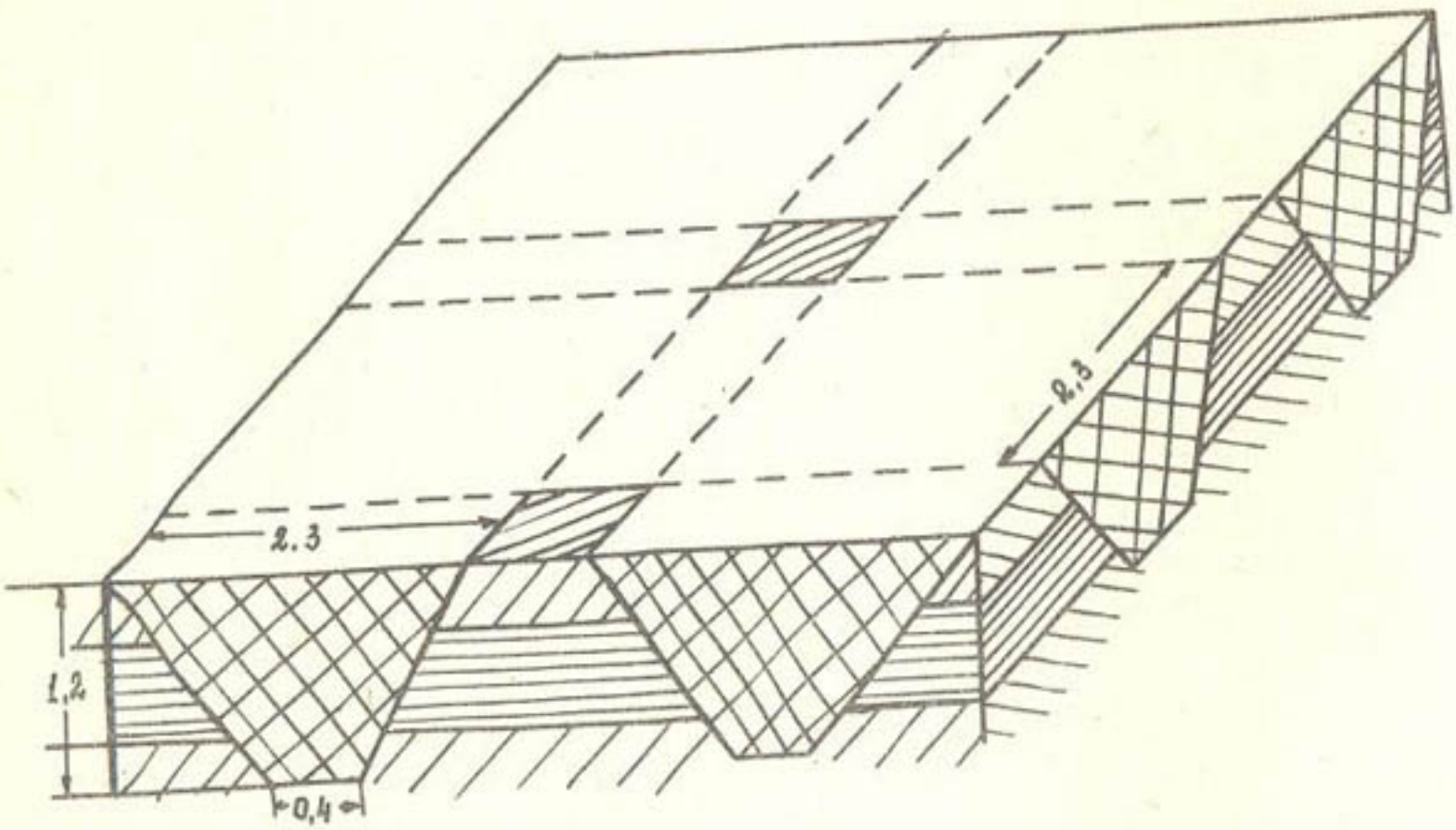


Рис.2. Параметры перекрестного рыхления.

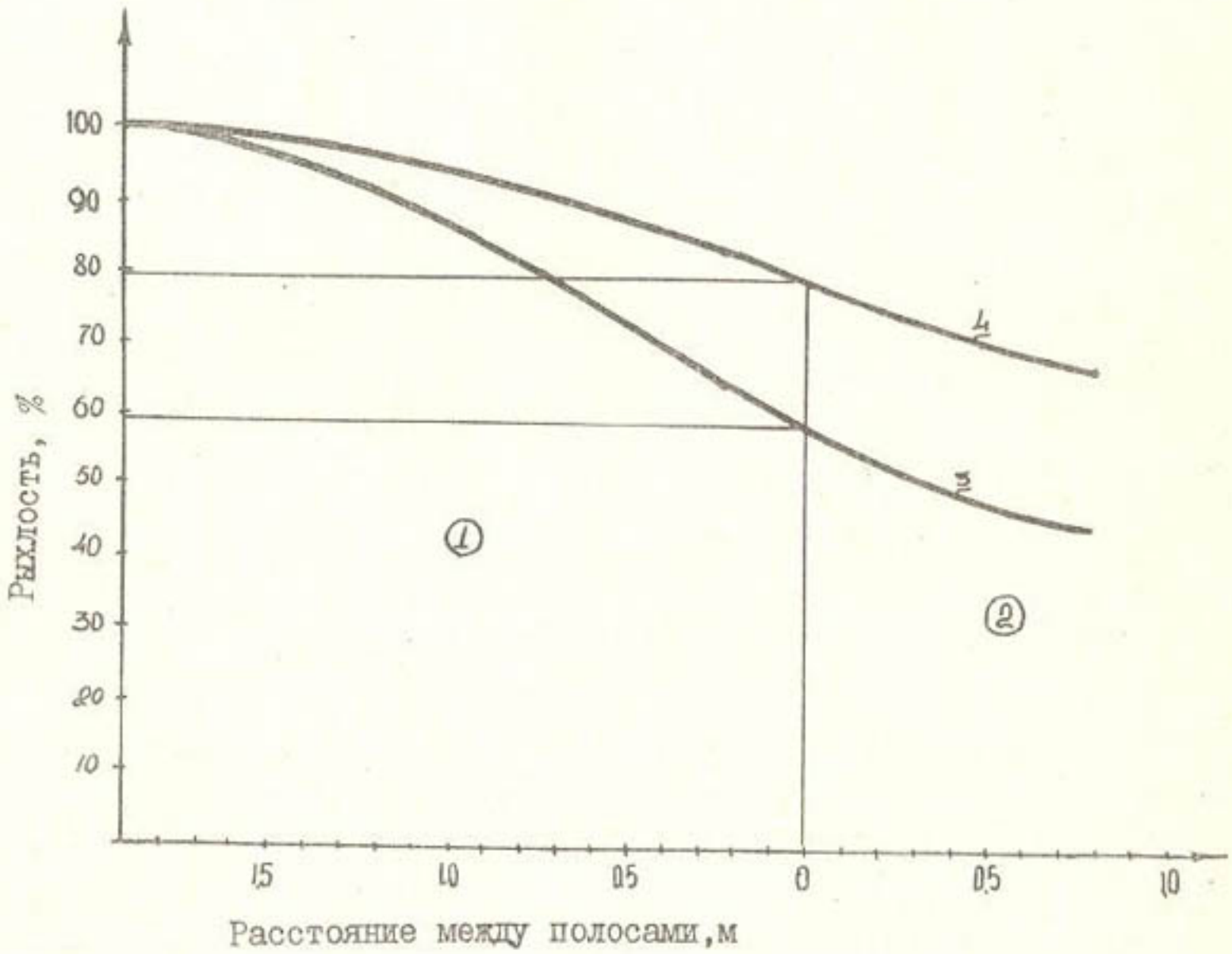


Рис.3. Зависимость коэффициента рыхления от расстояния между полосами:

I - рыхление с наложением полос;

2 - рыхление без наложения полос;

3 - кривая полосового рыхления;

4 - кривая перекрестного рыхления.

Таблица 3

Зависимости к расчету осредненных параметров

Рыхление	Скорость вертикальной фильтрации, м/сут	Действительная скорость вертикальной фильтрации, м/сут	Коэффициент неравномерной фильтрации по междренью	Коэффициент вертикальной фильтрации, м/сут	Средний коэффициент фильтрации, м/сут	Средний градиент фильтрации, м	Расход на I км дрены
Полосовое	$v_x = K^в y_x$	$u_x = \mu v_x$	$\alpha = \frac{v_x}{v_м}$ или $\alpha_1 = \frac{u_x}{u_м}$	$K_x^в = \frac{m}{\frac{m_1}{K_1} + \frac{m_2}{K_2}}$	$K_{ср} = \frac{K_р S_р + K_ц S_ц}{S_р + S_ц}$	$J_{ср}^x = \frac{J_р^x \cdot 0.675 + J_ц^x \cdot 0.825}{1,5}$	$Q_{др} = \frac{Q_р \cdot 0.675 + Q_ц \cdot 0.825}{1,5} \times 1000$
Перекрестное					$K_{ср} = \frac{K_р V_р + K_ц V_ц}{V_р + V_ц}$	$J_{ср}^x = \frac{J_р^x \cdot 7.53 + J_ц^x \cdot 3.27}{10,80}$	$Q_{др} = \frac{Q_р \cdot 7,53 + Q_ц \cdot 3,27}{10,80} \times 1000$

где m ; m_1 ; m_2 – мощность литологических горизонтов, м ;

$K_р$; $K_ц$ – коэффициент фильтрации рыхленого и нерыхленого грунта ;

$S_р$; $S_ц$ – площадь сечения рыхленого и нерыхленого грунта ;

$V_р$; $V_ц$ – объемы рыхленого и нерыхленого грунта.

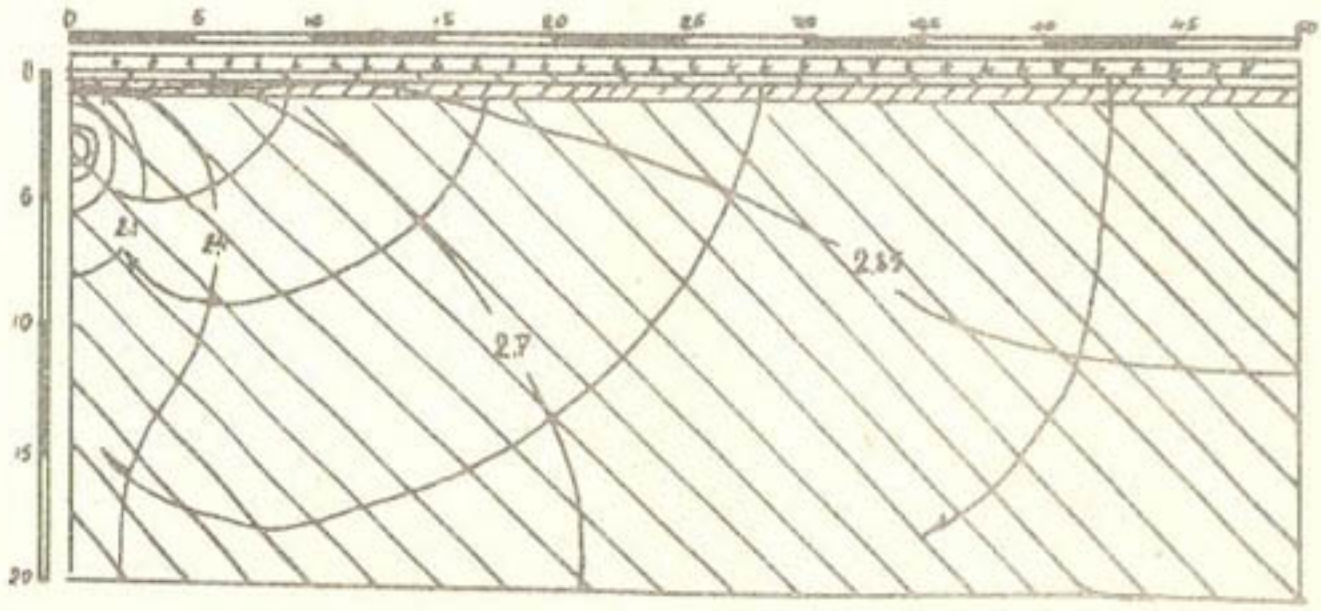


Рис.4. Сетка движения без рыхления.

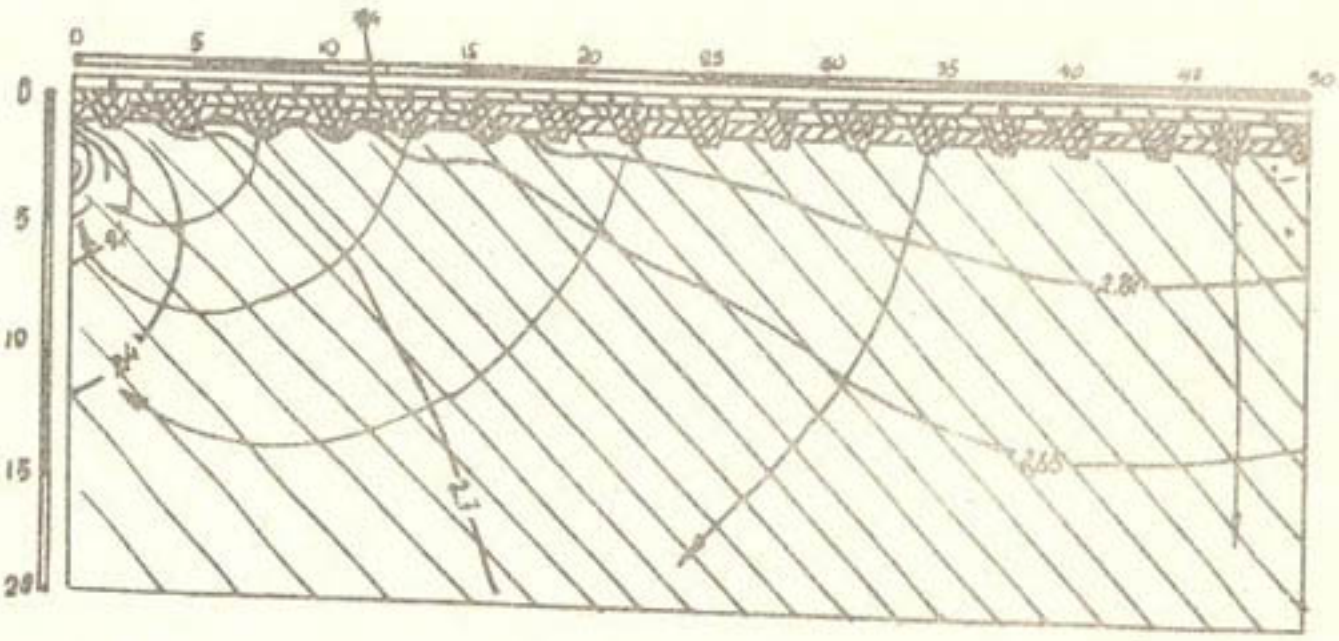
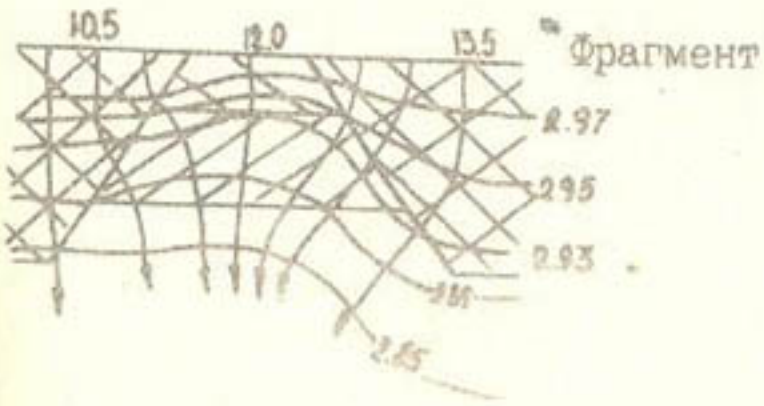


Рис.5. Сетка движения при полосовом рыхлении параллельно дрене.



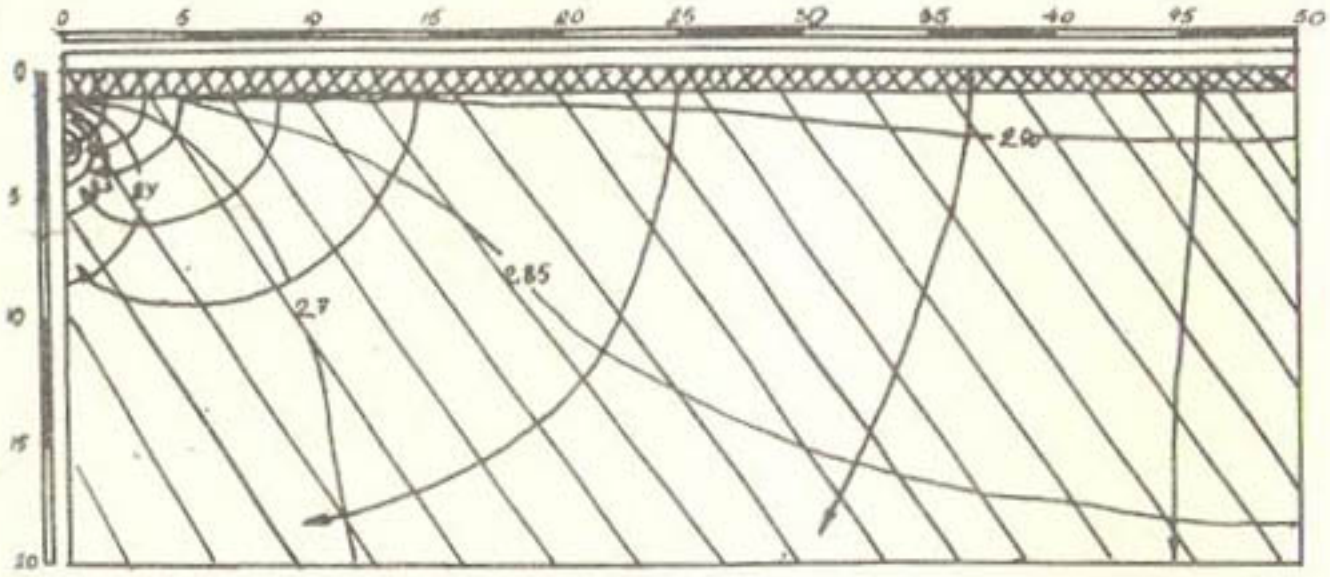


Рис.6. Сетка движения при сплошном рыхлении на глубину I,2 м.

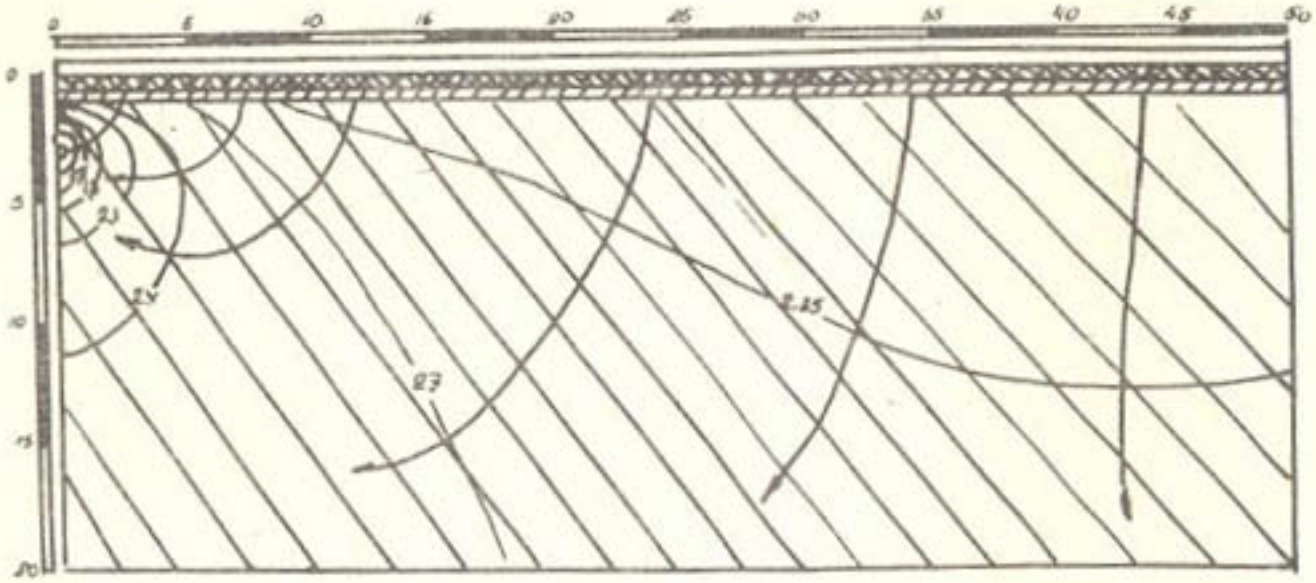


Рис.7. Сетка движения при сплошном рыхлении на глубину 0,6 м:

- основной пласт $К_ф$= 0,065 м/сут;
- гипсоносный пласт 0,6 м $К_ф$= 0,026 м/сут;
- рыхленый грунт $К_ф$= 0,I75 м/сут.

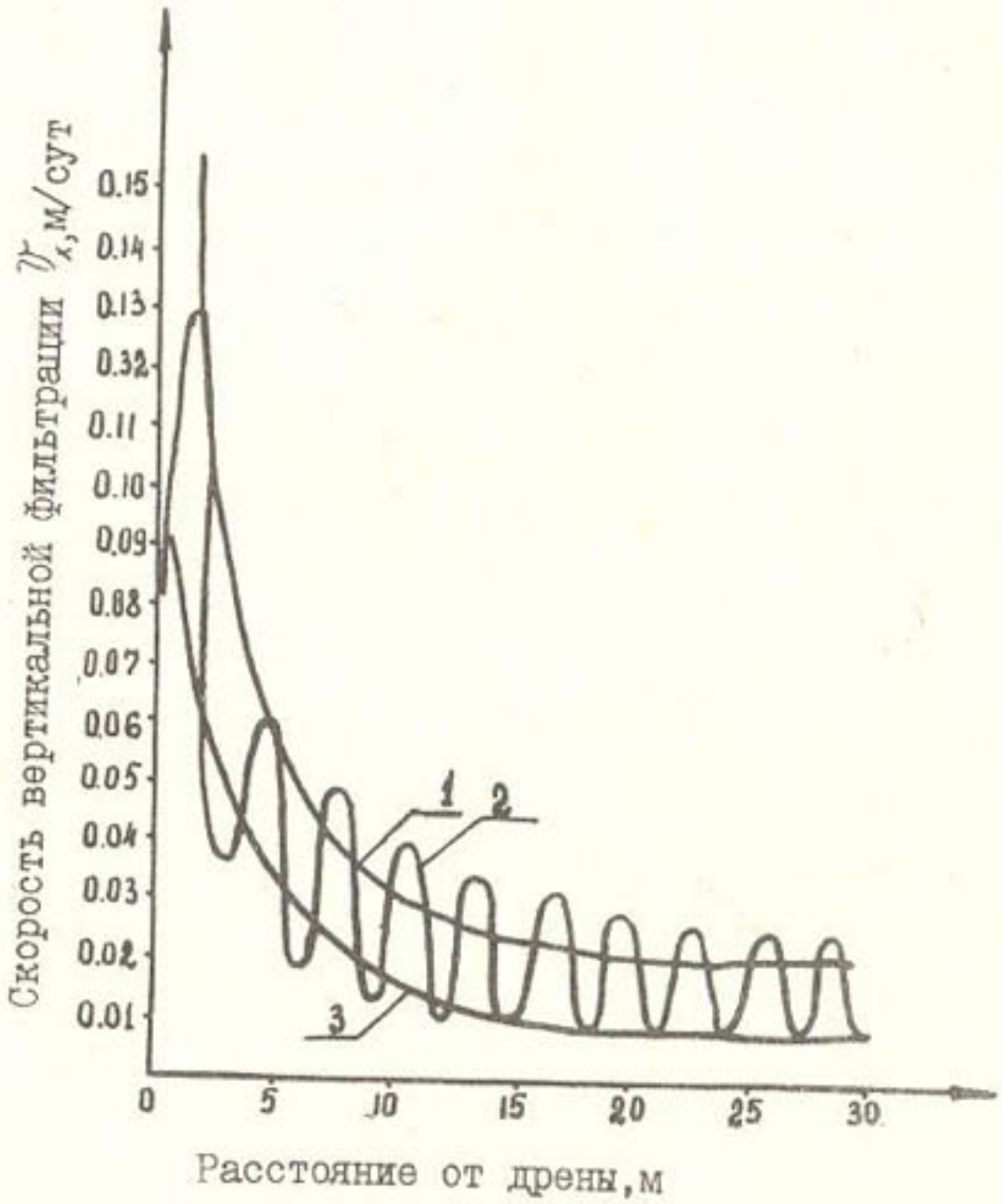


Рис.8. Зависимость скорости вертикальной фильтрации от расстояния от дрены:

I - для сплошного рыхления;
2 - для полосового рыхления;
3 - для нерыхленого грунта.

Таблица 4

Расходы дрены

Варианты расчета	Расход дрены, л/с на I км	
	для I-го литологического строения	для II-го литологического строения
Нерыхленый грунт	II,6	4,47
Полосовое рыхление параллельно дрене	I2,4	4,77
Полосовое рыхление перпендикулярно дрене	I2,45	4,78
Перекрестное рыхление	I2,92	4,94
Сплошное рыхление	I3,5	5,I5

ния и при рыхлении без полного захвата гипсового прослоя гипсовый горизонт или его неразрыхленная часть выполняют роль слабопроницаемого экрана для движения промывных вод (рис.4 и 7).

На рис.5 приведена характерная картина движения промывных вод для полосового и перекрестного рыхления, которая объясняется фрагментом, приведенным ниже. Четко наблюдается обтекание той части гипсового слоя, которая не была охвачена рыхлением. При этом возникает определенная неравномерность в распределении скоростей вертикальной фильтрации между разрыхленным грунтом и целиком.

Рис.8 иллюстрирует зависимость между скоростью вертикальной фильтрации и расстоянием от дрены для различных схем рыхления. Если для нерыхленого грунта и варианта со сплошным рыхлением конфигурация кривых идентична (максимальная величина $K_ф$ уменьшается с удалением от дрены и достигает своего минимума в середине междренья), то значения $K_ф$ в варианте с полосовым рыхлением колеблются в любой точке междренья (максимальные величины приходятся на рыхленую часть, а минимальные на целик).

Выводы

I. Данные полевых опытов и анализ модельных исследований показывают, что применение глубокого рыхления при освоении сильнозасоленных трудномелиорируемых почв ускоряет вымывание токсичных водно-растворимых солей. Глубина рыхления должна полностью захватывать гипсовый горизонт.

2. При полосовом и перекрестном рыхлении в зависимости от ширины между полосами значительная часть почвогрунта остается непромытой. В связи с этим положение полос рыхления на орошаемом участке необходимо сдвигать на 0,5-0,7 м. Через 3 года возможно полное дробление гипсового горизонта. При перекрестном рыхлении этот эффект при такой же сдвижке может быть достигнут за 2 года.

Список использованной литературы

I. Гафуров Б.М. О влиянии объемного рыхления на водопроницаемость гипсоносных сероземных почв Голодной степи//Тезисы докладов республиканской конференции "Повышение эффективности использования мелиорируемых земель Узбекистана". - Ташкент, 1988. - С.75.
2. Инструкция по технологическому процессу промывок засоленных земель и солонцов Узбекистана с применением мелиоративной обработки почв и химмелиорантов. - Ташкент, 1984.
3. Кондраков М.Х., Муксимов Р.А., Решетов Г.Г. Опыт первичного освоения сильнозасоленных почв // Мелиорация и водное хозяйство. - 1988. - № 10. - С.51-52.
4. Лунев В.Г. Некоторые особенности почв с плотными слабоводопроницаемыми прослойками// Вопросы мелиорации, орошения, севооборотов и обработки почв. - Ташкент, 1966. - С.40-56.
5. Рекомендации по технологии промывок трудномелиорируемых засоленных почв Узбекистана с применением мелиоративной обработки и химмелиорантов. - Ташкент, 1986.
6. Рекомендации по эффективной технологии промывок и освоению трудномелиорируемых почв Мехнатабадского района Сырдарьинской области УзССР. - Ташкент, 1988.

Б.М.Гафуров
Б.Г.Остроброд, канд.хим.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

О ГЛУБИНЕ И ПЕРИОДИЧНОСТИ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ САЗОВЫХ ГИПСОНОСНЫХ ПОЧВ ГОЛОДНОСТЕПСКОЙ ПОДГОРНОЙ РАВНИНЫ

Глубокое мелиоративное рыхление получает все большее развитие при освоении засоленных гипсоносных почв Голодностепской подгорной равнины Туркестанского хребта.

В последние годы в нашей стране и за рубежом накоплен значительный материал об этом эффективном приеме мелиорации. Практически все исследователи подчеркивают положительное воздействие его на почву.

В частности отмечается, что глубокое мелиоративное рыхление способствует усилению действия коллекторно-дренажной сети; предотвращению реставрации засоления и интенсификации процессов опреснения при промывках и влагозарядковых поливах; устранению уплотнений почвы, вызванных действием тяжелой мелиоративной и сельскохозяйственной техники, фильтрационных потоков, осадков и оросительной воды, а также устранению геологических уплотнений почвенного профила, в том числе плотных сцементированных прослоек, таких, как гипсированные (Голодная степь) или высококарбонатные, т.е.шоховые (Центральная Фергана); накоплению атмосферных осадков, ослаблению капиллярной миграции влаги из минерализованных грунтовых вод и снижению испарения; повышению воздухоемкости почв и созданию благоприятных условий для роста и развития корневой системы растений на мелиоративных землях; ликвидации переувлажнений в замкнутых микропонижениях при неудовлетворительной планировке полей.

При выборе земель для глубокого рыхления следует учитывать климатические особенности территории; биологические и сортовые особенности возделываемых культур, зависимость их продуктивности от водно-воздушного и солевого режимов; водно-физические свойства почв (потенциальное плодородие, мощность и насыщенность гумусового горизонта, наличие бесструктурных слабоводопроницаемых слоев, физико-химический состав, мощность и расположение их в почвенном профиле); гранулометрический состав почвообразующих и подстилающих пород; степень и тип засоления почв; наличие инженерных

мелиоративных систем на осваиваемых землях.

В пределах распространения сазовых гипсоносных почв встречаются суглинки (75-85 %) и супеси (10-15 %). Местами до глубины 5 м суглинки слагают весь почвенный разрез. Глины и пески распространены значительно реже, в основном в виде прослоев и линз, и имеют подчиненное значение.

Накопление гипса приводит к уплотнению почвы и снижению водопроницаемости, так как гипс, выкристаллизовываясь из почвенных растворов, заполняет свободное поровое пространство, сдвигает, уплотняет и цементирует почвенные частицы [2, 4].

В связи с этим водопроницаемость гипсоносных почвогрунтов намного ниже, чем у почв, свободных от гипса. В целом коэффициент фильтрации гипсоносных почв варьирует в следующих пределах (м/сут):

глины	0,006 – 0,038,
тяжелые суглинки	0,04 – 0,375,
легкие суглинки	0,08 – 0,85,
супеси и пески	0,25 – 3.

Для повышения эффективности промывок и орошения гипсоносных почв рыхление следует осуществлять на глубину, превышающую мощность гипсированного горизонта.

Исследованиями установлено, что вероятность нахождения нижней границы гипсового горизонта с содержанием более 25 % гипса от массы почвы ниже 130 см от дневной поверхности не превышает 10 %. При вероятности 80 % нижняя граница гипсовых горизонтов в почвенном профиле не опускается ниже 1 м. Нижняя граница гипсовых горизонтов, содержащих более 50 % гипса, отвечает глубине 0,9 м (вероятность 90 %). Рыхление необходимо производить, ориентируясь на приведенные показатели. Лучше всего подходят объемные рыхлители РГ-1,2 конструкции ВНИИГиМ, обеспечивающие глубину рыхления 1,2 м.

В последнее время много споров вызывает вопрос о частоте проведения глубокого рыхления. В большинстве нормативных документов рекомендуется проводить глубокое рыхление каждые 3-4 года. Однако при этом не учитываются последействие этого мероприятия и длительность оказываемого им эффекта.

В условиях сазовых гипсоносных почв, представленных сложными и слоистыми почвенными структурами, ожидается довольно быстрое и практически полное восстановление их исходных неблагоприятных водно-физических свойств.

Для уточнения характера последействия глубокого рыхления были проведены многолетние исследования по реставрации исходных свойств глубокоразрыхленных гипсоносных почв в совхозах "Пахтакор" и им.Узакова в юго-восточной части Голодной степи.

В основу интерпретации результатов этих исследований были положены следующие аналитические зависимости.

Изучение характера реставрации исходных свойств глубокоразрыхленных гипсоносных почв позволило сделать вывод, что изменение коэффициента фильтрации во времени описывается дифференциальным уравнением

$$\frac{dK}{dt} = -BK , \qquad (I)$$

где K - коэффициент фильтрации, м/сут ;

t - время от момента проведения рыхления, год ;

B - коэффициент, приводящий в соответствие размерности правой и левой частей уравнения.

Разделив переменные и проинтегрировав, получим

$$\frac{dK}{K} = -Bdt \quad и \quad \ln K = -Bt + C . \qquad (2)$$

Определим величину С из начальных условий, отвечающих моменту проведения рыхления:

при $t = 0$ и $K = K_{max}$ имеем $C = \ln K_{max}$. Отсюда после соответствующих преобразований получим

$$\ln K = \ln K_{max} - Bt . \qquad (3)$$

Определим величину В из условия наступления момента времени, при котором возникает необходимость в повторном рыхлении ($t - t_n$). Этому моменту будет соответствовать изменение коэффициента фильтрации до заранее обусловленной (нормированной) величины, которая будет удовлетворять требованиям мелиоративного освоения ($K_ф = K_н$).

Имеем $\ln K_н = \ln K_{max} - Bt_n$, откуда $B = \dfrac{\ln K_{max} - \ln K_н}{t_n}$.

После подстановки в (3) получим

$$\ln K = \ln K_{max} + \frac{\ln K_н - \ln K_{max}}{t_n} \cdot t . \qquad (4)$$

Обозначив $\ln \frac{K}{K_{max}} = \ln \bar{K}$, $\ln \frac{K_н}{K_{max}} = \ln \bar{K}_н$ и $\frac{t}{t_п} = \bar{t}$,

получим уравнение (4) в параметрической форме

$$\bar{t} = \frac{\ln \bar{K}}{\ln \bar{K}_н} . \qquad (5)$$

Для практического использования уравнение (4) преобразуем, после чего оно примет вид

$$K = K_{max} \cdot exp\left(\frac{\ln K_н - \ln K_{max}}{t_п} \cdot t \right). \qquad (6)$$

Уравнение (6) равносильно уравнению

$$K = b_0 \, exp\,(b_1 \cdot t), \qquad (7)$$

где $b_0 = K_{max}$ и $b_1 = \frac{\ln K_н - \ln K_{max}}{t_п} \cdot t$.

Нахождение коэффициентов уравнения регрессии (7) рекомендуется выполнять по программе 5.93 [I] с последующей итерацией по программе IУ.2.3.2 [5] с помощью программируемых микрокалькуляторов.

Результаты исследований по динамике коэффициентов фильтрации почв с различным гранулометрическим составом после рыхления описываются экспоненциальными корреляционными зависимостями (табл. I, рисунок).

Высокие значения коэффициентов корреляции (0,68I-0,950) свидетельствуют о наличии хорошей функциональной зависимости, которой подчиняется водопроницаемость почвогрунтов в течение длительного периода времени после рыхления.

Если заранее задаться допустимыми (нормированными) значениями проницаемости почв, по достижении которых возникает потребность в повторном рыхлении, то периодичность рыхления можно определить или по формуле

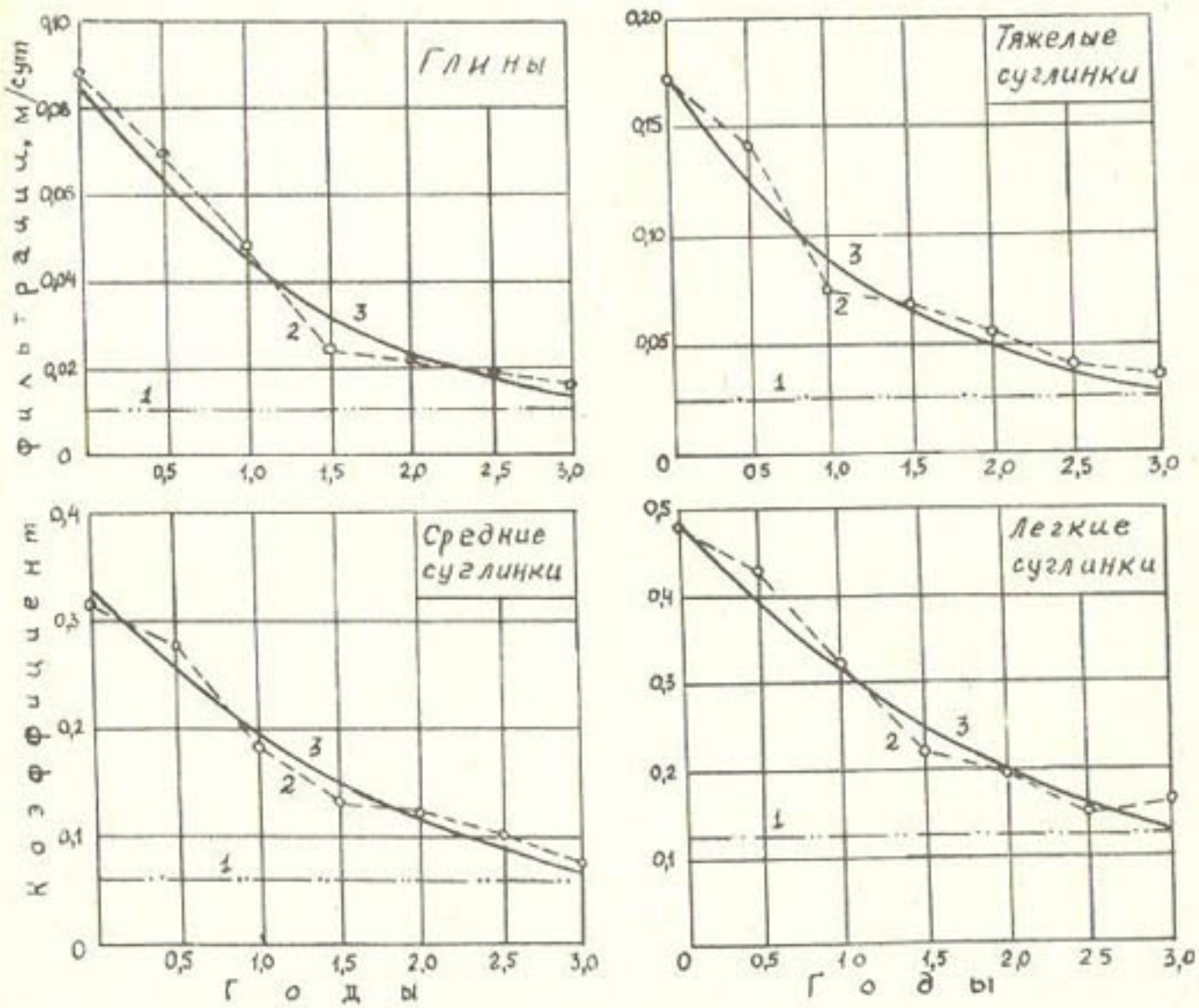
$$t_п = \frac{\ln K_н - \ln K_{max}}{b_1} , \qquad (8)$$

или по соответствующим графикам (рисунок, табл.2).

Таблица I

Кривые регрессии $K_ф = B_0 \exp(-b_1 t)$

Почвы	Содержание гипса, %	Коэффициент фильтрации до рыхления, м/сут	Коэффициенты уравнения b_0	Коэффициенты уравнения b_1	Коэффициент корреляции r	Средняя квадратическая ошибка коэффициента корреляции σ_p	Среднее квадратичное отклонение регрессии $\sigma=\sqrt{\frac{\Sigma(y_i-y_x)}{n}}$ от эмпирической
Глины	8,7	0,001	$8,835\ 10^{-2}$	$-6,614\ 10^{-1}$	-0,681	0,203	$4,826 \times 10^{-3}$
Тяжелые суглинки	14,2	0,026	$1,742\ 10^{-1}$	$-6,550\ 10^{-1}$	-0,894	0,076	$1,315 \times 10^{-2}$
Средние суглинки	24,8	0,059	$3,147\ 10^{-1}$	$-4,828\ 10^{-1}$	-0,945	0,040	$1,800 \times 10^{-2}$
Легкие суглинки	37,5	0,124	$4,922\ 10^{-1}$	$-4,448\ 10^{-1}$	-0,950	0,037	$2,135 \times 10^{-2}$



Изменение проницаемости гипсоносных почв после глубокого рыхления:

I- исходное значение $К_ф$ до рыхления;

2 - эмпирическая линия; 3 - теоретическая кривая регрессии.

Таблица 2

Периодичность рыхления сазовых гипсоносных почв, год

Почвы	Нормированная величина $К_ф$, м/сут			
	0,05	0,10	0,20	0,30
Глины	I	-	-	-
Тяжелые суглинки	2	I	-	-
Средние суглинки	-	2	I	-
Легкие суглинки	-	-	2	I

Выводы

I. Гипсоносные сазовые почвы Голодностепской подгорной равнины обладают рядом специфических неблагоприятных водно-физичес-

ких свойств, обусловливающих сложность их мелиоративного освоения.

2. Одним из перспективных мелиоративных приемов при освоении гипсоносных почв является глубокое рыхление.

3. Рыхление необходимо проводить на глубине залегания нижней границы гипсового горизонта.

4. Периодичность рыхления сазовых гипсоносных почв не должна превышать I-2 лет.

Список использованной литературы

I. Дьяконов В.П. Справочник по расчетам на микрокалькуляторах. - М.: Наука, 1985. - 224 с.
2. Минашина Н.Г. Гипсоносные почвы, особенности их освоения и анализа//Почвоведение. - 1975. - № 8.- С.3-14.
3. Молодцов В.А. Причины низкого плодородия сероземно-луговых гипсоносных почв Джизакской степи// Почвоведение. - 1982. - № 9.- С.85-96.
4. Панкова Е.И., Ямнова И.А. Формы гипсовых новообразований как фактор, определяющий мелиоративные свойства гипсоносных почв// Почвоведение. - 1987. - № 7. - С.101-109.
5. Цветков А.Н., Епанечников В.А. Прикладные программы для микро-ЭВМ. - М.: Финансы и статистика, 1984. - 175 с.

М.П.Мухтаров, канд.техн.наук
Т.И.Палванов
Б.Г.Маллаев, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА АДЫРАХ

С развитием системы капельного орошения возможности использования адырных земель, которые, как считалось, нельзя орошать, расширились. По расчетам специалистов, в Узбекской ССР к 2005 г. под капельное орошение может быть занято около 70 тыс.га земель в горно-предгорной зоне. Наиболее перспективными областями в этом плане являются Самаркандская - 19,1 тыс.га, Сурхандарьинская - 13,8, Ташкентская - 12,2, Кашкадарьинская - 11,5 тыс.га. Уклоны земель, отводимых для капельного орошения, достигают 0,3 ($tg\alpha = 16,7^0$). На этих землях можно выращивать виноградники и сады.

Система капельного орошения состоит из источника орошения; водозаборного узла; насосно-силового оборудования; напорно-очистных сооружений (фильтров); трубопроводов (магистральных, распределительных, участковых и поливных); капельниц; фитингов и арматуры; измерительных приборов контроля стока и давления воды.

Из источника орошения (скважины, открытого водотока) вода насосами подается в магистральный и распределительный трубопроводы. Последние располагаются по наивысшим отметкам (гребням) холмов. Распределительный трубопровод обслуживает 10-15 поливных участков (клеток), образующих квартал. Кварталы и поливные участки разделяются межквартальными и межклеточными дорогами шириной, соответственно, 8-10 и 6-8 м.

К распределительному трубопроводу примыкают участковые трубопроводы, в головной части которых имеются фильтры для очистки воды от твердых частиц и автономного обслуживания каждого поливного участка. Участковые трубопроводы укладываются по наибольшему уклону склона (вдоль склона). Магистральный, распределительный и участковый трубопроводы располагаются в траншее на глубине 0,7-0,8 м.

Поливные трубопроводы соединяются с участковым трубопроводом при помощи штуцеров и укладываются по нормали к нему, т.е. поперек склона, вдоль рядов растений. На поливных трубопроводах устанавливаются капельницы возле каждого куста виноградника, дерева. Поливные трубопроводы подвешиваются на нижнюю шпалерную проволоку виноградных плантаций или укладываются на поверхность земли при орошении садов. Расположение рядов виноградника поперек склона лучше отвечает агротехническим требованиям, уменьшает опасность эрозии от ливней, облегчает работу сельхозмашин и сбор плодов.

Расстояние между поливными трубопроводами, между капельницами соответствует схеме посадки сельхозкультур. Например, если на виноградной плантации принимается схема посадки 3,5x2,5, то поливные трубопроводы укладываются на расстоянии 3,5 м один от другого, а капельницы монтируются через каждые 2,5 м.

Учитывая беспорядочный характер рельефа адырных земель и разнообразие его количественных характеристик(уклонов, геометрических очертаний продольных профилей трасс трубопроводов, продольных и поперечных размеров поливных участков), следует для расчета системы капельного орошения выбирать такие характеристики,

которые в статистическом смысле обладают свойствами репрезентативности.

Репрезентативные характеристики рельефа и параметров поливных участков отвечают статистическим гипотезам о соответствии распределения указанных характеристик и параметров нормальному закону [1, 2].

На основе изучения и анализа статистических параметров поливных участков и характеристик рельефа, размеры поливных участков (клеток) рекомендуется принимать 1-2 га. Ширина клетки в зависимости от конкретных условий рельефа может составлять 50-120 м, а ее длина вдоль склона - до 400 м, если позволяет участок. Такие площади поливных участков без особых затруднений вписываются в виде прямоугольников в общий рельеф типичных адыров; система легко обозревается и контролируется. При увеличении площади участка возникают трудности в эксплуатации системы, надежность функционирования системы уменьшается.

Для магистральных трубопроводов используются стальные трубы диаметром 200-300 мм. Распределительные трубопроводы проектируются из стальных,асбестоцементных и пластмассовых труб диаметром 100-200 мм. Участковые и поливные трубопроводы прокладываются из полиэтиленовых труб диаметром, соответственно, 75 ; 63 ; 25 ; 20 ; 16 мм.

Представление о системе капельного орошения сформировалось на основе многолетнего опыта создания и эксплуатации этих систем на площади более 250 га в Зааминском районе.

Гидравлический расчет сети трубопроводов системы капельного орошения начинается с расчета поливных и участковых трубопроводов, т.е.той части сети, которая непосредственно обслуживает поливной участок и обеспечивает капельный способ орошения. Магистральные и распределительные трубопроводы рассчитываются и проектируются по существующим правилам и нормам для закрытой оросительной сети [3, 4, 5].

Задача расчета состоит в определении диаметров поливного и участкового трубопроводов, напора, обеспечивающих нормальное функционирование системы. При расчете системы капельного орошения на адырных землях необходимо ориентироваться на такие капельницы, напорно-расходные характеристики которых в некотором

диапазоне напоров, называемом рабочим, остаются неизменными. Использование этих капельниц-стабилизаторов, во-первых, упрощает задачу расчета сети и, во-вторых, обеспечивает одинаковое увлажнение почвы как в верхней, так и в нижней части склона. К таким капельницам относятся "Молдавия-4АМ", "Рейн-Берд" (КГ), "Суб-Террайн" (КП) [6]. Рабочие характеристики указанных капельниц свидетельствуют о стабилизации расхода в диапазоне изменения напоров в поливном трубопроводе от 0,I до 0,3 МПа (рис.I).

Рассчитываемый трубопровод делится по длине, начиная с конца на N равных участков (К = I, 2, 3 ...N), ограниченных створами: с низовой стороны - j -ым, с верховой - (j + I) - ым (j = 0, I, 2 ...N + I). Для участка ΔS_K вводятся обозначения: h_i - пьезометрический напор в j -ом створе трубопровода, h_{j+1} - то же, в (j + I)-ом створе, λ_K - коэффициент гидравлического сопротивления для участка ΔS_K, $d_{тр}$ - диаметр трубопровода, i_K - уклон трубопровода в пределах ΔS_K, Q_j - расход в j -ом створе, Q_{j+1} - расход в (j + I)-ом створе, q_K - расход капельницы, установленной в середине ΔS_K (рис.2,а).

По известным значениям h_j и Q_j вычисляется

$$h_{j+1} = h_j + \lambda_K \frac{16 \Delta S_K Q_K^2}{2g \pi^2 d_{тр}^5} - i \Delta S_K + \frac{16}{2g \pi^2 d_{тр}^4} (Q_j^2 - Q_{j+1}^2), \qquad (I)$$

где $$Q_K = \frac{1}{2}(Q_{j+1} + Q_j) = \frac{1}{2}(2Q_j + q_K).$$

Для участка ΔS_K коэффициент гидравлического трения находится по формуле Блазиуса [7]

$$\lambda_K = \frac{0,316}{Re^{0,25}}, \qquad (2)$$

где $$Re = \frac{d_{тр} V_K}{\nu}. \qquad (3)$$

Имея в виду, что $V_K = \frac{Q_K}{\omega_K} = \frac{4Q_K}{\pi d_{тр}^2}$ и $\nu = 0,01$

$$Re = \frac{400\, Q_K}{\pi d_{тр}}.$$

Расход оттока на участке ΔS_K:

для поливного трубопровода $$Q_{от} = q_K, \qquad (4)$$

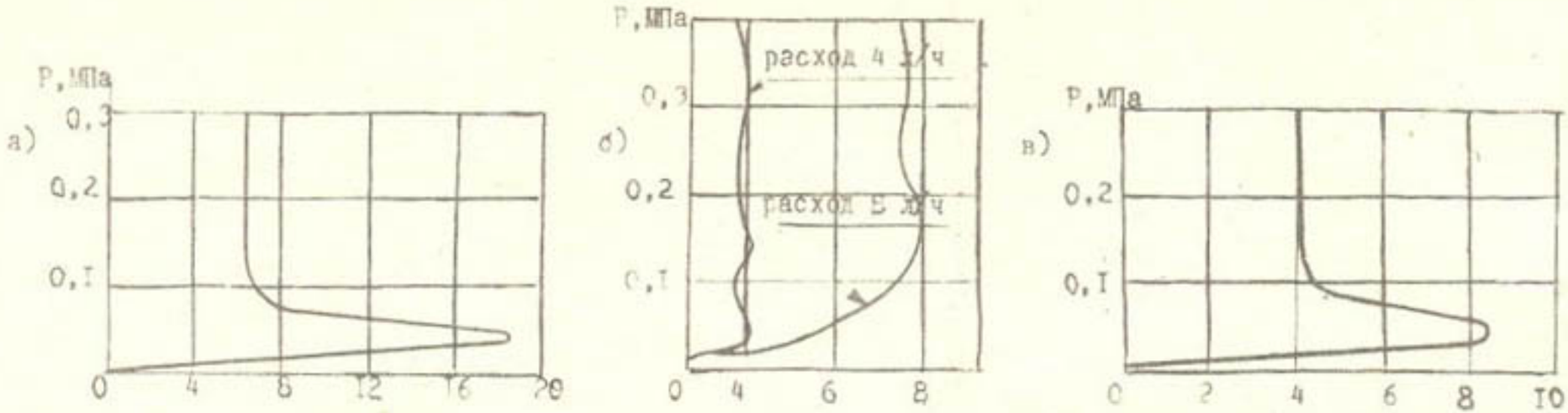


Рис.1. Напорно-расходные характеристики капельниц:
а) Молдавия 4АМ; б) Рейн-Берд (КП); в) Суб-Террайн (КП).

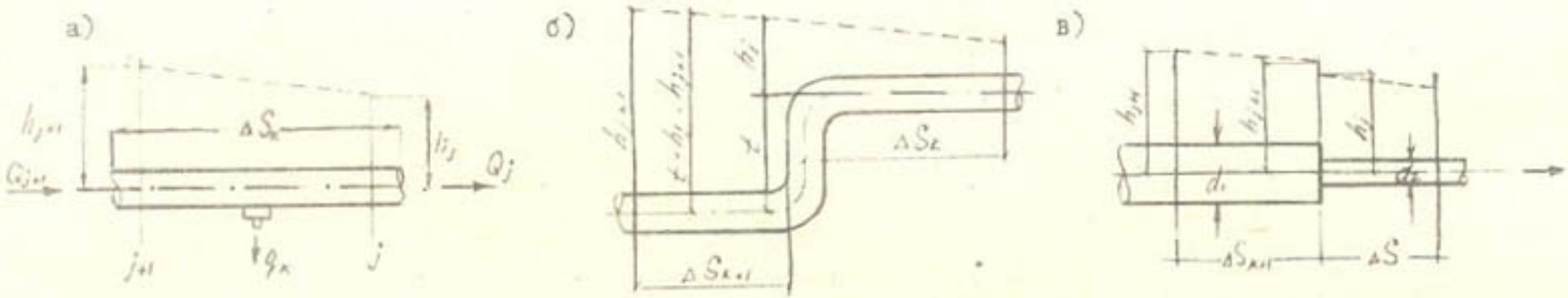


Рис.2. Схема гидравлического расчета трубопроводов.

для участкового трубопровода

$$Q_{от} = f(S, S_к, q_к), \tag{5}$$

где S - длина поливного трубопровода;

$S_к$ - расстояние между капельницами;

$q_к$ - расход капельницы.

Уравнение (I) нелинейное, поэтому корень этого уравнения находим методом итерации по схеме:

первая итерация $h_{j+1} = h_j$;

последующие итерации $h_{j+1}^{(\tau+1)} = h_j^{\tau}$,

где τ - номер итерации.

Процесс итерации завершается, если на (τ + I) итерации выполняется условие

$$\left| h_{j+1}^{(\tau+1)} - h_{j+1}^{(\tau)} \right| \leq 0{,}00I \tag{6}$$

и тогда значение h_{j+1}, удовлетворяющее этому условию, принимается как граничное значение h_j для расчета на следующем участке $\Delta S_{к+1}$. В свою очередь вычисленное значение Q_{j+1}, соответствующее последнему значению h_{j+1}, принимается как граничное значение Q_j для расчета на участке $\Delta S_{к+1}$.

Расчет трубопровода начинается с конца, причем для нулевого (концевого) створа задается

$$h_j = h_{(j=0)} = H; \quad Q_j = Q_{(j=0)} = 0, \tag{7}$$

где H - нижний предел диапазона рабочих напоров капельниц. Для рассматриваемых капельниц H = I0 м (0,I МПа).

Расчет ведется от участка к участку и завершается после вычисления значений расхода оттока на всех участках $\Delta S_к$ и пьезометрического напора во всех створах, включая створ, обозначающий вход в трубопровод:

$$\begin{gathered} h_0, h_1, h_2, \ldots, h_j, \ldots, h_{N+1}, \\ q_1, q_2, q_3, \ldots, q_j, \ldots, q_n. \end{gathered} \tag{8}$$

По условию (8) определяем расход воды, забираемой в трубопровод

$$Q_г = \sum_{к=1}^{к=N} q_к \tag{9}$$

и значение скоростного напора

$$h_v = \frac{Q_г^2\, 16}{2g\, \pi^2\, d_{тр}^4} \; . \qquad (10)$$

Пьезометрический напор в трубопроводе старшего порядка, из которого осуществляется подача воды в рассчитываемый трубопровод, находим по формуле

$$H_г = h_{N+1} + h_v \cdot \xi \; , \qquad (11)$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления на входе в поливной трубопровод.

При расположении двух смежных участков ΔS_K и ΔS_{K+1} на разных уровнях (рис.2,б) для перехода от расчета ΔS_K к расчету ΔS_{K+1} вычисляется

$$h'_{j+1} = h_j + t \, , \qquad (12)$$

где t - разность геометрических отметок оси трубопровода на участках ΔS_K и ΔS_{K+1} .

Значение h'_{j+1} принимается как граничное значение h_j для расчета на участке ΔS_{K+1} .

Если при переходе с участка ΔS_K к участку ΔS_{K+1} диаметр трубопровода изменяется с d_1 на d_2 , вычисляем

$$h'_{j+1} = h_j + \frac{8\, Q_{j+1}^2}{\pi^2\, d_2^4 \cdot g} \cdot \xi_{р.с} \; , \qquad (13)$$

где $\xi_{р.с}$ - коэффициент местного сопротивления для случая резкого сужения трубопровода, $\xi_{р.с} = 0,5$.

Значение h'_{j+1} принимается как граничное значение h_j для расчета на участке ΔS_{K+1} (рис.2,в).

При расчете системы капельного орошения решаются задачи:

а) определить пьезометрический напор в начальном (N + I)-ом створе трубопровода и расход забираемой в трубопровод воды при ограничениях

$$h_j \geq h_з \; ;$$
$$h_0 = H \; , \qquad (14)$$

где $h_з$ - заданное значение пьезометрического напора (не менее 10 м) ;

б) определить положение пьезометрической линии

$$h_{N+1}, h_{N1} \ldots h_j, \ldots, h_0$$

и расход, забираемой в трубопровод воды при ограничениях

$$h_j \geqslant h_з \; ; \qquad h_{N+1} = h_з \, . \tag{I5}$$

Задача а) решается в соответствии с процедурами итерации (6), с соблюдением условий (7, 8) и с учетом ограничения (I4). В случае невыполнения ограничения (I4) расчет прекращается и делается вывод о том, что данный трубопровод при заданных $d_{тр}, i, t, S, h_з$ не может функционировать.

Для решения задачи б) выполняются следующие операции:

задается первое приближение

$$h_0 = h_з \, ,$$

выполняются процедуры по (6), (7), (8) и проверяется условие

$$(h_{N+1} - h_з) > \varepsilon \, , \tag{I6}$$

где ε – заданная малая величина. Если условие (I6) выполняется, расчет прекращается и делается вывод о том, что трубопровод при заданных $d_{тр}, i, t, S, h_з$ не может функционировать.

Если выполняется условие

$$|h_{N+1} - h_з| \leqslant \varepsilon \, , \qquad h_j \geqslant h_з \tag{I7}$$

то рассчитываемый трубопровод при заданных $d_{тр}, i, t, S, h_з$ может функционировать. Искомые величины

$$h_{N+1}, \; h_{N1}, \; h_j, \ldots, h_0 \; и \; Q_{N+1} \tag{I8}$$

используются для дальнейшего расчета или выводятся на печать.

Если выполняется условие

$$\varepsilon = (h_{N+1} - h_з) < 0 \, , \qquad h_j \geqslant h_з \tag{I9}$$

последовательными приближениями

$$h_0^{r+1} = h_0^r + \Delta h \, , \tag{20}$$

где r – номер приближения; Δh – приращение к h_0^r, определяются два таких значения

$$F_1 = (h_{N+1} - h_з)^r \, , \quad F_2 = (h_{N+1} - h_з)^{r+1} \, , \tag{2I}$$

которые будут отвечать условию

$$F_1 > 0\ ,\ \ F_2 < 0\ . \tag{22}$$

Далее организуется итерационный процесс по схеме:

обозначается

$$(h_0^R)'_{F<0} = h_0^{r+1}\ ,\ \ (h_0^R)''_{F>0} = h_0^r\ , \tag{23}$$

итерация выполняется по схеме

$$h_0^{R+1} = \frac{1}{2}\left[(h_0^R)'_{F<0} + (h_0^R)''_{F>0}\right] \tag{24}$$

до выполнения условия (22).

Расстояние между капельницами на поливных трубопроводах соответствует схеме посадки растений. По наблюдениям Дж.Келлера и Д.Кармели (США), расстояние между капельницами следует выбирать с таким расчетом, чтобы увлажнялось не менее 30 % всей площади, обслуживаемой системой капельного орошения, так как при соблюдении этого требования создаются наиболее благоприятные условия для развития насаждений и используется максимальная продуктивность почвы [8]. В таблице приводятся указания названных авторов о примерном расстоянии между капельницами в зависимости от расхода, ширины междурядий, механического состава грунтов и процента увлажнения орошаемой площади. При орошении садов можно рекомендовать также размещение капельниц вокруг ствола деревьев на боковых отводах поливных трубопроводов. Боковые отводы на концах имеют заглушки, а с поливным трубопроводом соединяются с помощью тройников.

Величина средней оросительной нормы для вегетационного периода определяется по формуле

$$M = K_\delta (\Sigma d)_{cp} - w_0\ , \qquad \text{мм} \tag{25}$$

где K_δ – биоклиматический коэффициент, мм/мб ;

$(\Sigma d)_{cp}$ – средняя многолетняя величина дефицита влажности воздуха за вегетационный период, мб ;

w_0 – продуктивно используемые осадки, мм.

По данным многолетних наблюдений, для условий Зааминского района в вегетационный период можно рекомендовать значения биоклиматического коэффициента $K_\delta \approx 0{,}18$ мм/мб.

Значения Σd_{cp} и w_0 определяются на основании многолет-

Таблица

Определение расстояния между капельницами в зависимости от расхода воды, ширины междурядий и мехсостава почвы

Ширина междурядий, м	Расход капельниц, л/ч														
	I,5			2,0			4,0			8,0			I2,0		
	Рекомендуемые расстояния между капельницами для почв с грубым, средним и тонким мехсоставом														
	грубый	средний	тонкий	грубый	средний	тонкий	грубый	средний	тонкий	грубый	средний	тонкий	грубый	средний	тонкий
	0,2 м	0,5 м	0,9 м	0,3 м	0,7 м	I,0 м	0,6 м	I,0 м	I,3 м	I,0 м	I,3 м	I,7 м	I,3 м	I,6 м	2,0 м
	Увлажнение почвы, %														
0,8	38	88	I00	50	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00
I,0	33	70	I00	40	80	I00	80	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00
I,2	25	58	92	33	67	I00	67	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00	I00
I,5	20	47	73	26	53	80	53	80	I00	80	I00	I00	I00	I00	I00
2,0	I5	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	I00	80	I00	I00
2,5	I2	28	44	I6	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	I00
3,0	I0	23	37	I3	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	3I	II	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	I8	28	I0	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	I6	24	9	I8	26	I8	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	I4	22	8	I6	24	I6	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	I2	I3	7	I4	20	I4	20	27	20	27	34	27	34	40

них (10-20 лет) наблюдений метеостанций.

Для каждого года многолетних наблюдений вычисляют сумму дефицита влажности воздуха за вегетационный период

$$\sum d = d_i n_i + d_{i+1} \cdot n_{i+1} + \ldots + d_{i+n} \cdot n_{i+n}, \qquad (26)$$

где d_i – среднесуточный дефицит влажности воздуха для i -ой декады, мб;

n_i – количество суток в i -ой декаде вегетационного периода.

Тогда

$$(\sum d)_{ср} = \frac{1}{N}\left(\sum d_i + \sum d_{i+1} + \ldots + \sum d_N\right), \qquad (27)$$

где N – число наблюдений, лет;

$\sum d_i$ – сумма дефицита влажности воздуха за вегетационный период для i -го года наблюдений, мб.

Значение продуктивно используемых осадков определяется по формуле

$$w_o = \rho \cdot W, \qquad (28)$$

где W – сумма среднемесячных осадков за вегетационный период по многолетним данным, мм;

ρ – коэффициент использования осадков, ρ = 0,85-1,0. [9].

По нашим наблюдениям, наилучший результат по объему и качеству продукции (кишмиш) получен при затратах оросительной воды $M \approx 4700$ м^3/га.

Элементарная поливная норма (на один куст растения) вычисляется на основании исходных данных о водно-физических свойствах почвы (предельно полевой влагоемкости, объемной массы, содержания каменистых фракций), предельной влажности почвы и расчетных геометрических размерах корнеобитаемой зоны

$$m_{эл} = S\, h\, \gamma\, f\left(\frac{\theta_{ппв} - \theta_п}{100}\right) \quad м^3/куст, \qquad (29)$$

где S – площадь горизонтальной проекции очага увлажнения.

при очаговом увлажнении $S = \frac{\pi}{4} D^2$, м^2;

при полосовом увлажнении $S = a \cdot \theta$, м^2;

D - диаметр очага увлажнения, м ;

a - длина полосы увлажнения, м ;

b - ширина полосы увлажнения, м ;

h - глубина промачивания почвы, м;

γ - объемная масса почвы, т/м^3 ;

f - содержание мелкозема по отношению к общей массе почвы, в долях единицы. Для однородных некаменистых почв f = I,0;

$\theta_{ппв}$ - влажность почвы, соответствующая IOO % ППВ, в процентах от массы абсолютно сухой почвы ;

$\theta_п$ - предполивная влажность почвы, в процентах от массы абсолютно сухой почвы.

Величину площади увлажнения S можно принимать по рекомендациям [8].

Поливная норма на гектар подсчитывается по формуле

$$m = m_{эл} \cdot n \cdot K_п \quad , \qquad (30)$$

$m_{эл}$ - элементарная поливная норма, м^3/куст ;

n - число кустов на гектар, куст/га. Зависит от схемы посадки ;

$K_п$ - коэффициент, учитывающий потери воды на испарение во время полива и за пределы расчетных границ контуров промачивания. Для каменистых почв $K_п$ = I,2-I,3 ; для типичных сероземов $K_п$= I,I-I,2.

Число поливов за вегетационный период определяется

$$N_{пол} = \frac{M}{m} . \qquad (3I)$$

Для условий Заамина число поливов составило 28-30 с межполивным периодом 7-IO суток (май), 3-5 суток (июнь, июль, август), IO-25 суток (сентябрь, октябрь).

Продолжительность полива вычисляется по формуле

$$t = \frac{1000\, m}{q \cdot N \cdot n} \quad , \qquad (32)$$

где m - поливная норма, м^3/га ;

n - число кустов на гектаре, шт/га ;

N - число капельниц на один куст, шт;

q - средний расход капельниц, л/ч.

Средняя продолжительность полива при m = I60 м^3/га, n = I320 шт/га (схема посадки 3 х 2,5 м^2), w = I шт., q = I2 л/ч составила t = I0 ч.

Список использованной литературы

I. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высшая школа, I977.
2. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул.-М.: Высшая школа. - I982.
3. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации капельного орошения. ВТР-П-28-8I, М., I98I.
4. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов. - М.: Стройиздат. - I985.
5. Эталон технорабочего проекта на строительство оросительной системы. - М., I978.
6. Каталог изделий для систем капельного и подкронового орошения производства и комплектации симферопольского завода.-Киев. - I988.
7. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. - М.: Энергия. - I974.
8. Дж.Келлер и Д.Кармели. Проектирование систем капельного орошения. - Калифорния. - I975.
9. Остапчик В.П. Планирование режимов орошения на основе биоклиматического метода расчета водопотребления сельскохозяйственных культур. - М., I98I.

П.Я.Саруханов, канд.техн.наук
Л.А.Аверина
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПОЛИВНОГО УЧАСТКА

Тщательная планировка поливного участка с точностью ± 3 см [I, 2], выполняемая с использованием лазерной и оптико-электронной систем управления, достижение однородности взрыхленной массы I0-I5 % за счет глубокого рыхления, проводимого в двух направлениях пассивным рабочим органом или в одном направлении активным рабочим органом на глубину более 80 см, позволяют добиться отно-

сительно равномерного увлажнения грунта при поливе по бороздам.

Однако добиться равномерного увлажнения по всей длине борозды при постоянном ее сечении не удается, так как время увлажнения в начале и в конце различны. Кроме того, значительные огрехи и использование существующих механизмов при нарезке борозд создают благоприятные условия для локального переувлажнения по длине борозды, что нарушает динамику движения влаги при орошении, создает неблагоприятный фон для развития растений, способствует поднятию уровня грунтовых вод.

Таким образом, усовершенствование отдельных операций в технологическом регламенте подготовки поливных участков позволяет снизить время полива, затраты труда и средств, поливные нормы, обеспечить равномерное увлажнение всего участка на глубину корнеобитаемого слоя.

В процессе совершенствования системы орошения были созданы механизмы по нарезке борозд переменного сечения и разработаны рекомендации полива через борозду. Применение такого способа полива обеспечивает высокие коэффициенты полезного использования воды и площади, создает благоприятный водно-воздушный режим почвы, обусловливает получение более высоких урожаев. Кроме перечисленных преимуществ, этот способ позволяет решать вопросы выравнивания водопоглотительной способности борозды по ее длине.

Для описания процесса полива по бороздам переменного сечения рекомендуется формула [3]

$$m\alpha = \rho K_0 t^{1-\alpha},$$

где m - требуемая поливная норма, $м^3/га$;

α - расстояние между бороздами, м;

ρ - активный смоченный периметр, м;

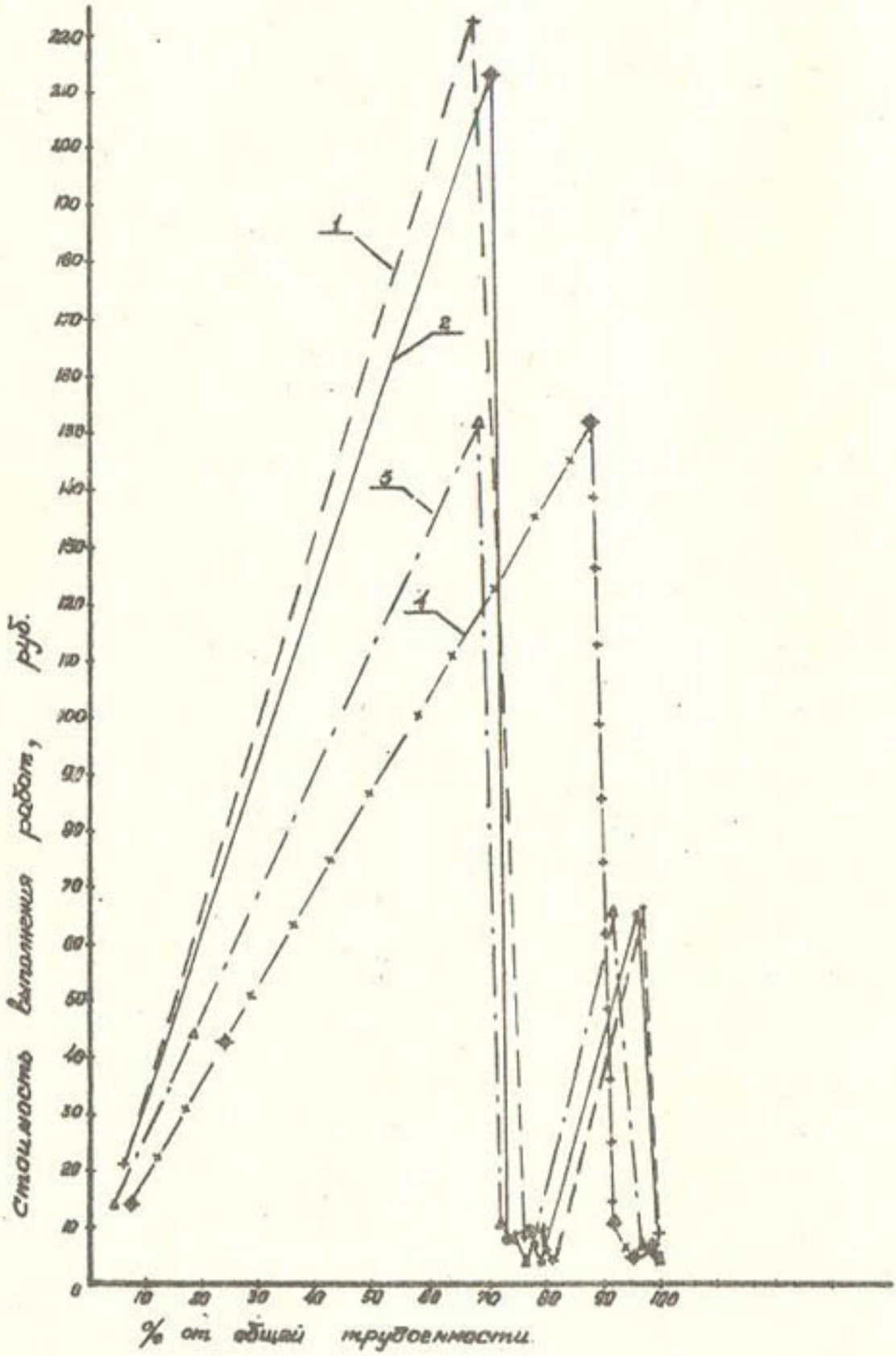
K_0 - скорость просачивания воды в почву, средняя за первую единицу времени, мм/мин;

t - продолжительность нахождения воды в борозде, мин;

α - показатель, зависящий от свойств почвы.

Так как при поливе необходимо требуемую норму воды распределять равномерно вдоль борозды, то для любого ее поперечного сечения запишем

$$\rho_н K_{0н} t_н^{1-\alpha} = \ldots \rho_i K_{0i} t_i^{1-\alpha} = \ldots \rho_к K_{0к} t_к^{1-\alpha}.$$



I – технологический процесс по ГОСТу;
2 – технологический процесс треста "Оргтехстрой";
3 – технологический процесс НПО САНИИРИ;
4 – рекомендуемый технологический процесс.

Рассматривая параметры, относящиеся к крайним сечениям борозды, получим в общем случае зависимость

$$\frac{\rho_н \cdot K_{ан}}{\rho_к \cdot K_{ак}} = \left(\frac{t_к}{t_н}\right)^{1-\alpha}.$$

Полученное соотношение объясняет целесообразность использования борозды переменного сечения.

Анализ технологических процессов подготовки поливного участка [I], рекомендуемых ГОСТом, трестом "Оргтехстрой", НПО САНИИРИ, позволил разработать технологический процесс, который отличается от предыдущих тем, что взамен замочки (после глубокого рыхления) по чекам последняя осуществляется по бороздам переменного сечения. При этом предусматривается подготовка поливного участка, включающая планировку с точностью ± 5 см, рыхление на глубину 80 см и нарезку борозды переменного сечения с дном, выполненным под проектную отметку с точностью ± 3 см с применением лазерной систему САУЛ-I или оптико-электронной системы ПУЛ-Н. Это позволяет снизить как трудоемкость работ, так и затраты воды до 20 %, а стоимость выполнения подготовки поливного участка под эксплуатацию - до 235 руб/га (рисунок).

Рекомендуемый технологический процесс можно применять не только при освоении, но и при реконструкции поливных участков. Производственные испытания предложенного технологического процесса проводившиеся в одном из хозяйств "Главголодностепстроя", позволили выявить его экономическую эффективность, а также отработать оптимальный режим орошения по бороздам переменного сечения.

Список использованной литературы

I. Разработать и внедрить технологию планировки для достижения плоскостной поверхности поливного участка: Отчет о НИР/САНИИРИ ; Руководитель П.Я. Саруханов. - Ташкент, I988.
2. Мелиоративные системы и сооружения. СНиП 3.07.03.-85. - М., I986.
3. Листопад Г.Е., А.П.Сапунов, Н.В.Прохватилова.- Орудия полива по бороздам. Труды /Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации и техники полива Минводхоза СССР. - Коломна, I970.

М.Г.Хорст
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Основным направлением совершенствования полива по бороздам в Средней Азии является разработка конструкций оросительной сети, поливных устройств и механизмов, позволяющих вести высокопроизводительные поливы при максимальной экономии оросительной воды. В наибольшей степени успех этого направления зависит от правильного выбора как самой технологии полива, так и технологических схем его организации.

Разработка технологических схем полива предусматривает взаимоувязку таких параметров, как длина борозды $l_б$, расход в борозду $q_б$, длительность полива $T_п$ данной расчетной поливной нормой $m_п$ с шириной фронта полива $l_ф$ и величиной свободного напора в оросительной сети H_c. Цель такой взаимоувязки - создать условия для равномерного развития сельхозкультур при минимальных затратах оросительной воды.

Разнообразие природно-хозяйственных условий Узбекистана определяет большое количество возможных вариантов, оптимальных для конкретных условий технологических схем полива по бороздам. Этот способ полива является основным в Среднеазиатском регионе и применяется в широком диапазоне уклонов поверхности поливных участков ($0{,}0005 \leq i \leq 0{,}05$) и водопроницаемости почвогрунтов. Каждая из зон, по классификации орошаемых земель Н.Т.Лактаева [1], является вполне самостоятельным объектом для разработки оптимального варианта технологической схемы бороздкового полива. Ограничим наше рассмотрение диапазоном уклонов $0{,}001 \leq i \leq 0{,}0075$. В этом диапазоне находится, по оценке Г.Н.Павлова [2], 60-65 % орошаемых земель Узбекистана. В соответствии с выполненным им районированием для этих условий рекомендуется лотковая и закрытая оросительные сети с гибкими и жесткими трубопроводами, т.е. сети, которые относятся к совершенным.

В настоящее время примерно половина из выделенного диапазона орошаемых земель оснащена оросительными системами подобного типа. С учетом основных принципов проектирования таких систем, нашедших свое отражение в проектах института "Средазгипровод-

хлопок", они характеризуются следующими параметрами: расстояние между участковыми оросителями 400 м при одностороннем командовании и до 800 м - при двустороннем; расчетный расход участковых оросителей до 200 л/с; минимальный напор при работе поливных устройств от лотковых распределителей h_{min} = 0,5 м; максимальный - при работе от гидрантов закрытых участковых оросителей h_{max}= 5,0 м; расстояние между водовыпусками 120 м на лотковой оросительной сети и 60-120 м - на закрытой трубчатой сети.

В проектах совершенных оросительных систем предпочтение отдается поперечной схеме полива, т.е.по бороздам, перпендикулярным участковому оросителю с использованием в качестве поливных устройств гибких и жестких трубопроводов, оснащенных водовыпускными отверстиями. При поперечной схеме полива потребности в поливных устройствах уменьшаются примерно в три раза, исключается трудоемкое перемещение трубопроводов по мокрому полю, более равномерно распределяются струи по фронту полива.

Таким образом, поперечная схема полива представляет собой наиболее удачную основу для реализации принципа равномерного увлажнения орошаемой площади при минимальных эксплуатационных и ресурсных затратах. Вместе с тем поперечная схема оправдывает себя лишь в тех случаях, когда полив производится на всю длину гона, т.е.по бороздам длиной 350-400 м. При двух-, трехъярусном размещении поливных устройств все реальные преимущества этой технологии теряются.

Опыты по изучению фактических параметров полива при поперечной схеме на оросительной системе совершенного типа проводили в вегетационный период 1988 г.в условиях типичного для зоны средних уклонов поливного участка с почвогрунтами средней проницаемости, расположенного на оросителе КТР-Iа-I в Сырдарьинском ОПХ САНИИРИ*). Поливной участок характеризуется следующими данными: тип почвы - сероземно-луговый; механический состав - супесь с переслоями суглинка, подстилаемая легкими глинами; степень засоления - слабая; НВ почвогрунтов - 30 % от объема;

---

*) В проведении исследований принимали участие Ш.Ш.Шамуталов, В.В.Дашина, Д.А.Байков, Л.С.Соколова.

глубина залегания грунтовых вод – I,3–2,6 м, глубина борозд – 0,I7 м; расстояние между ними – 0,9 м; длина тупиковых борозд – 360 м; уклон борозд – 0,004; состояние борозд – рыхлое, без крупных комков; качество планировки – удовлетворительное. Опыты проводились в период первого вегетационного полива хлопчатника, находящегося в фазе "бутонизация-цветение", при расчетной поливной норме $9 \cdot I0^2$ м^3/га (нетто) и расчетной глубине увлажнения корнеобитаемой зоны I м. В качестве поливного устройства использовался гибкий шланг Ø 300 мм из мелиоративной ткани с регулируемыми водовыпусками Ø 25 мм. Расход в борозду составлял $q_б$ = 0,74 л/с. Одновременно поливалось 24 борозды, из которых три являлись учетными. Пробег поливной струи по сухим бороздам фиксировался по створам, расположенным через каждые 20 м.

По результатам проведенного опыта построена зависимость (рис. I) нормы добегания от длины пробега непрерывной поливной струи $m_g = f(\ell_д)$. Из фактических данных опыта следует, что при расчетной поливной норме (нетто) $9 \cdot I0^2$ м^3/га на так называемую "фазу добегания" потребовалась водоподача в объеме $I,7 \cdot I0^3$ м^3/га.

Отметим, что для равномерного увлажнения не ниже 85 % рекомендуемое отношение $T_п / t_д$ составляет порядка 2 [3]. В соответствии с этим поливная норма (брутто) составила $2,8 \cdot I0^3$ м^3/га. Из анализа приведенной на рис.I зависимости следует вывод, что добиться равномерного увлажнения при минимальных валовых затратах оросительной воды можно в описанных условиях только при размещении поливных устройств в три яруса. Добиться снижения валовых затрат оросительной воды на добегание струи до конца борозды за счет увеличения расхода в борозду не удалось, так как расход $q_б$ = 0,7–0,8 л/с является предельным для данных почв по условию их неразмываемости.

В этих же условиях для получения сравнительных оценок испытывалась дискретная технология регулирования водоподачи в борозды. Суть ее заключается в том, что предельный по условиям неразмываемости почвогрунтов расход в борозду в отличие от непрерывной водоподачи при традиционном поливе подается серией импульсов, перемежающихся паузами постоянной или переменной длительности. Движение поливной струи продолжается и в период пауз

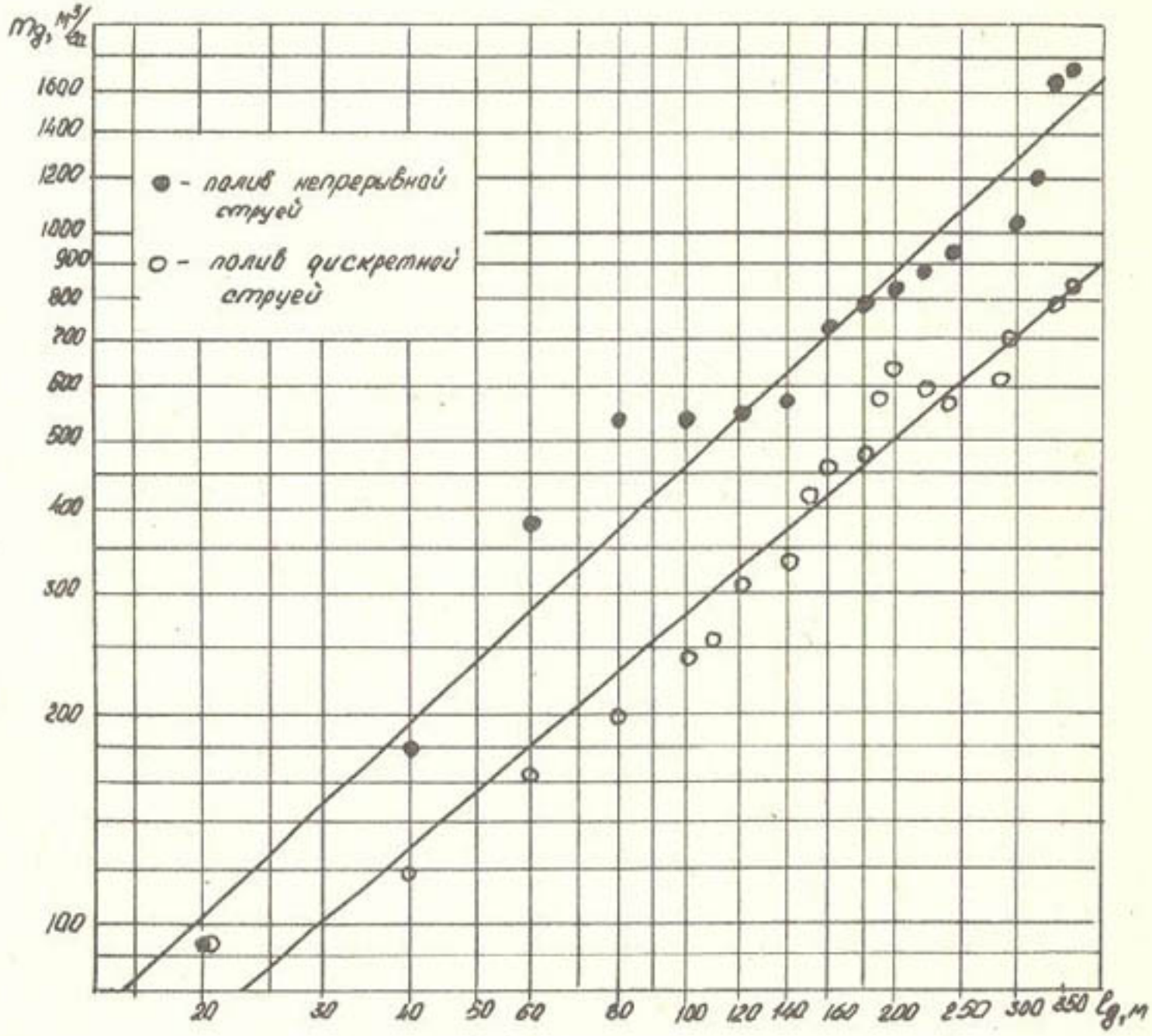


Рис.I. Зависимость $m_д = f(l_д)$ при непрерывной и дискретной поливной струе $q_г$ = 0,74 л/с.

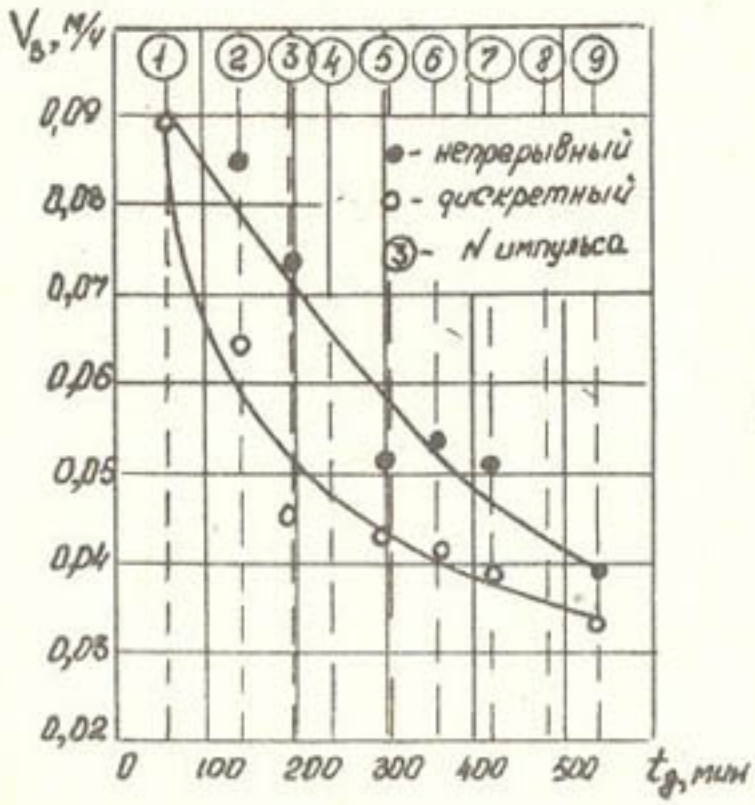


Рис.3. Зависимость $V_в = f(t_д)$ при непрерывной и дискретной струе $q_б$ = 0,74 л/с.

при одновременном продвижении ее по нижнему сухому участку борозды (добегание) и опорожнении замоченного ложа борозды с головного участка и до участка, где добегание завершилось (спад). Этот процесс продолжается до окончания фазы "добегания", т.е.до момента достижения лбом струи конца борозды. Полив завершается фазой "долива", в которую увлажнение борозды происходит при расходе воды, как правило, вдвое меньше, расхода "добегания".

Известны следующие варианты дискретной технологии, получившие распространение в последние годы [4]:

постоянная длительность испульсов водоподачи, но переменная длина добегания лба струи в каждом импульсе ; в первом импульсе она, как правило, не должна превышать четверти длины борозды ;

переменная длительность импульсов водоподачи, но постоянная длина добегания в каждом из них, не превышающая четверти длины борозды ;

длительность импульса, определяемая временем добегания до расчетной точки, отстоящей от конца борозды на 0,I-0,2 $\ell_б$. Соответствующая импульсу пауза равна ему по длительности ;

водоподача серией коротких импульсов, перемежающихся соответствующими им по длительности паузами.

Первые два варианта технологии получили распространение в США. Третий и четвертый варианты предложены советскими исследователями технологии (Т.Ю.Юсупов, Н.Р.Хамраев, А.А.Терпигорев).

Наиболее прост и эффективен первый вариант, т.е.водоподача с постоянной длительностью импульсов водоподачи и соответствующих им пауз.

Этот вариант и использовался нами для получения сравнительных с поливом непрерывной струей оценок.

На опытном участке поливали 48 борозд, из них 24 слева от переключателя потока (НР-500 фирмы "Ватерман", США) и столько же справа. Импульсу водоподачи длительностью 60-90 мин соответствовала такая же по длительности пауза. Общее количество импульсов водоподачи составило I9, в том числе I5 импульсов по 60 мин, два - по 80 мин и два - по 90 мин. Поскольку по организационным причинам произошло отключение общей водоподачи из лоткового оросителя на I7 мин, чистое время водоподачи в одно плечо поливного устройства составило I222 мин. Расход в борозду $q_б$ = 0,74 л/с, т.е.соответствовал расходу при поливе непрерывной струей.

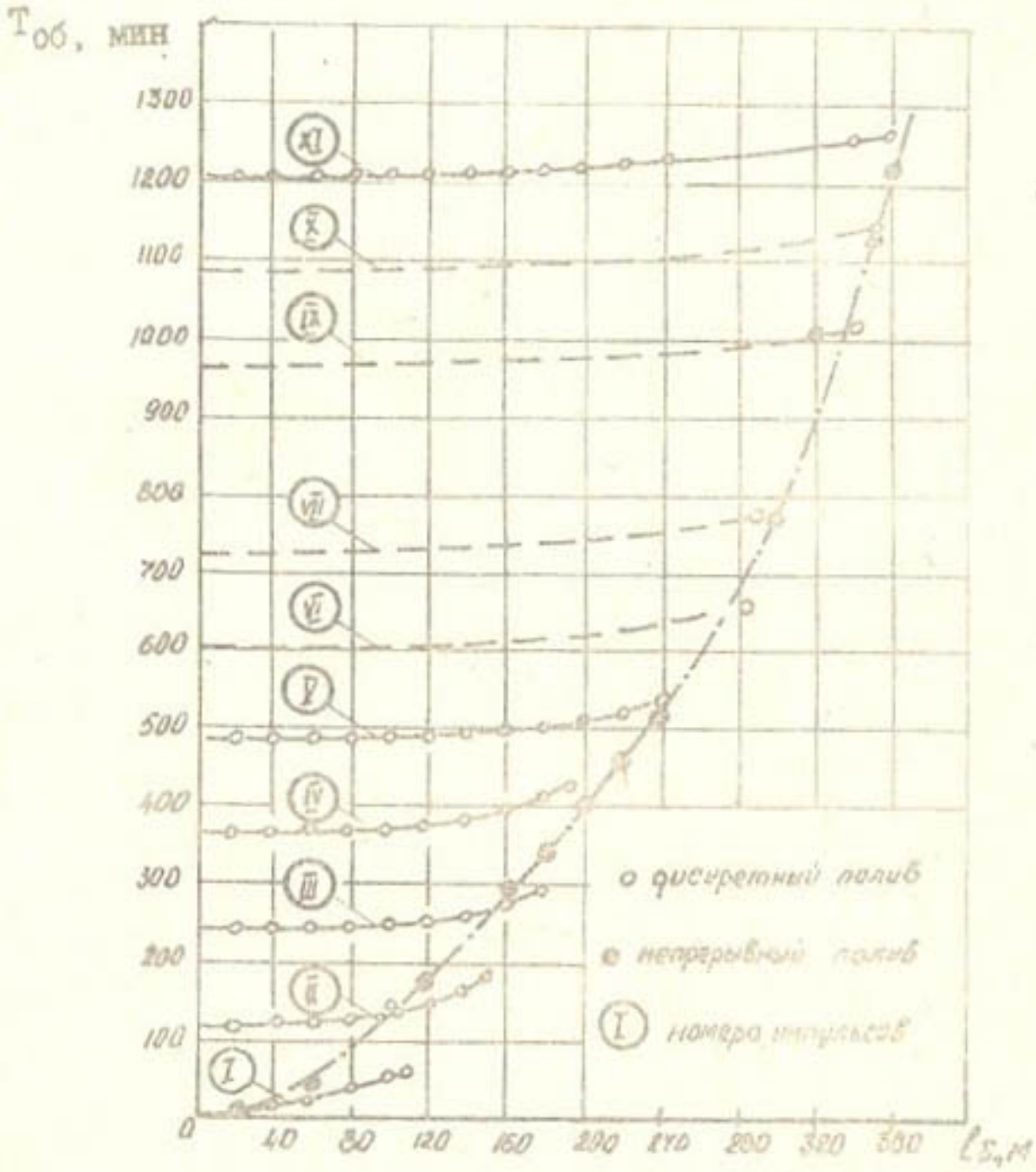


Рис.2. Кривые добегания при непрерывном и дискретном поливе струей $q_б = 0,74$ л/с.

Приведенные на рис.2 зависимости добегания поливной струи при дискретной и непрерывной водоподаче показывают, что средняя скорость продвижения лба поливной струи при дискретной водоподаче возрастает с I,8 м/мин в первом импульсе до 5,9 м/мин при достижении лбом струи конца борозды (I0-й импульс); местная скорость на увлажненном предыдущими импульсами участке борозды достигает I5 м/мин. Кривые, характеризующие зависимости продвижения лба струи во времени, практически параллельны между собой, за исключением концевых, круто загнутых вверх участков, соответствующих пробегу по сухой части борозды. Относительно общего времени водоподачи добегание произошло практически одновременно на бороздах, поливаемых непрерывно и дискретно. Но при дискретном поливе половину общего времени добегания составляли паузы, в течение которых осуществлялся полив участка, подвешенного ко второму плечу поливного устройства.

В связи с этим производительность труда при управлении поливным током, равным в обоих вариантах I8 л/с, была выше в I,6 раза в варианте дискретной технологии. Норма добегания при дискретном поливе составила $8,3 \cdot 10^2$ м^3/га (рис.I) против $1,7 \cdot 10^3$ м^3/га при непрерывном.

Добиться равномерного увлажнения при непрерывном поливе (0,9I против 0,83) удалось ценой больших валовых затрат оросительной воды (таблица).

Таблица

Параметры характеристик полива на опытном участке КТР-Iа-I

Показатели	Дискретный полив	Непрерывный полив
Общее время водоподачи, мин	2444	I950
Общее время водоподачи в одно плечо, мин	I222	I950
Длительность добегания, мин	6I7	I2I5
Длительность долива, мин	605	735
Отношение длительности водоподачи к длительности добегания	2,0	I,6
Отношение длительности импульса к длительности цикла	0,5	I

Продолжение табл.

Показатели	Дискретный полив	Непрерывный полив
Объем валовой водоподачи, $м^3$/га	$1,7 \cdot 10^3$	$2,8 \cdot 10^3$
Норма добегания, $м^3$/га	$8,3 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^3$
Объем поверхностного сброса, $м^3$/га	$3 \cdot 10^2$	$11 \cdot 10^2$
Глубинная фильтрация, $м^3$/га	$3 \cdot 10^2$	$11 \cdot 10^2$
Объем впитавшейся воды в расчетном слое (на шестые сутки после полива), *) $м^3$/га	$8 \cdot 10^2$	$10 \cdot 10^2$
Коэффициент использования поливной нормы (брутто)	0,82	0,50
Коэффициент равномерного распределения запасов влаги в расчетном слое	0,83	0,91

Как показано на рис.3, иллюстрирующем процессы инфильтрации для обоих вариантов в фазу добегания (на даты окончания импульсов), при дискретном поливе по сравнению с поливом непрерывной струей резко снижается интенсивность инфильтрации **).

Объясняется это снижение кольматацией в период пауз, защемлением в капиллярах воздуха. Описание процесса инфильтрации при дискретном поливе является довольно сложной задачей, но именно с ее решением связана возможность дальнейшей оптимизации элементов дискретного полива.

Таким образом, рассматриваемая технология рекомендуется в основном для поперечной схемы полива в качестве приема, позволяющего существенно улучшить характеристики поверхностного полива по бороздам. Ощутимый эффект от применения этой технологии может быть получен на хорошо спланированных (± 3 см) поливных участках со среднепроницаемыми почвами при глубоких (0,2-0,25 м), широких (0,9 м) тупиковых бороздах с однородным уклоном в направ-

---

*) Повышение потери на испарение и транспирацию за время проведения полива и в первые дни после него в соответствии с данными Г.Г.Решетова [5], составляют в среднем $6 \cdot 10^2$ м/га для обоих вариантов.

**) При построении этих зависимостей не учитывался период спада воды, что внесло определенную погрешность, но в целом не отразилось на качественной стороне описываемого процесса.

лении полива и нулевым уклоном по трассам укладки поливных устройств. В качестве поливных устройств предлагается использовать гибкие шланги Ø 300 мм и длиной плеча 60-100 м. По расчетам, такая длина плеч позволяет добиться относительно равномерного распределения поливных струй по фронту полива во всем диапазоне напора лотковой оросительной сети.

По нашей оценке, переход на эту технологию поверхностного полива возможен на 700 тыс.га орошаемых земель Узбекистана.

Список использованной литературы

1. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос, 1978. - С.24-43.
2. Павлов Г.Н. Районирование территории Узбекистана по рациональным способам орошения. - Ташкент: САНИИРИ. - 1985. - С.38-50.
3. Хорст М.Г. Закрытые оросительные системы для хлопководческих хозяйств Узбекистана // Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИ ирригации.- 1984. - Вып.172. - Ташкент. - С.69-75.
4. Рекомендации по оценке эффективности дискретной технологии поверхностного полива / Госагропром УзССР. - Ташкент, - 1989. - С.6-10.
5. Решетов Г.Г. Водный режим орошаемых такырных почв в условиях Сурхандарьинской области УзССР // Сб.научн.тр./Среднеаз. НИИ ирригации. - Вып.8. - Ташкент. - 1977. - С.41-49.

Х.И.Якубов, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ ПОЛИВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДОЖДЕВАНИЕМ НА ЗЕМЛЯХ, СКЛОННЫХ К ЗАСОЛЕНИЮ

В последнее время в специальной периодической литературе, печати и выступлениях на различных совещаниях по водному хозяйству и мелиорации выдвигается тезис о возможности колоссальной экономии оросительной воды и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Средней Азии и Южном Казахстане при поливах с помощью дождевания. При этом часто ссылаются на "опыт" применения полива дождеванием в совхозе "Пахтаарал" и на других объектах Южного Казахстана без анализа материала изменения мелиоративных процессов в течение года и в многолетнем разрезе.

Совхоз "Пахтаарал" - крупнейшее многопрофильное хлопководческое хозяйство Казахской ССР. В современных границах валовая площадь хозяйства составляет 13,2 тыс.га, из которых под орошением находится 10,7 тыс.га (КЗИ = 0,81). Совхоз создан в 1924 г., расположен в северо-западной части Голодной степи в зоне командования магистрального канала им.С.М.Кирова на землях плоской, неглубокой слабодренированной депрессии. В литологическом отношении территория совхоза находится в пределах аллювиального бассейна р.Сырдарьи и представлена двух- и многослойными отложениями: сверху залегает покровный мелкозем мощностью 18-30 м ($К_ф$ = 0,1-1,15 м/сут), ниже - хорошопроницаемый водоносный комплекс, сложенный мелко- и среднезернистыми песками мощностью до 100-120 м ($К_ф$ = 25-30 м/сут).

До развития орошения почвы совхоза "Пахтаарал" многими исследователями относились к незасоленным средне- и легкосутлинистым сероземам (при залегании грунтовых вод ниже 9-10 м).

В период организации площадь составляла 10,5 тыс.га. Оросительная система совхоза представлена каналами и отводящей сетью, построенной в земляном русле.

Конфигурация полей прямоугольная. Водоподача осуществляется из КМК через К-20 с максимальным расходом до 12,5 $м^3/с$.

Вся площадь разбита на поливные участки размером от 80 до 140 га, которые орошаются из 92 отводов (участковых оросителей). КПД системы - 0,64.

Орошение земель вызвало интенсивный подъем уровня и минерализации грунтовых вод, что привело к засолению почв и снижению урожайности сельскохозяйственных культур уже к 1932 г. Более интенсивное засоление почв и снижение урожайности происходило с 1950 по 1960 год, когда уровень грунтовых вод стабилизировался при близком залегании к поверхности земель (0,75-2,5 м). К этому моменту площадь средне- и сильнозасоленных почв достигла 25-28 %, а в верхних четырех отделениях, отделенных от р.Сырдарьи, она составляла 43-45 %, что потребовало проведения комплекса следующих агротехнических мероприятий по оздоровлению мелиоративного состояния земель:

введение 6-7 полных севооборотов (62 % хлопок, 28 % люцерна и 10 % прочие культуры). С 1960 г.севооборот был нарушен за счет некоторого увеличения площадей под посевы хлопчатника (4-5 %;

внутрихозяйственное нормирование водопользования;

усиление дренированности территории путем строительства коллектора глубиной 3,5-4,0 м, редких открытых дрен глубиной 2,5-3,0 м и общей протяженностью I0-II м/га;

реконструкция оросительной сети и планировка полей. Под планировку отводились мелиоративные поля, одна половина которых засеивалась зерном (ячмень, пшеница), а на другой половине выполнялась планировка. По завершении планировки поле засевалось кукурузой, а на той половине, где были засеяны зерновые, проводилась планировка. В результате с I949 по I965 год и в последующем совхоз располагал совершенной поверхностью полей, позволяющей высококачественно проводить все агротехнические мероприятия. Объем планировочных работ составил I000 м^3/га (в среднем 600-700м^3/га), а себестоимость - 90-300 руб/га;

внедрение новой техники полива с помощью дождевальных агрегатов типа ДДА-I00 М, обеспечивающих подачу оптимальных поливных норм, рассчитанных по дефициту влаги корнеобитаемого слоя;

выборочные осенне-зимние промывки нормой 2,0-2,5 тыс.м^3/га (больше нельзя было подавать из-за близкого залегания ГВ).

В совхозе "Пахтаарал" с I955 г.для полива сельскохозяйственных культур применяется дождевальный агрегат ДДА-I00 М, площади внедрения которого представлены в табл.I.

Таблица I

Способ полива хлопка	Год									
	I955	I956	I957	I958	I959	I960	I96I	I962	I963	I964
По бороздам, га	5I90	47I9	4665	4422	4379	I593	66I	535	II22	II49
Дождевание, га	60	560	8I2	936	950	4II5	5288	5795	5326	585I

Дождеванием также проводились I-й и 2-й поливы трав текущего года.

С I955 по I965 год в условиях близкого залегания грунтовых вод проводили три полива дождеванием нормой 450-600 м^3/га при

7-9 проходах ДДА-I00 М или два полива по бороздам нормой II00-I200 м^3/га. Оросительная норма нетто составляла I,4-I,8 м^3/га при поливе дождеванием и 2,2-2,4 тыс.м^3/га при бороздковом поливе. По данным совхоза "Пахтаарал", снижения удельного годового водозабора в эти годы не наблюдалось (табл.2).

Таблица 2

Удельный водозабор в совхозе Пахтаарал, м^3/га

Год	Брутто на валовую площадь			Нетто поля при КПД системы 0,65		
	Вегетац. IУ-У	Невегетац. XI-Ш	За год	Вегетац. IУ-X	Невегетац. XI-Ш	За год
I950	7I68	700	7869	5705	558	6263
I95I	56I6	936	6552	4470	745	52I5
I952	4838	499	5337	385I	397	4248
I953	4796	555	535I	38I7	442	4259
I954	4532	747	5279	3607	595	4202
I955	4865	I947	68I3	3873	I550	5423
I956	4306	I403	5709	3427	III7	4544
I957	4475	I478	5953	3562	II76	4738
I958	4036	2267	6303	32I2	I805	50I7
I959	4II9	2I46	6265	3279	I708	4987
I960	3736	I659	5395	2974	I320	4294
I96I	4820	3365	8I85	3837	2678	65I5
I962	5393	206I	7454	4292	I640	5932
I963	5074	2087	7I6I	4039	I66I	5700
I964	4894	4354	9248	3895	3466	736I
I965	543I	2727	8I59	4323	2I7I	6494
I966	597I	2968	8939	4753	2362	7II5

Отмечалось некоторое снижение оросительной нормы в вегетационный период при росте промывных норм (табл.2). Это объясняется рядом организационно-технических причин, возникающих при применении ДДА-I00 М: увеличение водоподачи в невегетационный период, так как усилился процесс засоления почв и появилась необходимость проведения осенне-зимних и влагозарядковых поливов,

на 35-40 % от посевной площади (травы, кукуруза и прочие культуры); применение поверхностного полива; увеличение потерь на фильтрацию из оросительной сети из-за роста удельной протяженности сезоннодействующих временных оросителей, расположенных на расстоянии I20 м друг от друга (удельная протяженность таких сетей увеличилась в среднем на I,8 раза и составляет 83-85 м/га).

Увеличилась также продолжительность времени, в течение которого участковые распределители постоянно находятся под водой. Потери на испарение в процессе дождевания составили 7-8 % от нормы нетто. Резко увеличились организационные потери на сброс, связанные с переходом агрегата из одной позиции в другую внутри поля. Холостой сброс в совхозе составил I5-40 % от нормы брутто и 40-I00 % от нормы нетто. Эти потери можно исключить путем кольцевания участковых картовых оросителей.

Производственный опыт "Пахтаарала" и исследования ВНИИГиМа, СоюзНИХИ и САНИИРИ по миграции воды и солей в почвах при поливе дождеванием показали, что при режиме орошения резко сокращенной нормой (поливные нормы 450-660 м^3/га) опреснения почв не наблюдается даже при осенне-зимних промывках из-за недостаточной дренированности территории. Водно-солевой баланс складывался положительно: ежегодное накопление солей в зоне аэрации составляло 4,5-7,0 тыс/га. При этом уровень грунтовых вод в I955-I965 гг. оставался стабильно близким к поверхности земли и колебался в пределах 0,4-I,7 в январе-марте и 2,2-2,7 в октябре-ноябре при среднегодовой его величине 2,03-2,5 м. В связи с этим к I966 г. резко возросла площадь средне- и сильнозасоленных почв, особенно на слабодренированных землях верхних четырех отделений (табл. 3). Увеличение площадей засоленных почв привело к изменению урожайности сельскохозяйственных культур.

Год	I954	I955	I956	I957	I958	I959	I960	I96I	I962	I963	I964	I965
Урожайность, ц/га	35,3	26,6	35,3	28,5	24,I	36,0	30,6	35,3	24,0	3I,4	22,9	29,6

Таблица 3

Изменение площадей с различной степенью засоления в совхозе "Пахтаарал"

Организация, выполнившая солевую съемку	Год	Обследованная	Незасоленная		Среднезасоленная		Среднезасоленная		Сильнозасоленная		Очень сильнозасоленная	
			га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
САНИИРИ	I966	I3608	3454,5	25,4	8088,4	59,4	942,8	6,9	II22,I	8,2	-	-
	I972	I3608	I276,0	93,8	290	2,I	558	4,I	-	-	-	-
Казгипрозем	I977	8777,6	7804	89,0	2II,6	2,4	755	8,6	-	-	-	-
Д У Э В Д	I983	I0850	2I70	20,0	5208	48	I736	I6	I302	I2	434	4
Казгипрозем	I985	I0675	3597	33,7	4046	37,9	2477	23,2	555	5,2		
Д У Э В Д	I986	I0850	3340	3I	4729	44	I668	I5	III3	I0	-	-
САНИИРИ	I966	7500	I2I5	I6,2	3II2,5	4I,5	I470	I9,6	I702,5	22,7	-	-
САНИИРИ	I972	7500	6832,5	9I,I	2I0	2,8	475,5	6,I	-	-	-	-
САНИИРИ	I985	7590	47I7,5	62,9	I45,5	I9,4	II47,5	I5,3	I80	2,4	-	-
САНИИРИ	I986	7500	4620	6I,6	I282,5	I7,I	I387,5	I8,5	2I0	2,8	-	-

Таблица 4

Изменение глубины залегания грунтовых вод в совхозе "Пахтаарал"

Год	Месяц												Среднее			
	I	II	III	VI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	VI-VIII	IV-X	XI-III	За год
1961	171	169	153	132	181	205	220	248	308	317	300	183	224	232	195	220
1962	126	116	119	135	155	182	170	196	246	278	243	215	183	195	164	183
1963	152	075	054	088	112	174	164	179	231	250	217	217	172	171	143	160
1964	185	052	041	025	076	048	151	186	235	227	248	163	130	135	138	136
	200	230	270	305	312	303	290	320	355	390	380	280	304	325	272	310
1970	220	260	280	290	310	300	270	300	360	410	400	300	290	320	292	304
1971	230	214	219	258	275	291	293	321	366	404	416	320	302	315	280	300
1972	248	239	230	212	250	306	293	305	348	392	403	346	301	301	293	298
1973	292	270	255	270	287	305	311	309	331	335	373	336	308	307	305	306
1974	287	316	330	320	330	310	324	342	373	386	359	295	325	341	317	331
1975	250	246	229	282	291	290	298	345	377	391	314	262	311	325	260	290
1976	190	179	191	212	246	240	249	255	232	337	315	244	248	253	224	241
1977	184	152	146	216	224	244	243	260	312	334	303	233	249	262	204	338
1978	131	130	147	189	195	216	183	181	239	333	300	264	193	219	192	208
1979	202	140	131	154	167	196	189	207	260	319	339	282	201	213	219	216
1980	210	190	157	192	214	221	207	217	249	287	294	260	215	227	222	225
1981	179	182	191	199	195	227	224	230	272	303	324	227	236	232	232	234
1982	206	220	226	233	243	255	235	234	260	266	267	261	242	247	236	242
1983	229	160	154	182	204	212	223	231	257	254	290	292	222	223	225	224

Продолжение таблицы 4

Год	I	П	Ш	IУ	У	УI	УП	УШ	IX	X	XI	XП	УI-УШ	IУ-X	XI-Ш	За год
I984	229	I90	I72	I72	20I	2II	206	I97	254	328	354	336	205	224	256	239
I985	348	306	207	I57	20I	2I5	22I	2I8	266	32I	345	349	2I8	228	3II	263
I986	237	I66	I86	230	299	236	234	22I	276	330	335	342	230	25I	253	252
I987	239	I80	I74	I59	I97	2I0	223	242	289	329	344	325	225	236	252	243
I988	I90	I5I	I77	2I2	236	253	250	252	3I0	347			252	266		

С целью мелиорации засоленных земель в I962-I968 гг.была построена и введена в эксплуатацию система вертикального дренажа, состоящая из 74 скважин (в I978 г.были построены еще 4 скважины на территории отделения им. Ф.Дзержинского), равномерно расположенных на территории совхоза; нагрузка на одну скважину - I50 га.

Средний дебит скважины - 60-65 л/с. Суммарная проектная мощность откачки - 5,5, фактическая - 3,7-4,5 $м^3/с$ в первые годы эксплуатации и I,5-2,0 $м^3/с$ в последующие. Эксплуатация системы вертикального дренажа создала благоприятные условия для рассоления земель и повышения урожайности культур. В результате откачек на всей территории совхоза наблюдалось снижение уровня грунтовых и напорных подземных вод (табл.4).

Минимальный подъем грунтовых вод (I,3-2,3 м) наблюдался в январе-марте, т.е.после проведения промывок, а максимальный (3,0-4,5) - осенью, перед промывкой. В вегетационный период уровень грунтовых вод изменялся в пределах 2-3,5 м. С пуском системы вертикального дренажа на засоленных землях осенне-зимняя промывка проводилась повышенной нормой: на средне- и сильнозасоленных почвах 4,5-7,0, а на слабозасоленных - 2,5-3,0 тыс.$м^3$/га. До I980-I982 гг.промывная норма в среднем по совхозу составляла 3,0-3,5 тыс.$м^3$/га, а удельный водозабор изменялся в пределах 7,0-I0,5 тыс.$м^3$/га брутто и 6-8,3 тыс.$м^3$/га нетто (табл.5).

Таблица 5

Удельный водозабор по совхозу "Пахтаарал" после ввода СВД в эксплуатацию, $м^3$/га

Год	Водозабор брутто			Водозабор нетто		
	средний за вегетационный период	средний за невегетационный период	средний за год	средний за вегетационный период	средний за невегетационный период	средний за год
I967	5936	2844	8780	4725	2253	6988
I968	5528	34I9	8947	4400	272I	7I2I
I969	5007	I825	6832	3985	I453	5438

Продолжение табл.5

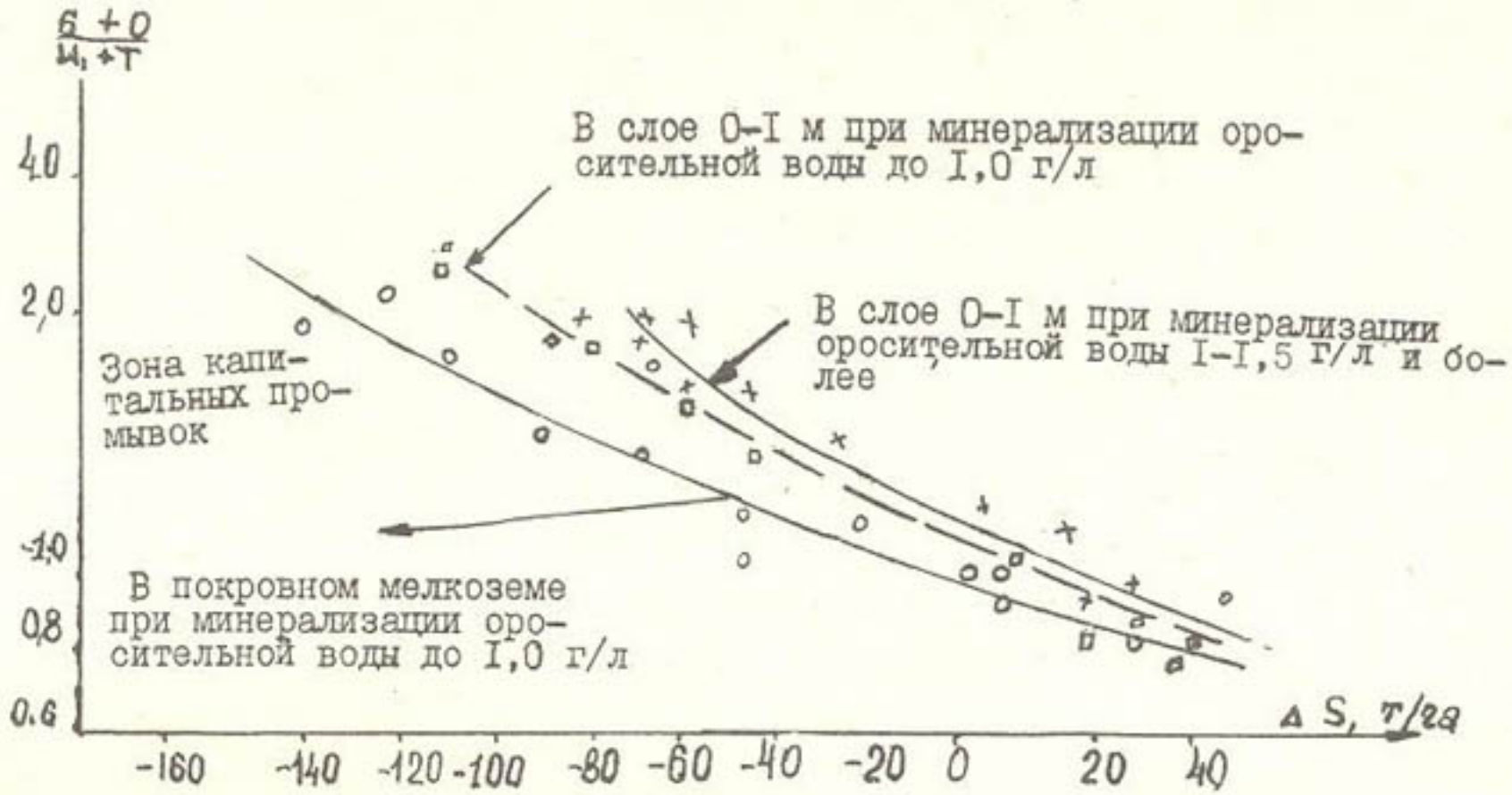
I	2	3	4	5	6	7
I970	6300	3276	9576	50I4	2608	7622
I97I	6550	3734	I0284	52I3	2972	8I85
I972	589I	3360	925I	4689	2674	7363
I973	6049	3082	9I3I	48I5	2453	7268
I974	4393	3233	7626	3497	2573	6070
I975	3796	29I9	67I5	302I	2324	5345
I977	50I8	3377	8395	3994	2688	6682
I978	6I40	I729	7869	4884	I376	6263
I979	5465	3700	9I65	4350	2945	7295
I980	6097	3756	9853	4853	2989	7842
I98I	6586	I9I4	I0500	5242	3II5	8357
I982	5743	I3I7	7060	457I	I049	5620
I983	5693	2840	8533	453I	2260	679I
I984	520I	I664	6865	4I40	I324	5464
I985	4807	3273	8080	3826	2605	643I
I986	4825	I949	6774	3840	I552	5392
I987	3839	237I	62I0	3056	I887	4943

В I967-I980 гг.суммарная удельная водоподача (водоподача нетто+атмосферные осадки) на территории изменялась от 8,7 до II,3 тыс.м^3/га, составив при эвапотранспирации 7,9-8,6 тыс.м^3/га.

Величина отношения водопоступления на поля орошения к суммарному испарению $\left(K = \frac{B+O}{U+T}\right)$ изменялась в пределах I,I3-1,25, что соответствует требованиям промывного режима орошения почв для условий Голодной степи (рисунок).

Величина рассоляющего расхода колебалась в пределах 0,8-2,7 тыс.м^3/га. В указанный период на территории совхоза обеспечивался промывной режим орошения с выносом солей из зоны аэрации 20-30 т/га, а из покровного мелкозема - I4-2I т/га против 5-7 т/га накопления до ввода системы вертикального дренажа в эксплуатацию.

С I968 по I975 год вертикальный дренаж обеспечивал необходимую для рассоления почв дренированность территории порядка 3,5-5,2 тыс.м^3/га. В результате интенсивного дренирования территории и промывного режима орошения, а также проведения осенне-



Изменение запасов солей в почвогрунтах Голодной степи в зависимости от $\frac{В+О}{И+Т}$ на фоне вертикального дренажа.

зимних промывок к 1972 г.было достигнуто повсеместное рассоление почв и опреснение грунтовых вод и всей толщи покровного мелкозема (20-25-метрового слоя). Так, по данным солевых съемок САНИИРИ и Казгипрозема за 1972-1977 гг.,90-94 % орошаемой площади были представлены незасоленными почвами и только 4-8 % - среднезасоленными.

Таблица 6

Изменение урожайности хлопчатника после ввода СВД

Год	Урожайность, ц/га	Год	Урожайность, ц/га
1967	30,3	1978	14,8
1968	20,7	1979	38,1
1969	21,5	1980	35,9
1970	28,0	1981	36,5
1971	34,6	1982	31,5
1972	37,9	1983	35,6
1973	38,6	1984	31,6
1974	40,5	1985	30,8
1975	42,8	1986	33,5
1976	40,8	1987	31,4
1977	40,4	1988	31,4

Максимальный прирост урожайности приходится на годы (табл.6) (1972-1980) усиленного рассоления почв, опреснения грунтовых вод и повышенного удельного водозабора, обеспечивающего промывной режим орошения. В эти же годы система эксплуатировалась удовлетворительно с коэффициентом полезной работы КПРС = 0,3 (при максимуме КПРС 0,5-0,6 в 1968-1974 гг.). При этом КПРС в период проведения промывок был намного больше, чем в вегетационный период.

В 1980-1982 гг.процесс реставрации засоления в совхозе протекал медленно, и к 1983 г.площадь незасоленных и слабозасоленных почв сократилась до 20 %, появилась категория средне- и сильнозасоленных - 8-10 %. В верхних четырех отделениях их площадь составила 21,3 %.

К 1986 г.процесс реставрации засоления почв усилился (см.табл.3), что привело к снижению урожайности хлопчатника.

С 1982 г.совхоз практически не выполняет план поставки хлопка-сырца (33,8 ц/га). Этот процесс протекает при слабом участии грунтовых вод, так как они залегают относительно глубоко. Среднегодовые уровни грунтовых вод в 1980-1988 гг.изменялись от 2,9 до 3,0 м, а в вегетационный период - от 2,3 до 2,7 м На большей части территории ГВ залегают ниже 2,5-2,6 м (см.табл.5). Такое положение объясняется следующими причинами.

1. Сокращение удельной водоподачи нетто поля с 1982 г.Больше всего сокращение идет за счет осенне-зимних промывок, что привело к нарушению принципа соблюдения промывного режима орошения (К<1). Удельная водоподача нетто не превышала 4,0-6,5 тыс.м^3/га при годовой эвапотранспирации 8,8-9,5 тыс.м^3/га. В 1986-1987 гг. общий водозабор составил 82-85 млн.м^3 против 120-135 млн.м^3 в 1970-1981 гг.

2. Рост минерализации оросительной воды. За 15 лет минерализация оросительной воды повысилась вдвое и изменялась в пределах 1,2-1,7 г/л.

3. Резкое снижение дренированности территории.С 1980 г. дренированность территории не превышает 1,6-2,0 тыс.м^3/га, что явно недостаточно для мелиорации засоленных земель. Однако из-за сокращения удельной водоподачи мощность дренажа обеспечивает регулирование уровня грунтовых вод в пределах ниже критической (2,5-2,6 м) глубины для этой зоны.

Таким образом, главной причиной реставрации засоления почв в совхозе "Пахтаарал" и Пахтааральском районе в целом является нарушение принципа промывного режима орошения. В этих условиях засоление происходит за счет накопления солей, поступающих с оросительной водой.

Следует отметить, что в совхозе "Пахтаарал" полив основных культур, главным образом хлопчатника, производится дождеванием. Однако после внедрения вертикального дренажа в связи с необходимостью быстрейшего рассоления почв технология полива сельскохозяйственных культур несколько изменилась.

С 1968 г.полив хлопчатника производится по смешанной технологии: первые два полива - по бороздам, последний - дождеванием или первый полив - дождеванием, последний - по бороздам. Поливы сочетались с осенне-зимними промывками, средняя норма которых составляла 3,0-3,5 тыс.м^3/га нетто по совхозу (отдель-

ные участки промывались нормой 5,0-5,5 тыс.м^3/га). При этом сами поливы осуществлялись повышенной нормой. За вегетацию проводились 2-3 полива дождеванием или 2 полива по бороздам.

На участках, где поливы проводились только дождеванием, поливные нормы достигали 700-900 м^3/га, а на бороздковых участках - I250-I350 м^3/га. Оросительные нормы нетто составляли при дождевании 2,I-2,4, а при бороздковом поливе 2,5-2,7 тыс.м^3/га, т.е. разница в нормах между этими поливами незначительна. В то же время при поливе дождеванием потери воды на испарение (8-I0 %) и на холостые сбросы (до I5-20 %), связанные с переходом с одной позиции на другую, а также увеличение фильтрации из картовых оросителей, нарезаемых через I20 м, неизбежны.

С I976 г.полив по бороздам превалирует над дождеванием. В I987-I988 гг.сильно сократилась площадь земель, на которых проводились поливы дождеванием (табл.7). Сократилось также количество исправно работающих дождевальных установок. В I988 г.в совхозе числилось 43 ДДА-I00 М, из которых исправно работали I9 и ими полито 2,5 тыс.га. Нагрузка на одну машину при двухсменной ее работе - I20-I30 га.

По мнению специалистов, основными причинами сокращения площадей, где производился полив дождеванием, следует считать:

- высокую себестоимость полива дождеванием. Фактическая себестоимость полива дождеванием составляет 32, бороздкового - 8-I0 руб/га, хотя производительность поливальщика в первом случае в 2,5-2,7 раза выше;

- низкую оплату трактористов-поливальщиков и дефицит этих специалистов (несмотря на то, что в совхозе действует школа механизаторов);

- недостаточное удовлетворение заявок на приобретение новых машин и запчастей (за последние 5 лет совхоз получил всего 5 машин), неправильное подведение линий электропередач к скважинам вертикального дренажа, которое мешает развороту ДДА-I00 М;

- трудность в организации техобслуживания дождевальных машин (несмотря на наличие хорошо оснащенных оборудованием механических мастерских по ремонту тракторов в каждом отделении и центральной ремонтно-механической мастерской,где налажены ремонт двигателей и обточка вала).

Таблица 7

Данные по поливу дождеванием в совхозе "Пахтаарал"

Показатели	Год													
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Валовая площадь, га	13286	13286	13286	13286	13275	13206	13206	13206	13206	13206	13206	13206	13158	13158
Орошаемая площадь, га	10597	10597	10791	10785	10597	10775	10736	10709	10691	10691	10691	10691	10688	10688
Площадь под хлопчатником, га	6650	6620	6700	6620	6635	7000	7015	6970	6970	7400	7000	6800	6800	6800
Количество дождевальных агрегатов ДДА-100 М, ДДА-100 МА, шт.				52	48	47	45	46	44	44	45	45	45	43
В том числе новых, шт.				10	7	17	7	7	7	-	-	-	3	2
Количество исправно работающих				40	34	34	33	35	35	35	28	28	27	19
Полив дождеванием, га*)		4197	4344	5100	5700	5123	4570	7116	7800	5396	3400	3415	2818	2504
по бороздам, га*)		4756	6420	1666	4656	5208	5856	2102	1932	2710	7815	5777	5100	5448
Себестоимость одного полива дождеванием, руб/га		17						24						32

*) В совхозе на отдельных участках практикуется смешанный полив: первые два полива дождеванием, третий - по бороздам и наоборот.

Таким образом, многолетние материалы по изменению мелиоративных процессов в совхозе "Пахтаарал" указывают на возможность применения полива дождеванием на засоленных землях. Однако обязательным условием его внедрения является соблюдение требований промывного режима орошения с учетом минерализации оросительных вод. При этом необходимо обеспечить рассоление почв и опреснение грунтовых вод осенне-зимними промывками. В противном случае нельзя ожидать экономии оросительной воды при поливе дождеванием.

Л.Х.Ким, канд.техн.наук
К.К.Таджибаев
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

В.П.Фимкин, канд.с.-х.наук
А.А.Хусанов
(Среднеазиатский филиал НИИЛХ)

ЛОКАЛЬНОЕ ВНУТРИПОЧВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ ОРЕХА ГРЕЦКОГО НА ТЕРРАСАХ

Как известно, внутрипочвенное орошение по сравнению с бороздковым поливом имеет ряд преимуществ: вода подается непосредственно к корневой системе растений; отсутствует сброс ее и физическое испарение с поверхности почвы, что позволяет поддерживать оптимальную влажность корнеобитаемого слоя небольшими поливными нормами при сохранении структуры верхних слоев почвы, предотвратить появление корки на поверхности и ирригационную эрозию, что особенно важно на склоновых землях. Наряду с экономией поливной воды уменьшаются затраты труда по уходу за растениями (рыхление почвы, борьба с сорняками, внесение минеральных удобрений вместе с поливной водой).

В связи со сказанным, разработка почвоохранной, водосберегающей технологии создания промышленных плантаций ореха грецкого в условиях обостряющегося дефицита оросительной воды - важная народнохозяйственная задача.

В 1986-1988 гг. нами проведены исследования на террасированных склоновых землях Паркентского района в совхозе "Чаткал" (экспериментальная база НПО САНИИРИ). Местоположение опытного участка характерно для зоны предгорного садоводства.

Участок внутрипочвенного орошения размещен на склонах западной и восточной экспозиции при крутизне их 25° и более с высотными отметками 600 - 800 м над уровнем моря. Почва - типичный серозем; площадь - 2 га. Однолетние саженцы ореха грецкого высажены на расстоянии I м от выемочной части полотна террасы. Расстояние между саженцами в ряду 5 м. Плотность посадки - 2I8 саженцев на гектар.

Оросительная сеть состоит из участкового распределителя, распределительных и поливных полиэтиленовых трубопроводов диаметром соответственно 63 и 25 мм, пористых пенопластовых очаговых увлажнителей на основе формальдегидной смолы с песчаным наполнителем, представляющих собой фильтрующие воду пористые элементы цилиндрической формы длиной 360 - 400 мм, наружным диаметром I00 мм и внутренней полостью 25 мм [I, 2].

Распределительные трубопроводы со стояками-регуляторами стабилизации напора - размещаются по склону, а поливные трубопроводы с очаговыми увлажнителями - вдоль горизонталей. При этом коэффициент равномерности увлажнения по длине поливного трубопровода $K_p = 0,8$.

Гидравлический режим работы распределительной сети - безнапорный. Смонтированные в местах ответвлений поливных трубопроводов стояки-регуляторы обеспечивают в головной части поливных трубопроводов расчетный напор в пределах I,5 м. Глубина закладки поливного трубопровода с очаговыми увлажнителями составляет 0,5 м. К месту закладки увлажнителей приурочена посадка деревьев.

Для бороздкового орошения на террасированных склонах формула расчета поливной нормы имеет вид

$$m = 100 \cdot H \cdot \Delta W \cdot d_v \cdot K_T , \qquad (I)$$

а для внутрипочвенного очагового орошения -

$$m = 100 \cdot H \cdot \Delta W \cdot d_v \cdot K_T \cdot \alpha_0 , \qquad (2)$$

где m - поливная норма, м³/га;

H - мощность расчетного слоя, м;

ΔW - дефицит влаги между ППВ и заданной влажностью почвы, % к весу сухой почвы;

d_v – объемная масса почвы в слое 0-1,0 м, м/м^3;

α_0 – коэффициент, учитывающий очаговое увлажнение почвы;

K_T – коэффициент террасирования.

Схема опыта по разработке режима орошения приведена в табл.1.

Таблица 1

Схема полевого опыта

Способ орошения	Вариант опыта	Поливная норма, л/дерево	Расчетная глубина увлажнения, м	Напор воды, м	Предполивной порог влажности, % ППВ
Внутрипочвенно-очаговый	В-1	70			–
	В-2	140	1	1,5	75 – 80
	В-3	280			–
Бороздковый	В-4	–	1	–	75 – 80

При назначении размера поливных норм в условиях террасирования использовали коэффициент K_1= 0,43, а также α_0 = 0,06, характеризующий соотношение между площадью распределения основной корневой системы к общей площади питания [3].

Основные показатели режима орошения, динамика влажности почв и влияние их на орех грецкий по вариантам опытов приведены в табл.2, 3 и на рис.1, 2.

Таблица 2

Основные показатели режима орошения плантации ореха грецкого по вариантам опытов (1986 г.)

Вариант опыта	Количество поливов, шт.	Минимальный межполивной период, сут.	Поливная норма, м^3/га	Оросительная норма, м^3/га	Средняя предполивная влажность в метровом слое, % ППВ
В-1	18	6	15	270	70,7
В-2	18	6	30	550	76,9
В-3	18	6	60	1100	86,3
В-4	6	16	360	2100	79,6

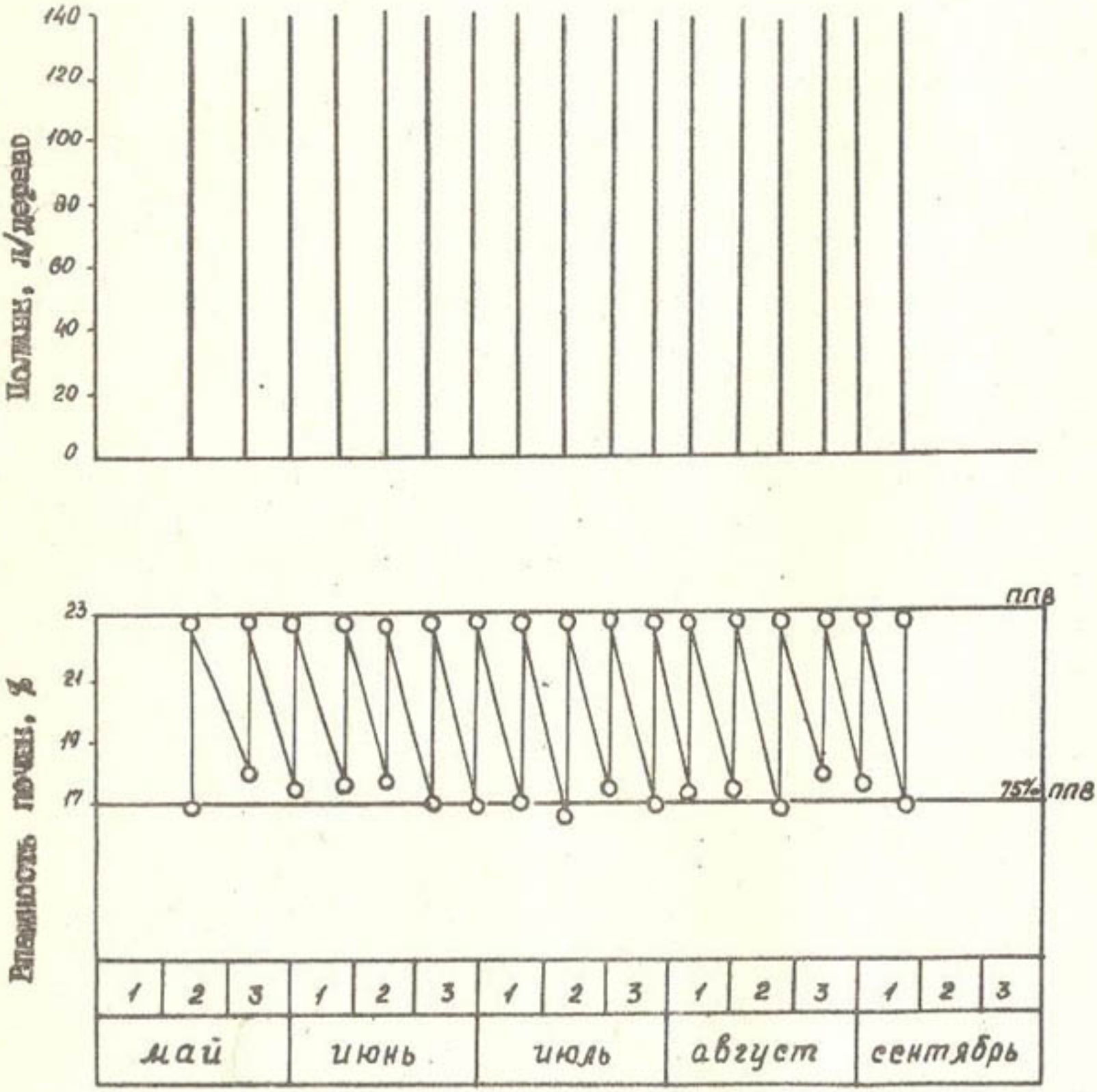


Рис.I. Поливы и динамика влажности почв на участке ВПО в совхозе "Чаткал" (1986 г., вар.2).

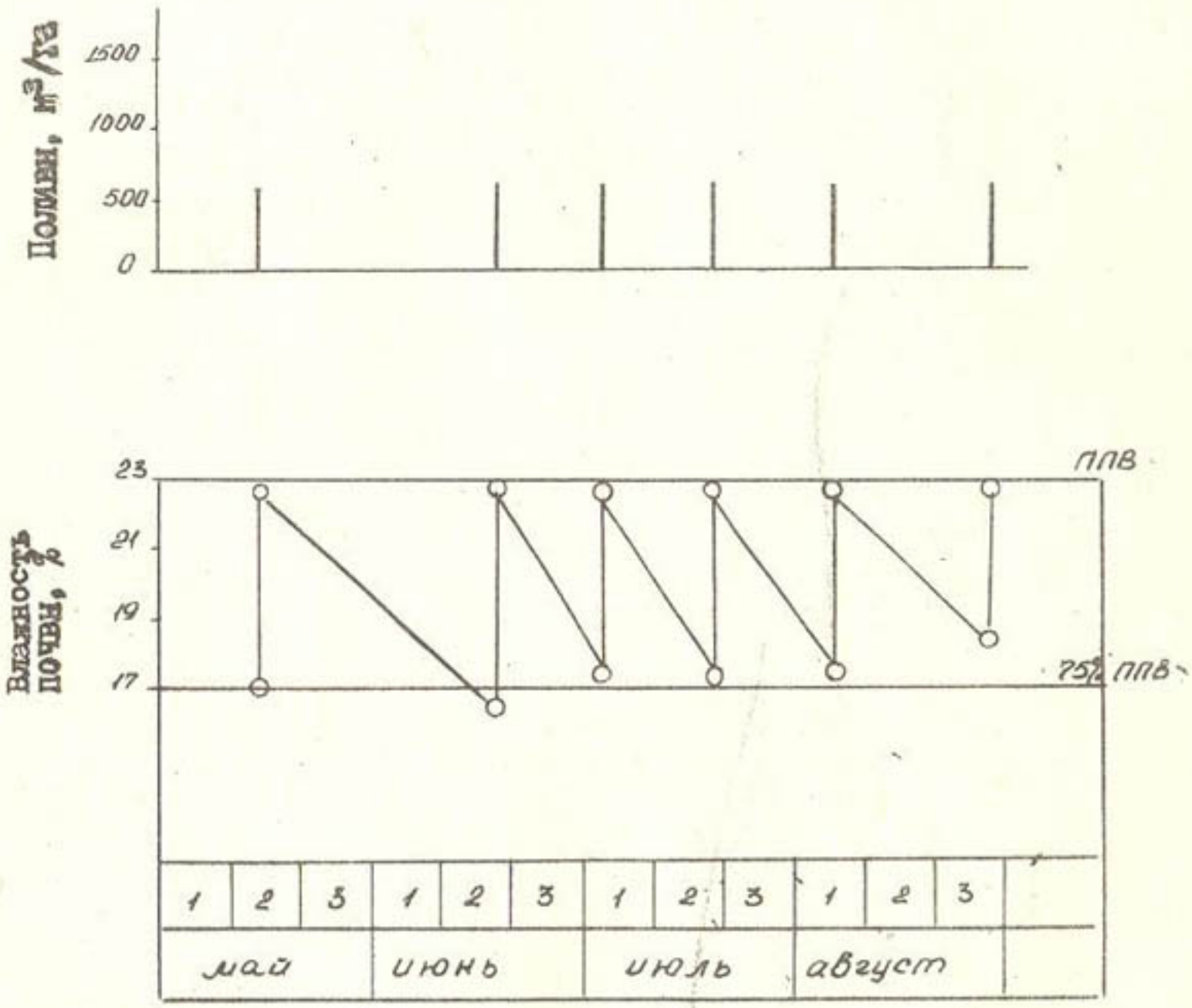


Рис.2. Поливы и динамика влажности почв на участке бороздкового орошения (контроль в совхозе "Чаткал" (1986 г.).

Таблица 3

Приживаемость и рост плантации ореха грецкого по вариантам опытов (1986 г.)

Способ орошения	Оросительная норма, $м^3$/га	Приживаемость, %	Прирост по высоте, см
ВПО:			
В-I	270	63,2	9,9
В-2	550	90,0	I6,3
В-3	II00	96,5	I2,8
БО:			
В-4	2I00	85,2	7,6

Как видно из данных табл.3, лучший прирост по высоте (I6,3 см) получен при внутрипочвенном орошении поливной нормой 550 $м^3$/га; при бороздковом способе полива он составил 7,6 см.

В последующие годы внутрипочвенное орошение проводили поливной нормой I40 л/дерево с минимальным межполивным периодом 6-8 дней. Контролем служил бороздковый полив (табл.4).

Таблица 4

Приживаемость и рост плантации ореха грецкого в совхозе "Чаткал" по вариантам опытов

Способ орошения	I987 г.		I988 г.			Прижиаемость, %
	Прирост, см	Высота, см	Прирост, см	Высота, см	Диаметр корневой шейки, см	
Внутрипочвенный	42,8	I32,8	54,0	I86,8	3,3	80,0
Бороздковый	25,8	II2,2	43,7	I55,9	3,I	74,3

Таблица 5

Влажность почв до и после поливов на вариантах внутрипочвенного и бороздкового орошения на опытном участке "Чаткал" (% к В.С.П)

Глубина, см	ВПО (вариант 2)								БО			
	Номера поливов								Номера поливов			
	2		5		8		I2		2		4	
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после
0-20	I3,I	I6,9	II,4	I5,7	I2,3	I5,4	II,7	I5,9	I3,6	24,I	I3,8	25,3
20-40	I7,4	23,4	I7,6	23,6	I6,4	24,I	I7,4	22,6	I3,7	26,3	I6,2	25,7
40-60	I8,6	22,9	I8,7	26,8	I7,9	27,3	I8,7	24,7	I7,9	25,7	I8,4	26,0
60-80	I9,7	25,I	I9,5	26,I	28,5	26,I	I8,5	I9,0	26,3	I9,9	24,8	I5,I
80-I00	20,7	25,3	20,3	26,7	I9,I	26,2	I9,4	26,4	I9,9	23,7	I9,0	2I,9
0-I00	I7,9	22,7	I7,5	23,8	I6,8	23,8	I7,2	23,2	I7,I	24,9	I7,2	24,8

Из данных табл.4 видно, что и на втором, и на третьем году жизни плантации внутрипочвенное орошение обеспечивает лучший рост растений при экономном расходовании оросительной воды. Так, трехлетняя плантация ореха грецкого в варианте внутрипочвенного орошения имела высоту I86,8 см, а при бороздковом орошении - I55,9.

При поддержании одинаковой предполивной влажности (75 % от ППВ) на контроле (бороздковое орошение) объем водоподачи был значительно выше, чем в вариантах внутрипочвенного орошения (табл.2). В годы исследований на контроле (БО) проведено 5 - 6 поливов с минимальным межполивным периодом I3 - I7 сут. в июле.

Следует отметить, что при одинаковых сроках проведения поливов с разными нормами в вариантах В-2, В-3, В-4 влажность почв в вегетационный период была выше, чем в В-I. После поливов (на следующий день) влажность метрового слоя почв достигла и в некоторых случаях несколько превысила величину предельно-полевой влагоемкости (табл.5).

Из табл.5 видно, что средняя влажность в слое 0 - 20 см оставалось равной I2,I % (к весу сухой почвы), тогда как на контроле она составила I3,8 %.

Таким образом, трехлетний анализ данных полевого опыта показал, что локальный внутрипочвенный способ водоподачи благоприятно влияет на рост и развитие молодых плантаций ореха грецкого в условиях террасированных склонов. Еще большую продуктивность террасы обеспечит внесение удобрений в период поливов. Исследования в этой области в настоящее время проводятся.

Список использованной литературы

I. Лунев В.Г., Ким Л.Х., Вилькова С.Н. Рекомендации по набору оборудования для самонапорных систем подпочвенно-очагового орошения садов на крутых склонах в условиях Узбекской ССР. - Ташкент: I985.- с.25.
2. Лунев В.Г., Ким Л.Х. Руководство по проектированию и эксплуатации самонапорных систем внутрипочвенно-очагового орошения садов на крутых склонах в горных районах Узбекской ССР. - Ташкент: I985.- с.29.

3. Дунев В.Г., Ким Л.Х. Эффективность подпочвенно-очаговоро орошения яблоневых садов на крутых склонах // Тезисы докл.республ.научно-практической конф. по теме "Повышение эффективности использования оросительной воды и производительности труда на поливе". - Ташкент, 1984. - С.34-35.

И.А.Сорокина, канд.геол.-мин.наук
А.У.Усманов, канд.с.-х.наук
Х.И.Якубов, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПУТИ ПОИСКА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В БАССЕЙНЕ Р.СЫРДАРЬИ

Ферганская долина в связи с ее орогидрографической особенностью играет значительную роль в формировании качества воды р.Сырдарьи. Минерализация воды на выходе из долины в последние годы достигает I,2-I,4 г/л при исходном значении ее 0,3-0,35 г/л по Нарыну, 0,32-0,40 - Карадарье и 0,5-0,6 - по мелким рекам.

Непрерывный рост минерализации речной воды при выходе из долины снижает ее пригодность для хозяйственно-питьевых нужд и рыбохозяйственного использования, ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, увеличению затрат оросительной воды на мелиоративные цели, что уменьшает оросительную способность реки и еще более увеличивает дефицит воды в среднем и нижнем течении.

С I975 по I985 год в Ферганской долине отмечается постоянный рост орошаемых земель, водозабора и дренажного стока (табл.I).

Таблица I

Показатель современного использования земель и водных ресурсов Ферганской долины и верховьев Нарына за I975-I985 гг.

Показатель	Средние значения по пятилетиям			Планирование по корректирующей записке I983 г.
	I97I-I975	I976-I980	I98I-I985	
Площадь орошения, тыс/га	I22I	I292	I35I,6	I47I,9
Водозабор, км^3	I8,6I	20,02	2I,30	I8,95
Сток КДВ, км^3	6,78	7,78	7,27	6,65

Весь объем дренажного стока с минерализацией в среднем 2,4 г/л поступает в реку, вследствие чего минерализация воды в реке на выходе из Ферганской долины достигает указанных выше значений. В общем объеме дренажно-сбросного стока промышленно-коммунально-бытовой составляет I,38 км^3 с минерализацией 0,8 - I,5 г/л ; среднемноголетний правобережный - 0,746 и 0,93 ; левобережный - 5,I4 и 2,5-3,0 соответственно.

Таким образом, основным поставщиком солей в реку является территория Центральной Ферганы, где грунтовые воды имеют повышенную минерализацию, земли в разной степени засолены и требуют мелиоративного улучшения. Всего в настоящее время с левого берега сбрасывается 6520 млн.м^3 в год коллекторно-дренажных вод, что при их существующей минерализации приводит к сбросу в реку I5,65 т солей.

Исходя из природно-климатических, почвенно-мелиоративных, водохозяйственных условий региона, снижение выноса солей в реку может быть достигнуто за счет:

- реконструкции оросительных систем для повышения их КПД, создания совершенных дренажных систем, обеспечивающих на орошаемых землях оптимальные мелиоративные режимы, с организацией повторного использования слабоминерализованных коллекторно-дренажных вод на орошение в местах формирования в объемах, которые позволяют почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия региона ;

- рационального внутригодового использования поверхностных и подземных (включая скважины вертикального дренажа) вод дифференцированно по площади региона, обеспечивающего минималь-

ный вынос солей при сохранении плодородия почв;

- снижения удельного водопотребления на поле путем совершенствования техники полива и выбора оптимального направления сельскохозяйственного производства, дифференцированного по почвенно-мелиоративным, водохозяйственным и социально-экономическим условиям региона;

- сокращения поступления в коллекторно-дренажную сеть стоков промкомбыта и перевода промышленных предприятий на оборотное использование воды и утилизации их после предварительного обезвреживания и очистки;

- оптимизации режима работы водохранилища, подачи воды на поле и отведения их с полей орошения, а также соблюдения режима пропуска воды в Аральское море.

Каждое из указанных направлений может обосновываться и осуществляться самостоятельно и параллельно. Третье, четвертое и пятое направления нами не рассматриваются. Отметим лишь, что при реализации третьего направления в схеме водопользования могут быть учтены рекомендации первых двух.

По первому направлению группой А.У.Усманова проведены детальные многолетние исследования на 613 тыс.га валовой площади Центральной Ферганы. На основании выполненного по этой зоне инженерно-мелиоративного районирования (рис.1) для различного уровня совершенствования оросительных систем определен необходимый объем "чистого" дренажного стока (табл.2) и его минерализация для горизонтального и вертикального дренажа (табл.3 и 4).

Таблица 2

Прогнозный объем дренажного стока по инженерно-мелиоративным районам Центральной Ферганы (площадь 613,05 тыс.га)

Инженерно-мелиоративный район	Дренажный сток на площади брутто, млн.м^3 при КПД				
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
I	1703,3	1543,53	1407,54	1305,04	1186,93
II	2232,98	2000,38	1816,07	1655,49	1515,18
III	1323,59	1190,47	1075,95	976,91	890,15
Итого	5259,87	4734,38	4299,56	3937,44	3592,26

Исходными данными для прогноза минерализации послужили результаты гидрохимических съемок, проведенных в I965, I975 и I986 гг. экспедицией САНИИРИ по установлению качества дренажных вод в местах их выклинивания без смеси с водой поверхностных источников, натурные наблюдения на СВД, а также материалы НПО "Узбекгидрогеология", проектного института "Ферганагипроводхоз" и других водохозяйственных организаций Ферганской долины.

Указанный в таблице объем стока может быть получен любым типом дренажа, но при разном регулировании уровня в дренах. Наиболее консервативным в этом отношении является горизонтальный дренаж, а более управляемым - вертикальный. При этом практически всегда можно подобрать такие понижения в скважинах вертикального дренажа, которые обеспечат требуемую норму осушения в покровных мелкоземах.

Многовариантные проработки при различных уровнях совершенствования оросительной сети, типах дренажа и объемах использования дренажной воды на орошение в местах ее формирования показали возможность снижения выноса солей в реку и, соответственно, уменьшения минерализации речной воды на выходе из долины (табл.5).

Следует отметить, что только переход на совершенные типы дренажа без реконструкции оросительной сети приводит к повышению дренажного стока на 8-I0 % и дополнительным непроизводительным потерям воды.

Экономическая оценка показала, что наиболее перспективным в снижении минерализации воды в реке, а также поддержании оптимального мелиоративного режима, является вариант смешанных типов дренажа (рис.I). По сравнению с существующим выносом в I5,65 млн.т солей (сбросе 6520 млн.м^3 стока коллекторно-дренажных вод), он позволяет уменьшить его в I,5-2,0 раза: минерализация на выходе из долины составит I,03-0,82 г/л ; при этом может быть сэкономлено около 2000 млн.м^3 поверхностного стока.

Второе направление базируется на рациональном использовании существующих ресурсов подземных вод во внутригодовом разрезе и по площади. При этом мы придерживаемся следующих позиций:

приоритет в использовании пресных подземных вод принадлежит хозяйственно-питьевому и промышленно-техническому водоснабжению ;

отбор подземных вод на орошение и вертикальный дренаж наносит ущерб поверхностному стоку, величина которого зависит от уда-

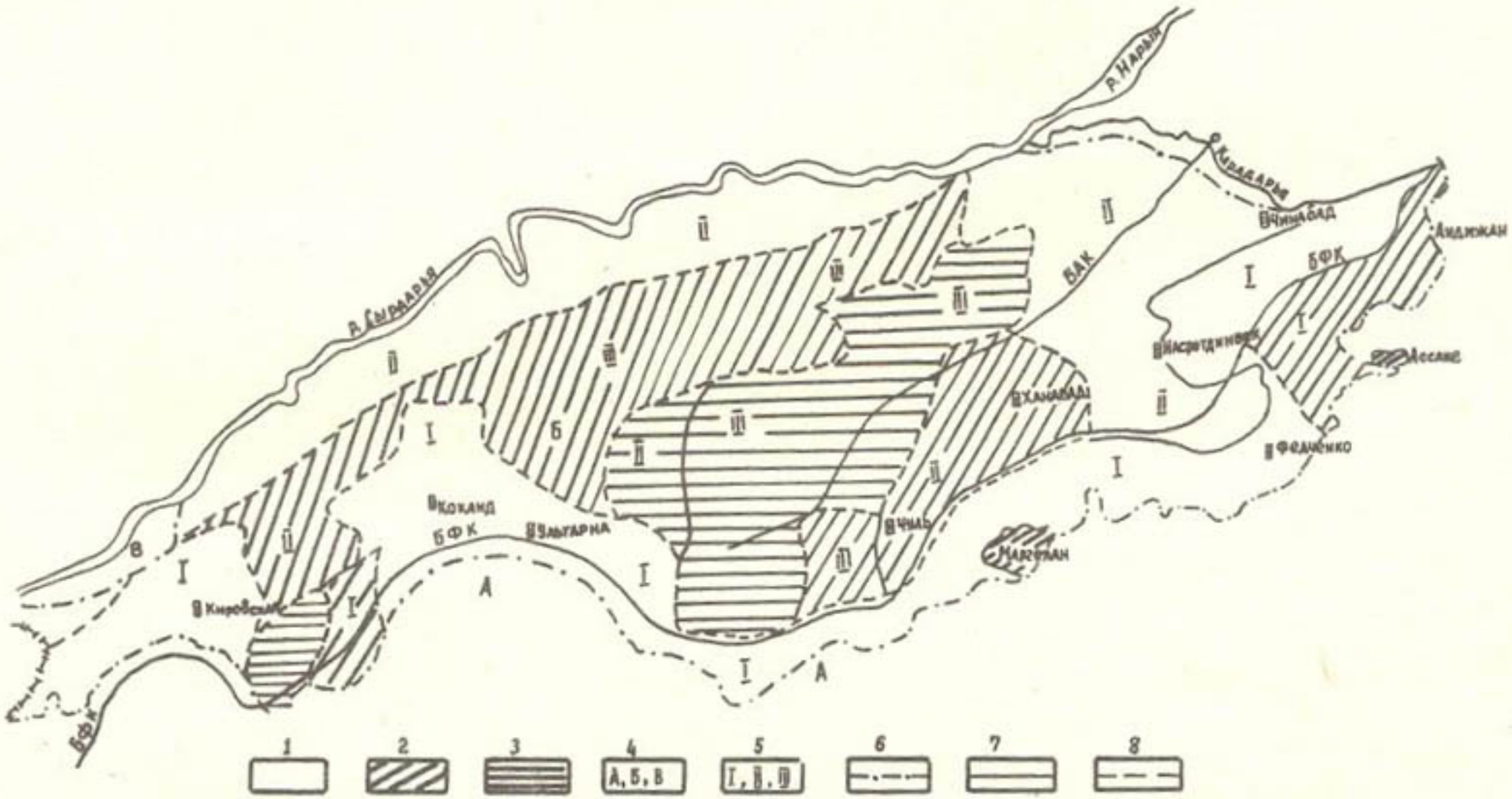


Рис.I. Схематическая карта инженерно-мелиоративного районирования Центральной Ферганы:

I - площади перспективного развития ВД; 2 - то же, комбинированного дренажа; 3 - то же, горизонтального; 4 - инженерно-мелиоративные области (А-область, не требующая дренажа; В - область, исключаемая из контура); 5 - инженерно-мелиоративные районы (I - район, требующий несложного комплекса мероприятий, II - требующий сложного комплекса мероприятий; III - район, требующий очень сложного комплекса мероприятий); 6, 7 - границы инженерно-мелиоративных областей и районов; 8 - площади по типам дренажа.

Таблица 3

Прогнозная минерализация дренажного стока при переводе территории на горизонтальный дренаж (площадь 613,05 тыс.га)

Инженерно-мелиоративный район	Предельная минерализация при различном КПД, г/л				
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
I	2,76	2,74	2,72	2,71	2,68
II	4,46	4,46	4,46	4,46	4,46
III	5,95	5,94	5,95	5,95	5,95
Средняя	4,28	4,27	4,25	4,25	4,25

Таблица 4

Прогнозная минерализация откачиваемых вод при переводе территории на систему вертикального дренажа (площадь 613,05 тыс.га)

Инженерно-мелиоративный район	Предельная минерализация при различном КПД, г/л				
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
I	0,91	0,91	0,92	0,91	0,92
II	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
III	2,35	2,36	2,36	2,36	2,37
Средняя	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40

ленности водозаборных скважин от водотоков.

В 70-ые годы группой сотрудников ГИДРОИНГЕО под руководством проф.С.Ш.Мирзаева по областям Ферганской долины были оценены региональные эксплуатационные запасы подземных вод. Однако опыт эксплуатации подземных вод показывает, что по ряду месторождений эти запасы существенно занижены. В качестве примера приведем данные по двум месторождениям (табл.6).

Это дает нам основание при близких грунтовых водах "нарастить" мощности оросительно-осушительных и оросительно-осушительно-рассолительных систем ВД с использованием откачиваемых вод на орошение.

Таблица 5

Прогнозный объем отводимого стока КДВ и солей в р.Сырдарью из Центральной Ферганы при различной степени совершенства оросительной системы, варианте дренажа и объеме использования дренажной воды на орошение

КПД	Показатели	Дренаж										
		Горизонтальный			Вертикальный				Смешанный			
		процент использования на местах формирования										
		0	10	30	0	20	35	54	0	18	29	44
0,65	Сброс КДВ в Сырдарью, млн.м³	4734,38	4260,98	3314,18	47,34,38	3752,38	3064,4	2178	4734,38	3871,38	3462,38	2654,38
	Отвод солей в Сырдарью, млн.т	20,22	18,19	18,19	6,63	6,63	4,29	3,05	10,90	9,99	9,95	8,70
	Минер.речной воды, г/л	1,84	1,65	1,31	0,93	0,78	0,69	0,59	1,21	1,09	1,06	0,94
0,75	Сброс КДВ В Сырдарью, млн.м³	3937,44	3537,0	2734,58	3937,44	3118,44	2544,44	1806,4	3937,44	3215,36	2875,85	2196,86
	Отвод солей в Сырдарью, млн.т	16,73	15,63	11,62	5,51	4,36	3,56	2,53	9,0	8,23	7,87	7,16
	Минерализация речной воды г/л	1,52	1,41	1,11	0,81	0,7	0,63	0,55	1,02	0,94	0,89	0,82

Таблица 6

Область	Месторождение подземных вод	Оцененные региональные эксплуатационные запасы ПВ, тыс.м³/сут	Суммарный существующий отбор, тыс.м³/сут	В том числе ОРЗ и ВД тыс.м³/сут	Минер. стока ВД, г/л	УГВ, м
		по материалам ПО "Узбекгидрогеология"				
Андижанская	Андижан-Шарихан-ское	665,3	892,I	5I9,0	I-3	I-3
Ферганская	Алтыарык-Бешалык-ское	802,4	2308,I	I5I4,4	I-3 3-6	I,5-3,0

В табл.7 приведены перспективные ресурсы на ОРЗ и ВД. При этом использованы данные по существующей оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод с учетом перспективной потребности на 2005 год на хозяйственно-питьевые и промышленно-технические нужды (по данным Коммунинжпроекта и института Сельхозводоснабжение).

Таблица 7

Перспективные ресурсы подземных вод Ферганской долины на ОРЗ и ВД, млн.м³/год

Область	Регион. экспл. запасы (ПО Узбекгидрогеология)	Потребность на 2005 год на ХПВ и ПТВ	Существующий отбор на ОРЗ и ВД (ПО Узбекгидрогеология)	Перспективные ресурсы на ОРЗ и ВД	Дополнительные на ВД для обеспечения оптимального мелиор. режима	Ущерб поверхностному стоку
Андижанская	I082,9	52I,5	435,3	I26,I	200	
Наманганская	I880,64	590,4	420,4I	869,83	-	
Ферганская	26I0,9	I352,8	I362,36	-I04,26	700	
Итого	5574,44	2464,7	22I8,07	89I,07	900	270

Согласно нашим расчетам (А.У.Усманов), без реконструкции оросительной сети сток КДС увеличивается на 8-I0 % за счет ущер-

ба поверхностному. Простейшие гидродинамические расчеты показывают, что при дополнительном изъятии 1792 млн.м^3 СВД для равнинной зоны и понижении УГВ на 1-1,5 м за счет ущерба формируется 13-15 % дренажного стока, а для небольших межгорных впадин до 30-35. Из последних дополнительными ресурсами на ОРЗ в объеме годового стока около 20 млн.м^3 обладает лишь Исковат-Пишкаранская впадина.

В соответствии с натурными данными и прогнозными проработками (рис.1, табл.2 и 4), 25 % стока СВД приходится на зону со средней минерализацией 2,35 г/л ; по остальной зоне левого и правого берега Сырдарьи минерализация по СВД - до 1,5 г/л, вода пригодна к орошению.

Таким образом, сток КДС Ферганской долины по своим составляющим и качеству может быть представлен следующим образом (табл.8).

При зарегулированном стоке Нарына после Учкургана в 11,14 км^3, стоке Карадарьи 3,3 км^3 (зарегулирован Андиканским водохранилищем), притоке боковом 2,26 км^3 и подрусловом 3,0 км^3, забоpе из ствола реки 12,5 км^3 сток перед Кайраккумом составляет 14,5 км^3 со среднегодовой минерализацией 1,4 г/л, т.е.то, что мы и получили расчетным путем при существующем уровне использования подземных вод на ОРЗ и техническом состоянии оросительной сети (табл.8).

Расчеты, приведенные в табл.5, показывают, что только ВД в пределах Ферганской долины может способствовать экологическому оздоровлению реки. Улучшение мелиоративного состояния земель необходимо осуществлять наращиванием мощности вертикального дренажа. Литолого-гидрогеологические условия долины позволяют применять его повсеместно и с его помощью достигать требуемой нормы осушения за счет регулирования режима его работы (длительности и понижений в скважинах). Более интенсивное использование на ОРЗ пресных подземных вод позволяет оставить в реке 1,9 км^3 воды. Если же наряду с этим провести реконструкцию оросительной сети, довести ее КПД до 0,65-0,75, то появится возможность уменьшить сток горизонтального дренажа на 10 и 30 %. Тогда сток у Кайраккума составит 17,3 и 18,9 км^3 при его среднегодовой минерализации соответственно около 1,0 и 0,8 г/л. Безусловно, в невегетационный период минерализация будет несколько выше.

Таблица 8

Сток КДС и ресурсы ПВ Ферганской долины в существующих условиях (без горной части)

Показатель	Возможный объем стока, млн.м³/год	Минерализация стока, г/л	Поступление в реку, млн.м³/год	Используется на ОРЗ, млн.м³/год	Объем солей, поступающий в реку, млн.т/год
Правый берег (Наманганская область)					
ОРЗ	322,66	до I,0	-	322,66	
ВД	97,75	до I,5	68,75	29,0	0,I03
Горизонтальный дренаж	677,25	0,93	677,25	-	0,63
Левый берег (Андижанская и Ферганская области)					
ОРЗ	903,I9	до I,0	-	903,I9	
ВД	I85,0	2- 3	I85,0	-	0,46
ВД	555,0	до I,5	389,0	I66,0	0,58
ГД	I460,0	до I,5	I24I,0	2I9,0	I,86
ГД	I946,0	до 3,0	I764,0	200,0	5,29
ГД	II42,0	5- 6	II42,0	-	6,28
Сток пром.ком. быта	I380	0,8-I,5	I380,0	-	I,59
Итого в существ. условиях			6847	I839,85	I6,8
Минерализация речного стока					I,39 г/л

Очевидно, для Ферганской долины необходимо принципиально изменить режим работы СВД. Для зоны подземных вод с минерализацией до I,5 г/л, пригодной для орошения (рис.2), эксплуатация СВД должна планироваться с учетом режима орошения - получения необходимого объема воды, и в то же время должна обеспечиваться требуемая норма осушения.

В зоне с минерализацией более I,5 г/л интенсивную эксплуатацию СВД целесообразно приурочить к невегетационному периоду со сбросом откачиваемых вод в Сырдарью. Эти скважины должны эксплуатироваться с максимально возможным дебитом и максимальным понижением. В летний период для восстановления сработанных ресурсов скважины либо не эксплуатируются, либо работают с минимальным расходом для поддержания требуемой нормы водопонижения. При этом за счет достигнутых больших понижений в невегетационный период обеспечивается емкость для восполнения подземных вод в вегетацию до заданных глубин.

Такой режим снизит расходы горизонтальных дрен в этой зоне, что уменьшит вынос солей в реку, но около I,0 млн.т солей поступит за счет ВД - при стоке от последнего до 0,5 км^3.

В общем может быть подобран такой режим эксплуатации СВД этой зоны, который не приведет к существующему повышению минерализации речной воды на выходе из долины, а также предотвратит реставрацию засоления. Определенные изменения в режиме работы Кайраккумского и Чардаринского водохранилищ позволят почти без потерь пропустить эти объемы воды по реке в Арал. Это возможно в связи с тем, что в нижнем течении реки из-за преобладания рисового севооборота вода на промывки не нужна и трасса реки свободна для прогонки до и после периода ледостава. Аналогичный дифференцированный режим работы СВД может быть создан и для среднего течения реки. Даже если произойдет повышение минерализации стока в невегетацию до I,2-I,5 г/л, вариант такого режима целесообразен, так как невегетационный сток почти не будет загрязнен ядохимикатами, а хозяйственно-питьевое водоснабжение Кызылорды и населенных пунктов Кызылординской области должно осуществляться за счет Яныкурганского и других месторождений подземных вод. Тогда режим наполнения Чардаринского водохранилища, как регулятора водообеспеченности низовьев, должен совпасть с режимом паводка р.Чирчик и Сырдарьи и соответствовать марту-маю.

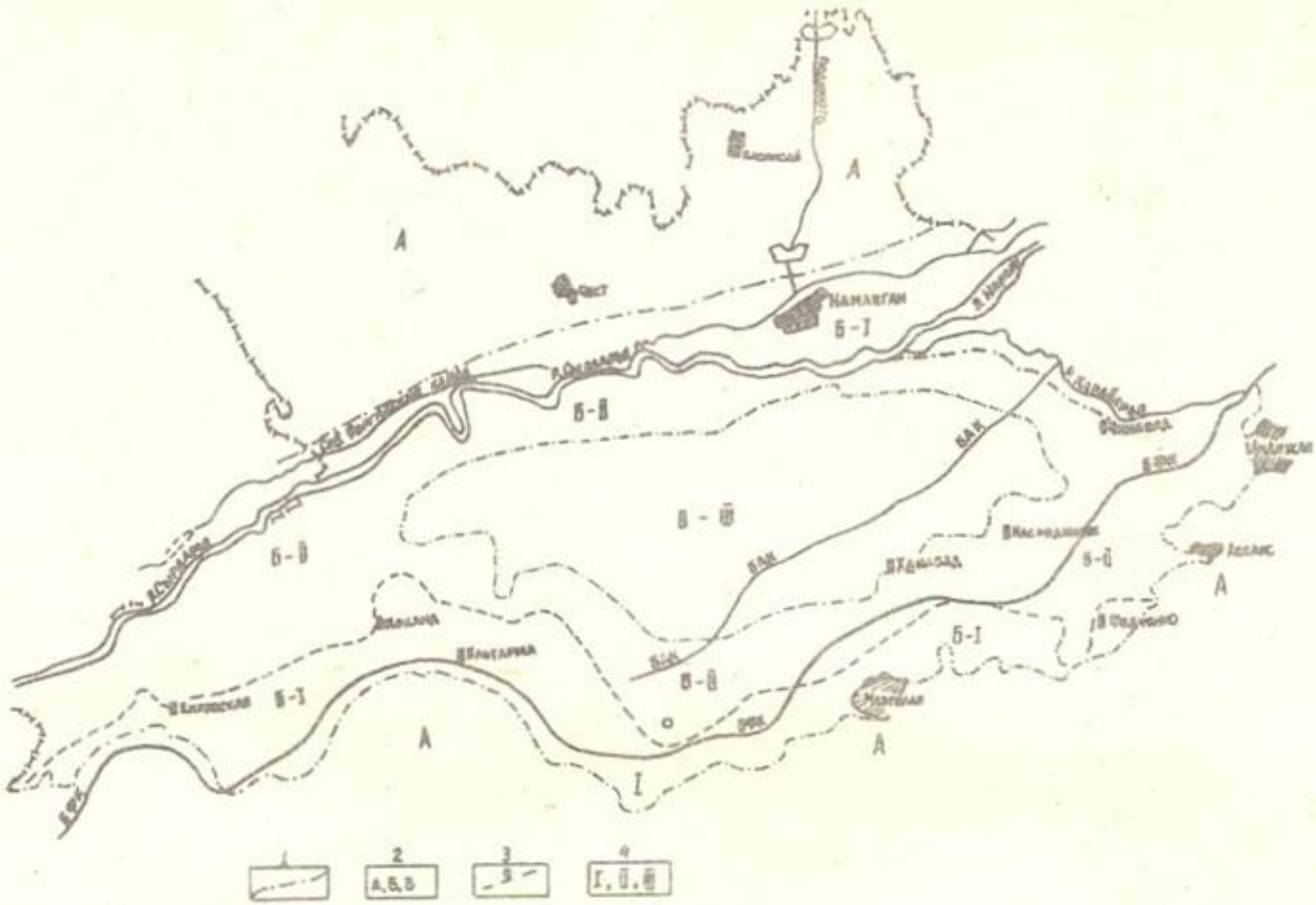


Рис.2. Схематическая карта минерализации подземных вод:

I - граница зон разной минерализации подземных вод (до 100 м), 2 - зоны разной минерализации (А - пресные; Б - слабоминерализованные; В - сильноминерализованные), 3 - границы областей формирования различных качеств дренажных вод; 4 - области с различной минерализацией дренажных вод (I - до 2,5 г/л, II - 2,5 - 6,0 г/л, III - 6,0 г/л).

При реализации любого из рассмотренных вариантов потребуются немалые капитальные вложения в организацию водопользования - бурение новых скважин ВД и на ОРЗ, сбор и подачу откачиваемой воды на поля орошения; на реализацию режимов работы системы СВД; реконструкцию оросительной сети для повышения ее КПД.

Однако если эти мероприятия приведут к экономии 3-4 км^3 воды и снижению минерализации воды ниже I г/л у Кайраккумского створа, то эти затраты будут оправданны, но должна быть продумана и реализована технология пропуска по Сырдарье этой воды в Арал.

Все это - предварительная попытка количественного обоснования некоторых из путей оздоровления экологической обстановки реки. Выбор наиболее оптимального варианта требует серьезных дальнейших проработок - мелиоративных, гидрологических, экономических, водохозяйственных.

Ш.М.Махмудов, канд.техн.наук
В.М.Шипилов
К.К.Толабаев
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

НОВЫЙ АНТИФИЛЬТРАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Основным материалом для создания антифильтрационной облицовки каналов являются бетон и железобетон, и по их устройству уже накоплен значительный опыт.

Хорошо уложенный монолитный бетон практически водонепроницаем. Однако железобетонные плиты для покрытия каналов в настоящее время не находят широкого применения из-за трудностей, возникающих при механизации устройства водонепроницаемых швов между элементами облицовки. Вопрос о полной механизации работ, обеспечении необходимыми бетоноукладочными машинами еще не решен.

В последние годы в различных странах мира при строительстве каналов и водоемов в качестве водонепроницаемых облицовок применяют различный рулонный материал на полимерно-битумной и битумно-каучуковой основе: во Франции - позолен, жертуа; в ФРГ - оппаноль, зутил, эсобутил; США - неоприн, бутунол-эссо; Канаде - бутилруфинг; Японии - фудзи, бен; Голландии - герталан, кальтан;

Австрии - семпалан, ретан ; Югославии - кондор, трабис ; Чехословакии - склобит, битогит ; ГДР - репанол ; Венгрии - таурус и т.д.

Выпускаемый за рубежом облицовочный материал имеет толщину от 1 до 5 мм ; предел прочности при растяжении составляет 2-19 МПа; температурные пределы применения от -50 до +130°С /2, 3/.

В отечественной практике применяется полимерно-композиционный материал на основе бутиловых каучуков. Однако выпуск его ограничен, да и свойства материала не отвечают требованиям стабильности .

НПО САНИИРИ совместно с Московским опытно-экспериментальным заводом полимерных изделий (МОЗЭПИ) в 1987 году создал новый антифильтрационный материал, изготовленный из синтетических каучуков, полиэтилена, нефтяного битума, резинового порошка, технического углерода. Но, как показали исследования, этот материал не полностью отвечает предъявляемым к облицовочным материалам требованиям как по водопоглощению, так и по водонепроницаемости, в связи с чем появилась необходимость в его усовершенствовании.

При разработке и подборе компонентов композиции для изготовления рулонного антифильтрационного материала, получившего название "асрасув", мы придерживались основных требований, необходимых для противофильтрационных экранов :

разрушающее напряжение при растяжении - не менее 3 МПа ;

относительное удлинение при разрыве - не менее 50 % ;

плотность - более 1,0 г/см^3 ;

морозостойкость - не менее -40°С;

стойкость к воздействию агрессивных сред ;

атмосферостойкость - потеря прочности не более 60 % и относительное удлинение не более 80 % после 10 лет эксплуатации в сооружениях без защитного слоя ;

сопротивляемость прорастанию камыша через пленку за счет повышения ее эластичности, введения антисептиков или заглубления экранов на глубину, недоступную прорастаемости растительности.

При разработке материала "асрасув" нами исследовано более 50 составов в разных соотношениях и с разными компонентами, такими, как бутилкаучук марки БК-1675 Т или БК-2045 Т ; бутадиен-

метилстирольный каучук СКМС-30 АРК ; полиэтилен, резиновый порошок. Изучались также отходы производства синтетических каучуков: крошка бутадиен-стирольная (БСП) и полимерная крошка латексная (ПКЛ-ВФ) ; битум нефтяной кровельный БНК 70/30 или БНК 90/30 ; углерод технический (П-514) и антисептики.

Количество компонентов в составе композиции изменялось в основном в зависимости от получения таких критериев, как прочность, растяжимость, относительное, а также остаточное удлинение, морозостойкость, температура размягчения, химическая и биологическая стойкость, атмосферостойкость и водонепроницаемость. На выбор и количество компонентов композиций влияли их доступность, дешевизна используемых местных материалов, вовлечение вторичных ресурсов синтетических каучуков и полиэтилена.

Каждый компонент в определенном количестве влияет на свойства композиционного материала "асрасув". Так, нефтяной битум в композиции повышает жизнеспособность материала в атмосферных условиях и в водной среде, полиэтилен усиливает прочность и растяжимость ; отходы синтетических каучуков уменьшают остаточную деформацию, благодаря чему предотвращается прорастание камыша через пленку ; наполнитель - вулканизированная резиновая крошка - повышает прочность и ценные свойства пленки, утилизирует отходы ; модификаторы повышают стабильность и биостойкость композиции.

Нами выбрано около 20 композиций, определены их основные показатели: прочность при разрыве и растяжимость.
В пределах максимальных и минимальных количеств компонентов методом многофакторного эксперимента с использованием рототабельного планирования 2-го порядка определяли функции основных показателей и вводили их в ЭВМ ЕС-1035. В свою очередь, ЭВМ по заранее запрограммированным данным с учетом таких показателей, как прочность и растяжимость, дает программу на графостроитель ЕС-7051.

При разработке композиции мы использовали основные составляющие трех компонентов: X_1- отходы производства синтетических каучуков ; X_2- нефтяной битум и X_3- полиэтилен.

Для получения на графостроителе ЕС-7051 кривых на плоскости X_3 приравнивали к константе (рис.1). Пространственным телом полученных функций двух аргументов (X_1; X_2) является поверхность.

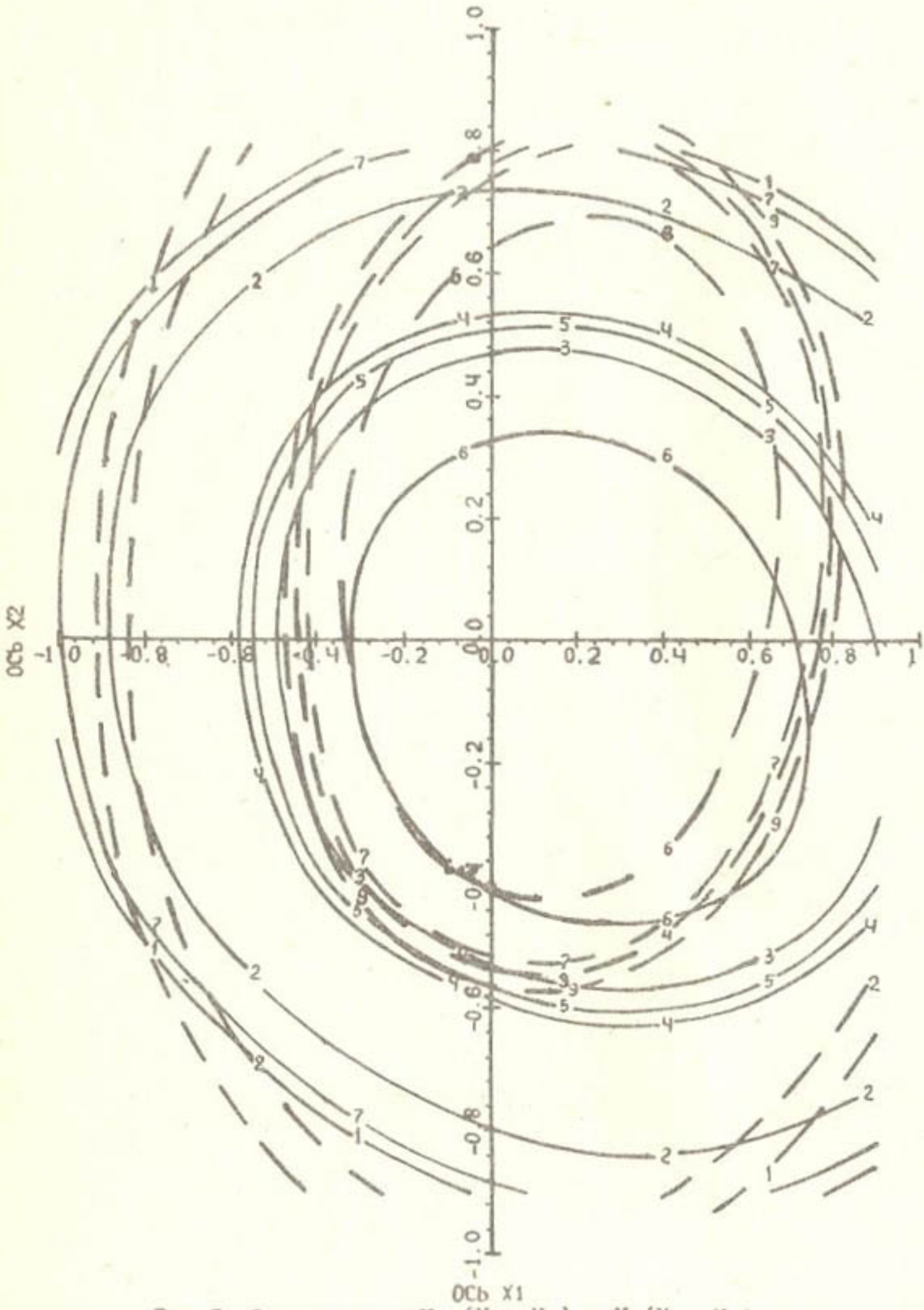


Рис.I. Зависимости $У_I$ (X_I, X_2) и $У_2(X_I, X_2)$.

Для получения линии уровня каждой из функций был использован метод проектирования на плоскость X_I – константа – X_2 параллельных сечений.

Таким образом, изображенные на рис.I линии являются проекциями (7 проекций для каждой функции) срезов поверхности, представляющей собой своеобразный "холм", вершина которого проецируется в точку, определяемую координатами $X_{Iопт}$ и $X_{2опт}$. Это оптимальные значения исследуемых факторов.

По результатам исследований выведены оптимальные составы битумно-полимерных композиций (табл.I).

Таблица I

Оптимальные составы битумно-полимерных композиций "асрасув"

Компоненты	Содержание компонентов			
	I	П	Ш	IУ
Нефтяной битум кровельный БН-90/30 ГОСТ 9584-74	34	35	37	38
Полиэтилен (I:I) ПЭНД ГОСТ I6338-85 и ПЭВД ГОСТ I6337-77	22	22	20	I8
Отходы производства синтетических каучуков БСП ТУ 38-I03557-84 или ПКЛ-ВФ ТУ 38-40356-85	35	36	37	39
Наполнитель (вулканизированная резиновая крошка) ТУ 400-705-25-86	6	5	4	4
Модификаторы	3	2	2	I

Антифильтрационный материал "асрасув" исследовали с учетом ряда факторов, которые будут влиять при эксплуатации материала в атмосферных условиях под грунтом, в пресных водах, в различных минерализованных грунтовых водах, а также в жидкой агрессивной среде. Критерием оценки стойкости материала на разных этапах испытаний служили показатели изменения физико-механических характеристик по прочности и величине относительного удлинения (табл. I-5).

Изучение стойкости композиции в жидкой среде имеет большое практическое значение при разработке рецептуры смесей для изделий, соприкасающихся в процессе эксплуатации с агрессивной средой.

Для определения водопоглощения образцы помещали в водные растворы кислот, щелочей и сульфатных солей, а также в комплексные растворы сульфатно-хлоридных минерализованных вод с концентрацией солей 25, 50 и 66 г/л.

Таблица 2

Изменение массы рулонного материала "асрасув" при экспонировании в пресной воде

Тип рулонного материала	Водопоглощение в течение суток, %							
	I	3	7	I4	30	90	I80	360
I	0,20	0,60	I,00	I,30	2,I0	2,50	4,50	4,80
П	0,40	0,70	0,97	I,25	2,I0	2,60	4,90	4,95
Ш	0,20	0,50	I,20	I,20	I,40	2,50	4,00	4,50
IУ	0,I0	0,20	0,20	0,50	0,60	2,30	4,00	4,30

Таблица 3

Изменение массы рулонного материала "асрасув" при экспонировании в минерализованных грунтовых водах при концентрации комплексных солей 50 г/л

Тип рулонного материала	Водопоглощение в течение суток, %							
	I	3	7	I4	30	90	I80	360
I	0,20	0,30	0,47	0,53	0,75	0,90	I,I3	2,00
П	0,I0	0,20	0,28	0,40	0,70	0,87	I,I0	I,80
Ш	0,I0	0,50	I,00	I,I0	I,20	I,70	I,90	2,I0
IУ	0,05	0,30	0,40	0,60	0,40	0,80	0,90	0,94

По данным лабораторных исследований, а также математического планирования мы выбрали оптимальный состав рулонного материала "асрасув", мас.%:

нефтяной битум БН 90/30 ГОСТ 9584-74 - 34-38

полиэтилен (I:I) ПЭНД ГОСТ I6338-85 - I8-22

ПЭНД ГОСТ I6337-77

отходы производства синтетических

каучуков БСП ТУ 38-I03557-84 или ПКП В5 ТУ-38-403356-85	- 35-39
наполнитель (вулканизированная резиновая крошка) ТУ 400-705-25-86	- 6-4
модификаторы	- 3-I

Таблица 4

Влияние пресной воды на изменение физико-механических свойств рулонного материала "асрасув" (в течение суток)

Тип рулонного материала	Прочность при растяжении, МПа / Относительное удлинение при разрыве, %							
	I	3	7	I4	30	90	I80	360
I	6,30 / 96,0	6,48 / 97,0	6,80 / 96,4	7,00 / 97,8	7,00 / I00,I	7,I3 / I06,6	7,05 / 94,2	7,00 / 88,0
II	6,9I / I06,0	7,I3 / I03,I	7,54 / 98,4	7,7I / 96,0	7,98 / 94,7	8,I8 / 95,3	7,88 / I0I,3	7,6I / I0I,7
III	6,53 / 82,4	6,69 / 82,5	6,98 / 83,3	7,I9 / 84,I	7,36 / 85,96	7,30 / 88,04	7,I2 / 89,2	7,09 / 83,0
IУ	6,26 / 9I,3	6,42 / 92,2	6,7I / 93,03	6,95 / 95,II	7,I0 / 08,0	7,I9 / I0I,6	7,69 / 97,0	6,87 / 92,I7

Таблица 5

Влияние минерализованной грунтовой воды при концентрации солей 50 г/л на изменение физико-механических свойств рулонного материала "асрасув" (в течение суток)

Тип рулонного материала	Прочность при растяжении, МПа / Относительное удлинение при разрыве, %							
	I	3	7	I4	30	90	I80	360
I	6,35 / 96,0	6,48 / 96,6	6,50 / 92,I	7,06 / 86,6	7,32 / 83,0	7,70 / 80,9	8,I0 / 84,0	7,80 / 80,9
II	6,90 / I02,0	7,I8 / I0I,5	7,56 / I03,I	7,69 / I03,4	7,76 / 98,6	8,I0 / 96,7	7,83 / 94,3	77,5 / 94,I
III	6,56 / 83,I	6,72 / 82,3	6,96 / 83,4	7,32 / 83,8	7,45 / 80,4	7,68 / 79,0	7,4I / 76,2	7,I3 / 75,7
IУ	6,25 / 9I,3	6;37 / 90,0	6,42 / 9I,I2	6,86 / 93,I4	7,I9 / 98,2	7,09 / I00,I	7,09 / I02,3	6,94 / I04,4

Испытания по определению прочности и относительного удлинения при разрыве проводили на разрывной машине МР-05-I ГОСТ 7855-6I. Полученные данные сравнивали с результатами испытаний контрольных образцов и определяли коэффициент стойкости по прочности и относительному удлинению. Испытуемые образцы готовили строго по ГОСТ II262-80. При испытании материала в жидких агрессивных средах подбирались комплексы солей и их концентрации, соответствующие натуральным минерализованным грунтовым водам в условиях Средней Азии. Для ориентировочного анализа поведения материала по отношению к комплексному воздействию природно-климатических факторов использована методика ускоренных испытаний в климатической камере типа ИП-I-3 по ГОСТ 9.708-83 с сопоставлением результатов натурных испытаний в условиях "крышной" станции (табл.6).

Таблица 6

Коэффициент стойкости рулонного материала "асрасув" при воздействии различных природно-климатических факторов и эксплуатационной среды

Тип рулонного материала	Коэффициент стойкости K_c по прочности / Коэффициент стойкости K_c по относительному удлинению				
	крышная станция, 360	замораживание и оттаивание, I200 циклов	искусственный климат, I200	пресная вода, 360	минерализованная вода, 360
I	I,I8 / 0,9I	I,09 / 0,98	0,94 / 0,79	I,I6 / 0,97	I,20 / I,I7
II	I,I3 / 0,96	I,0I / 0,97	0,9I / 0,75	I,I2 / 0,95	I,2I / I,I3
III	I,20 / 0,89	I,I2 / 0,92	0,95 / 0,80	I,I8 / 0,98	I,I7 / I,08
IУ	I,22 / 0,86	I,I5 / 0,88	0,97 / 0,82	I,2I / 0,99	I,I9 / I,II

Примечание. Результаты испытания в искусственной климатической камере за I200 ч ориентировочно приравниваются к 6 годам службы в атмосферных условиях.

Таблица 7

Влияние жидких агрессивных сред на изменение физико-механических свойств рулонного антифильтрационного материала "асрасув" в течение суток

Среда	Прочность при растяжении, МПа / Относительное удлинение при разрыве, %							
	3	7	14	30	90	180	270	540
Контрольные								
6,50 / 92,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Хлористый натрий, насыщенный раствор, 10 %-ный	6,40 / 78	6,44 / 73	6,40 / 73	6,40 / 69	6,30 / 70	6,30 / 69	6,45 / 69	6,52 / 65
Натрий сернокислый, 10 %-ный	6,44 / 90	6,40 / 77	6,35 / 79	6,40 / 70	6,40 / 71	6,37 / 83	6,35 / 79	6,48 / 74
Магний сернокислый, 10 %-ный	6,40 / 87	6,40 / 76	6,30 / 80	6,30 / 74	6,35 / 75	6,41 / 72	6,41 / 71	6,43 / 69
Едкий натрий, 5 %-ный	6,40 / 63	6,30 / 59	6,30 / 64	6,20 / 59	6,30 / 63	6,20 / 63	6,30 / 64	6,45 / 65
Едкий натрий, 10 %-ный	6,30 / 81	6,35 / 79	6,25 / 62	6,10 / 58	6,36 / 64	6,40 / 66	6,47 / 66	6,55 / 66
Серная кислота, 10 %-ная	6,44 / 87	6,40 / 79	6,35 / 67	6,40 / 66	6,34 / 68	6,40 / 70	6,65 / 67	6,70 / 68
Серная кислота, 5 %-ная	6,40 / 80	6,30 / 78	6,40 / 74	6,40 / 73	6,36 / 71	6,38 / 71	6,47 / 75	6,56 / 78

Таблица 8

Физико-механические свойства антифильтрационного материала "асрасув"

Показатель	Величина	Метод испытания
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	6,5	ГОСТ 11262-80
Относительное удлинение при разрыве, %	94	ГОСТ 11262-80
Сопротивление разрыву, Н/мм	60,2	ГОСТ 11262-80
Температура размягчения, °С	более 100	ГОСТ 16783-71
Температура хрупкости, м°С	-45	ГОСТ 16783/71
Водопоглощение, %	0,24	ГОСТ 4550-73
Плотность, г/см^3	1,03	ГОСТ 15139-69

Результаты исследований по определению влияния жидких агрессивных сред на изменение физико-механических свойств рулонного материала "асрасув" приведены в табл.7. Основные физико-механические свойства исследуемого материала отражены в табл.8.

Исследования климатической стойкости нового материала в естественных условиях дают основание полагать, что долговечность его при использовании в конструкциях поверхностных экранов составит 15 лет, погребенных - 45.

Технологический процесс производства антифильтрационного материала "асрасув" состоит из следующих операций:

подготовка компонентов;

смешивание компонентов и приготовление битумно-полимерной композиции;

вальцевание смеси;

транспортирование смеси к каландрам;

каландирование пленки, обрезка кромок;

переработка обрезков кромок;

охлаждение полотна;

намотка материала в рулоны;

упаковка, маркировка, транспортирование.

На стадии подготовительных работ все основные компоненты, за исключением битума, подают в бункеры, оборудованные дозаторами. Через дозирующие устройства, отрегулированные в соответст-

вии с расходными нормами, компоненты поступают в смеситель СНП-I200. Смешивание смеси по непрерывному режиму осуществляется при температуре I65-I80 °С.

Выходящая из смесителя битумно-полимерная смесь по транспортной ленте поступает на первые вальцы. Температура последних должна быть в пределах I30-I40°С. Для вальцевания используются вальцы ПД I530 $\frac{650}{650}$. Вальцевание массы производится в течение 20-25 мин. Для дополнительной пластификации и гомогенизации срезаемая масса с первых вальцов поступает на вторые с зазором 8-I0 мм.

Отвальцованная масса с помощью подрезных ножей срезается тонкими пластинами, которые свариваются в "куклы" весом 3-4 кг и в таком виде по транспортирующей ленте подаются в зазор между первым и вторым валками каландра.

Каландирование осуществляется на трехвалковых каландрах-3-500-I250. При этом температура I-го должна составлять 95-85 °С, второго - 75-65. Третий валок каландра должен иметь температуру не выше 40 °С. Скорость каландирования пленки должна поддерживаться в пределах I0-20 м. После каландирования материал поступает в магазин запаса и далее на намоточное устройство.

Материал наматывается в рулоны на намоточном станке. Намоточный станок должен иметь фрикционный привод с устройством для определения материала пленки в рулоне, а также устройство для обеспечения равномерного натяжения пленки с автоматическим устройством "сбегов".

Готовый рулон снимается с намоточного станка, упаковывается в бумагу и после наклейки этикетки отправляется на склад.

В настоящее время Папским комбинатом "Узбеккровля" выпускается рулонный материал "асрасув" со следующими данными:

ширина, мм	I000
толщина, мм	2
длина рулона, м	I0
масса I $м^2$, КГс	I,85

В дальнейшем планируется увеличить ширину рулонного материала "асрасув" до I700 мм.

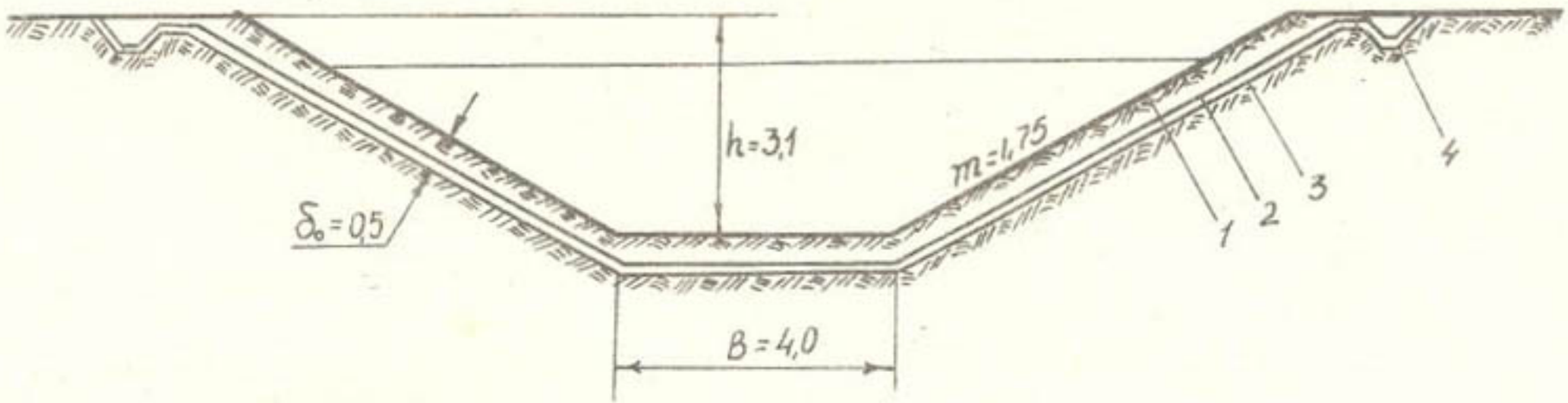


Рис.2. Схема устройства пленочного экрана с грунтовым защитным слоем на Паркентском канале:
I - защитный слой; 2 - пленочный материал "асрасув"; 3 - грунтовое основание; 4 - лоток для закрепления пленки (30х30 см)

Антифильтрационный материал "асрасув" был применен в 1988 г. на Паркентском канале Ташкентской области (рис.2) и на канале МК-I в колхозе "Коммунизм" Гурленского района Хорезмской области (в общей сложности 7000 $м^2$ пленки). Годичные наблюдения показали, что средняя фильтрация составила 0,6-I,0 л/м в сутки.

Для проверки эффективности экранов из рулонного материала "асрасув" было решено взамен проектного варианта использовать конструкцию "погребенного" покрытия. Для этого экран, смонтированный из рулонного материала, должен покрываться грунтом слоем 50 см.

В подготовительный период в начале монтажа нами были подготовлены рулоны длиной 10 м и шириной 3,5 м, что позволило осуществить монтаж участка в объеме 2000 $м^2$ в течение трех дней.

Склейку пленки осуществляли "встык" с помощью соединительных полос, изготовленных из пленки "асрасув" шириной 7 см. Полосы приклеивали клеем КН-I, КН-3 производства Ахангаранского завода "Стройпластмасс". Крепление антифильтрационного экрана для предупреждения сползания его с откоса производили путем прикопки концов полотнищ в траншейках, выполненных на бермах канала. Глубина траншеек 20-25 см. После монтажа антифильтрационного пленочного покрытия поверхность всего участка покрывали легким суглинком толщиной 50 см.

Наблюдения показали, что разработанный новый тип покрытия обладает по сравнению с известными типами противофильтрационной облицовки повышенной эффективностью.

Б.Г.Остроброд, канд.хим.наук
Ю.И.Широкова, канд.с.-х.наук
Б.М.Гафуров, Х.Х.Каримов, А.А.Ражабов
(САНИИРИ им. В.Д.Журинаэ)

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ДЖАЛАГАШСКОГО РАЙОНА КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

Кызылординская область находится на юге Казахстана и занимает значительную часть Туранской низменности вдоль нижнего течения

р.Сырдарьи. Площадь ее 231,6 тыс.км^2, что составляет 8,4 % площади всей республики / I /. Джалагашский район расположен в центральной части области (рис.I) и относится к Кызылординскому оазису, кроме которого в земледельческом поясе имеются еще два - Казалинский и Чилийский.

Территория Джалагашского района - это древняя дельта р.Сырдарьи, общий уклон которой направлен с юго-востока на северо-запад и составляет 0,00022. Мощность аллювия здесь равна 60 м. Рельеф сложный, обусловлен деятельностью реки: среди равнинных пространств выделяются останцевые бугры высотой до 60 м и острова бугристо-грядовых песков. Русла Сырдарьи и ее протоков обрамлены прирусловыми валами, от которых поверхность постепенно снижается в обе стороны. Разнообразие рельефа, геологических, гидрологических и хозяйственных условий привело к формированию самых разнообразных почв.

По данным почвенных исследований Кызылординской экспедиции института "Казгипрозем" (1984-1985 гг.), в рассматриваемых хозяйствах почвы относятся к пойменно-луговым, лугово-болотным, болотно-луговым, солончакам, пескам. Район располагается по правому и левому берегу р.Сырдарьи. Левобережная часть района по микрорельефу более благоприятна для развития орошения. Осенью 1988 г. по договору с Кызылординским Управлением эксплуатации оросительно-мелиоративных систем лабораторией почвенных исследований и промывок НПО САНИИРИ проведена солевая съемка орошаемых земель четырех хозяйств Джалагашского района: совхозов "Аккумский, "Аксу", им. Калинина и "Коммунизм" общей площадью 17399 га. Исследования проводились согласно "Методике по качественному и количественному учету засоленных почв колхозов и совхозов Узбекской ССР" (МСХ УзССР, Ташкент, 1981 г.), по которой одна точка закладывается на 15-25 га. Оценка степени засоления производилась по содержанию хлор-иона в метровом слое почв согласно классификации Н.Г.Минашиной и В.В.Егорова /2/. Основное направление обследованных хозяйств - рисоводство, так как климатические показатели области вполне удовлетворяют условиям получения высоких урожаев риса*), дополнительные - растениеводство и животноводство.

*) По среднемноголетним данным метеостанции Кызыл-Орда, продолжительность периода с температурой выше 10°С составляет 182 дня, при этом сумма положительных температур составляет 3724, в то время как оптимальным является период 110-135 дней с суммой температур 2900-3200 / I /.

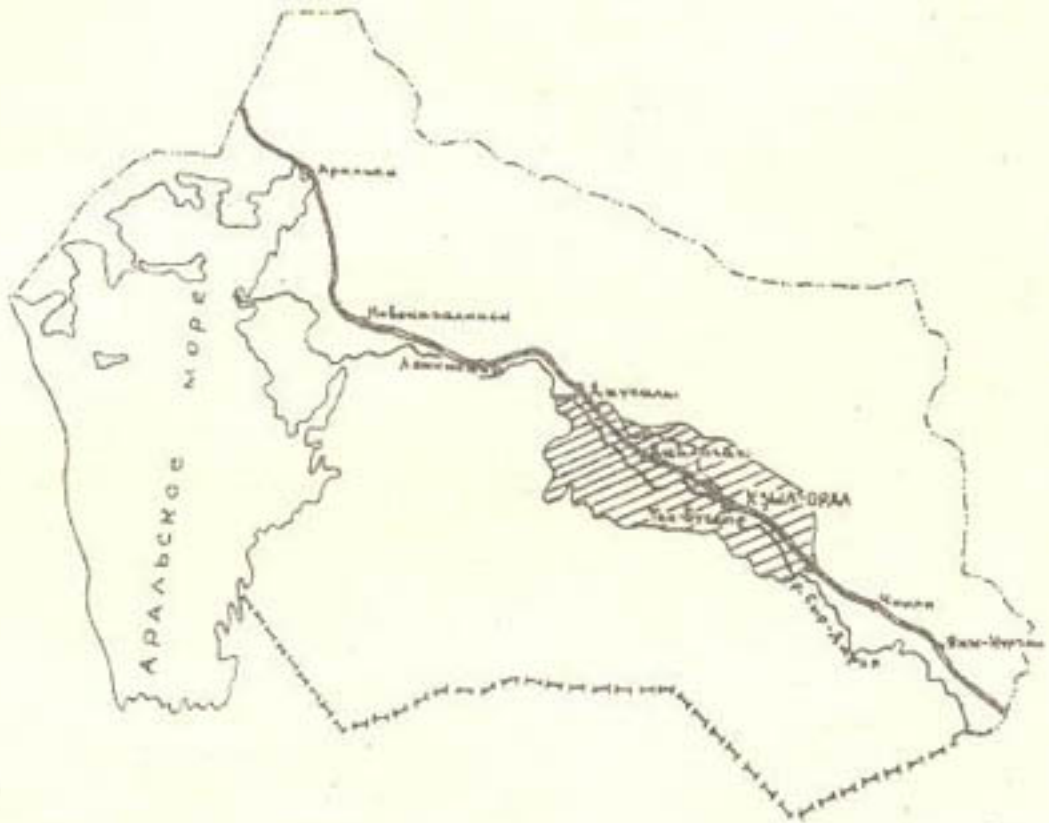


Рис.I. Схема расположения Джалагашского района
в Кызылординской области.

Анализ мелиоративного состояния орошаемых земель выполнен на основе сопоставления данных обследования засоленности земель при ранее проведенной почвенной съемке*), водохозяйственных материалов Облводхоза за 1988 г., гидрогеологических наблюдений Управления эксплуатации оросительно-мелиоративных систем и собственно материалов проведенной солевой съемки.

В результате солевых съемок (табл.1) выявлено, что во всех обследуемых хозяйствах имеются очень сильнозасоленные почвы, содержащие в метровой толще более 0,14 % иона хлора. Площади сильно- и очень сильнозасоленных почв по хозяйствам соответственно составляют: совхоз "Аккумский" - 16 %; "Аксу" - 15,9; им.Калинина - 12,3; "Коммунизм" - 21,2 %. В процентном выражении площади среднезасоленных земель близки между собой и составляют 18,8-26,6 %. Наибольшая часть орошаемых площадей представлена слабозасоленными землями, незасоленные же имеются лишь в двух хозяйствах (табл.1). Анализ материалов по засоленности земель обследованных совхозов показал их мелиоративное неблагополучие на фоне неплохой гидрогеологической обстановки (табл.2). Результаты наблюдений за изменением химического состава грунтовых вод Джалагашского района показали, что начиная с июля 1986 г. по март 1988 г. произошло увеличение как общей минерализации, так и содержания отдельных компонентов - в большей степени плотного остатка и ионов SO_4, в меньшей - ионов натрия и хлора.

Следовательно, значительная роль в увеличении минерализации грунтовых вод за указанный период отводится сульфатам. Снижение доли хлор-иона и увеличение доли иона натрия в плотном остатке (рис.2, А,В) свидетельствуют о том, что минерализация грунтовых вод нарастает, преимущественно, за счет сульфата натрия.

Статистически обработанные материалы (рис.2,С) показывают, что величина плотного остатка зависит в основном от содержания ионов сульфатов, хлора, натрия и в очень малой степени от магния (рис.2,Д).

---

*) Почвенный отдел Кызылординской экспедиции института "Казгипрозем", 1984-1985 гг.

Таблица I

Распространение орошаемых земель по степени засоления (данные солевых съемок НПО САНИИРИ, 1988 г.)

Совхоз	Орошаемая площадь, га	В том числе, га/ %				
		очень сильно засоленных	сильнозасоленных	среднезасоленных	слабозасоленных	незасоленных
"Аккумский"	5064	173,4 / 3,4	682,2 / 13,5	1350,3 / 26,6	2801,8 / 55,3	56,3 / 1,1
"Аксу"	4018	160,6 / 4,0	478,3 / 11,9	1006,4 / 25,0	2124,7 / 52,9	248,0 / 6;2
им.Калинина	6343	320,6 / 5,0	463,8 / 7,3	1191,9 / 18,8	4363,7 / 68,9	- / -
"Коммунизм"	1974	224,4 / 11,4	194,6 / 9,8	418,2 / 21,2	917,2 / 46,4	219,6 / 11,1

Таблица 2

Глубина залегания, минерализация грунтовых вод и протяженность КДС
(данные УЭОМС "Кызылордамелиорация", сентябрь 1988 г.)

Совхоз	Распределение площадей, га/%								Протяженность КДС: общая, км / удельная, м/га
	уровень залегания грунтовых вод, м					минерализация грунтовых вод, г/л			
	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-5,0	1,0-3,0	3,0-5,0	5,0	
"Аккумский"	- / -	6 / 0,1	558 / 12,0	1300 / 45,9	2120 / 42,0	1206 / 24,0	1414 / 28,0	2396 / 48	73,4 / 14,9
"Аксу"	227 / 5,0	261 / 6,0	2230 / 56,0	1300 / 33,0	- / -	3525 / 88,0	3090 / 8,0	184 / 4,0	164,2 / 40,9
им.Калинина	- / -	127 / 2,0	490 / 8,0	2745 / 43,0	2981 / 47,0	1767 / 28,0	3549 / 56,0	1027 / 16,0	97,8 / 15,4
"Коммунизм"	- / -	- / -	1974 / 100	- / -	- / -	1974 / 30	- / -	- / -	34,4 / 17,4

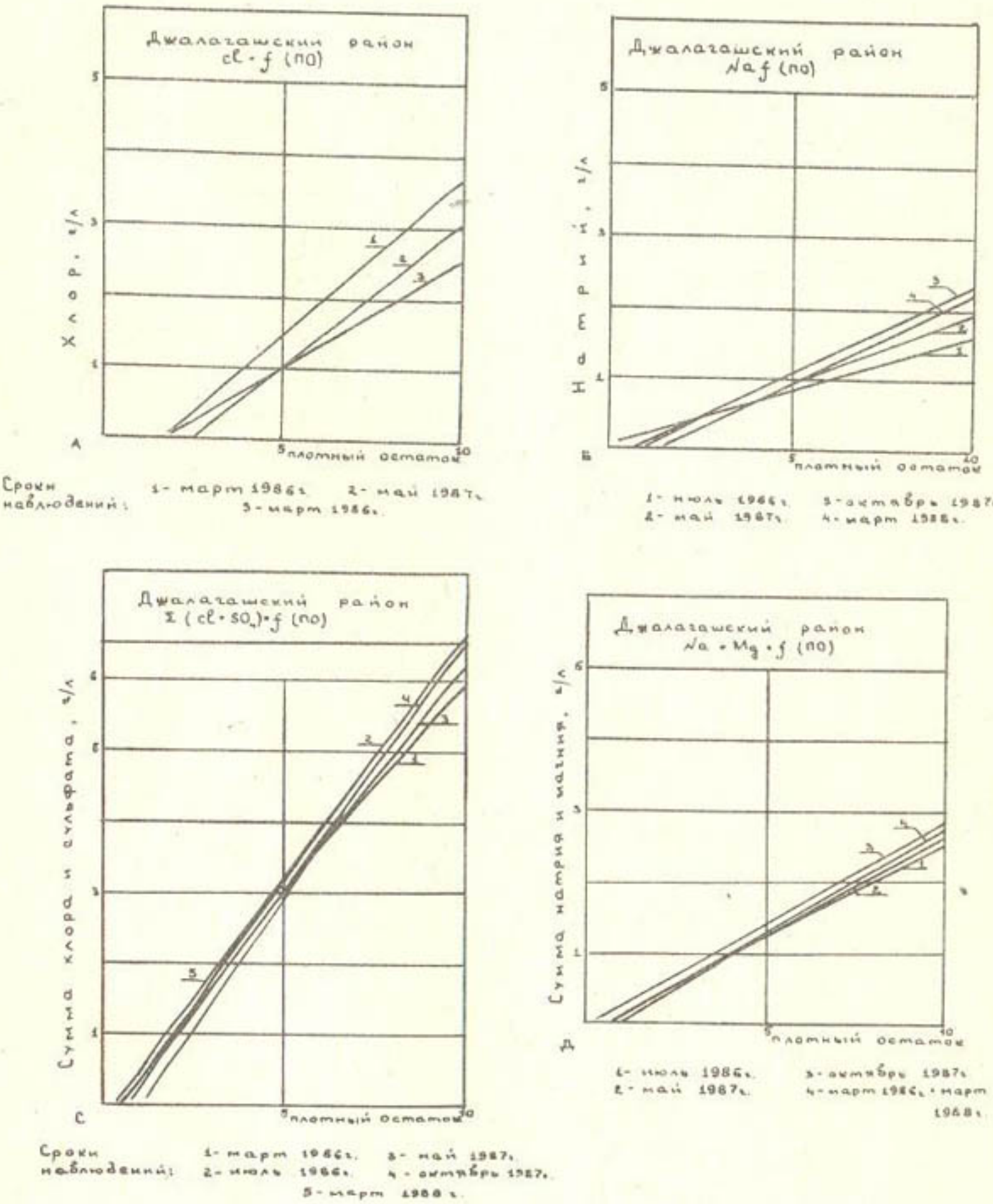


Рис.2.Изменение содержания ионов $Cl^-, SO_4^{--}, Na^+, Mg^{++}$ в зависимости от минерализации грунтовых вод.

Как видно из табл.3, по всем обследованным хозяйствам, кроме совхоза им.Калинина, с 1985 по 1988 год мелиоративное состояние земель ухудшилось, что проявилось в увеличении площадей с сильной и очень сильной степенями засоления и сокращении незасоленных*). Очевидно, причиной, наряду с недостаточной протяженностью КДС, является повышенная (против допустимой) минерализация оросительной воды: 1,4-2,0 г/л. При оросительных нормах от 7,0 тыс.м^3/га (на люцерне) до 26,0 тыс.м^3/га (на рисе) поступление солей в почву за один вегетационный период составляет 14-52 т/га .

Сопоставление солевых профилей по совпадающим на картах почвенным разрезам (почвенный отдел Кызылординской экспедиции, 1984-1985 гг.) и точкам солевых съемок (НПО САНИИРИ, 1988 г.) (рис.3) показало, что в некоторых точках за истекший период

Таблица 3

Изменение распространения орошаемых земель по степени засоления с 1984(85) по 1988 год

Совхоз	Год обследования	Орошаемая площадь, га	В том числе засоленных,%				
			очень сильно	сильно	средне	слабо	незасоленных
"Аккумский"	1984	4776	-	5,0	23,0	34,0	38,0
	1988	5064	3,4	13,5	26,6	55,3	1,1
"Аксу"	1984	2852	-	-	11,0	48,0	41,0
	1988	4018	4,0	11,9	25,0	52,9	6,2
им.Калинина	1985	6043	8,6	33,2	12,6	42,4	3,2
	1988	6343	5,0	7,3	18,8	68,9	-
"Коммунизм"	1985	1763	-	-	42,0	35,0	23,0
	1988	1974	11,4	9,8	21,2	46,4	11,2

произошло накопление солей как по плотному остатку, так и по содержанию ионов натрия и хлора. При этом почвы перешли из одной категории засоления в другую. Выявление причин происшедших перемен требует более глубоких стационарных комплексных исследований,

*) Следует отметить некоторую относительность сопоставляемых цифр в связи с расхождениями в методике как самих обследований, так и оценки засоления почв 1984(85) и 1988 гг.

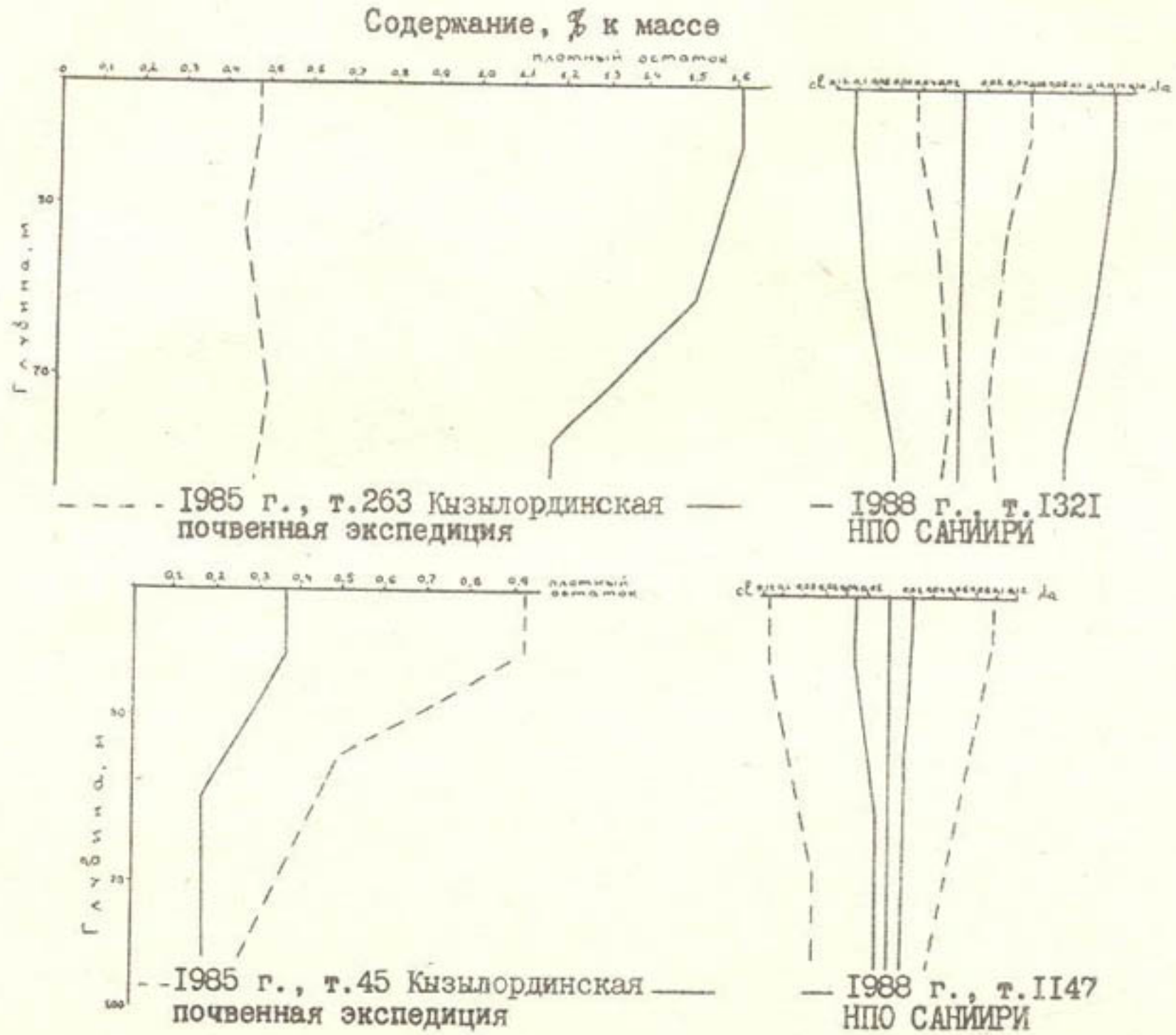


Рис.3. Сопоставление показателей засоления почв, с/з "Аккумский".

но предположительно – это подтопление земель, не засеянных рисом, орошаемых при непромывном режиме на фоне недостаточной дренированности.

Под посевами риса (рис. 3, Б) напротив, произошло рассоление почв, а в некоторых точках – перераспределение солей по профилю: при накоплении натрия и плотного остатка в верхней части профиля, уменьшение их содержания в нижней, что свидетельствует о процессе реставрации засоления. Описывая процессы рассоления и реставрации засоления почв под рисом, В.М.Боровский и В.И.Волков связывают возникновение их с механическим составом / I / , считая, что реставрация происходит на более тяжелых почвах.

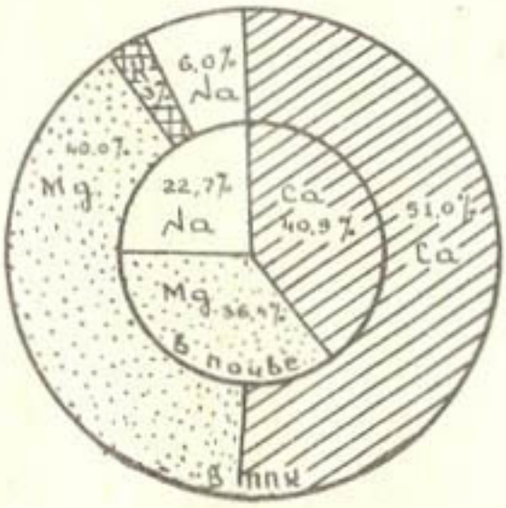
Сопоставление процентного содержания одноименных ионов в водной вытяжке и ППК слабозасоленных почв (рис.4) показало, что при содержании в почве кальция в меньшем количестве, чем магния, в ППК он внедряется более активно. Натрий представлен в ППК в незначительных количествах, а коэффициент корреляции между содержанием магния в почве и ППК равен 0,4I, в то время как между содержанием Са и Na в почве и ППК корреляция очень низкая ($r = -0,16$ и $r = -0,36$).

Для более точного представления о наличии связи между катионами в ППК необходимо изучить данные почвы в более широком диапазоне засоления, и все же очевидно, что содержание значительного количества магния в засоленных почвах Джалагашского района характеризует наличие его в ППК. По данным исследований Т.П.Глуховой, повышенное содержание этого иона в ППК влияет, в основном, на плотность и слитность почв, повышенную гигроскопичность. Однако оно совершенно не способствует диспергации почвы.

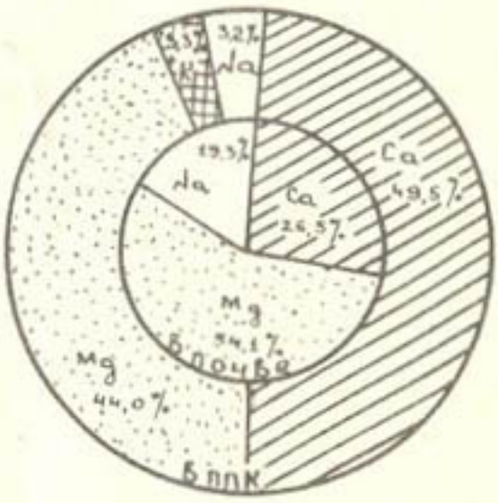
Наличие магния в ППК, возможно, является одной из причин повышенной плотности почв Кызылординского массива орошения. Для разработки конкретных рекомендаций по их улучшению необходимы более глубокие, целенаправленные исследования.

Составленные на основе солевых съемок картограммы засоленности почв позволяют выявить мелиоративно неблагополучные земли в целях их улучшения путем усиления дренированности и рационального (с минимальными потерями) размещения сельскохозяйственных культур.

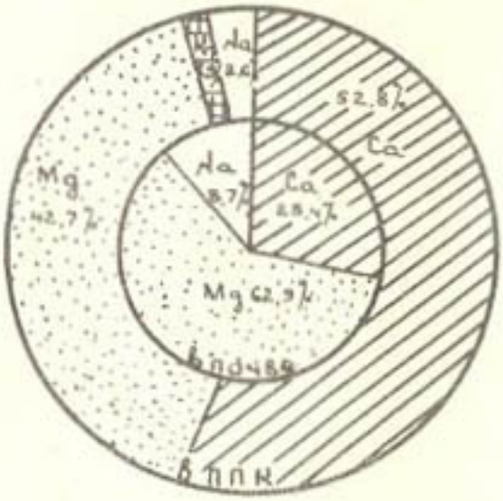
В сложившейся в области практике, когда осенне-зимние промывки не проводятся, опреснить засоленные земли можно следующим образом:



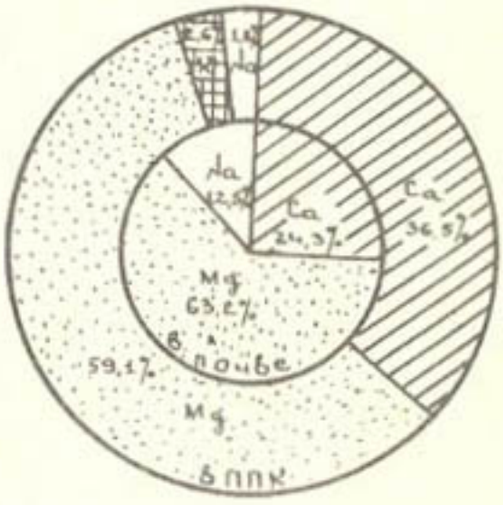
Совхоз "Коммунизм"
т.822



Совхоз "Аксу"
т.83



Совхоз "Аккумский"
т.1319



Совхоз им.Калинина
т.311

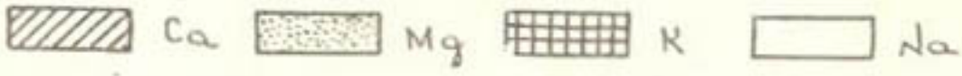


Рис.4. Сопоставление содержания одноименных ионов в почве (водная вытяжка) и ППК (метровая толща).

усилить мощность дренажа на рисовых севооборотах и площадях, занятых другими культурами, до проектной путем реконструкции (углубления, очистки) существующей КДС, а также строительства дополнительного дренажа инженерного типа (закрытого горизонтального);

размещать сельскохозяйственные культуры с учетом их солеустойчивости, а также рассоляющего действия возделывания риса.

Установлено, что возделывание риса на фоне хорошо действующей коллекторно-дренажной сети дает высокий рассоляющий эффект [4, 5].

В 1990 г. хозяйствам рекомендуется размещать посевы сельскохозяйственных культур, используя составленные картограммы засоленности почв. При этом на очень сильно- и сильнозасоленных участках возделывать рис, предварительно обеспечив дренированность. Остальные культуры размещать с учетом их солеустойчивости.

По расчетам отдела дренажа САНИИРИ / 6 /, удельная протяженность коллекторно-дренажной сети в Джалагашском районе для орошаемых культур прерывистого орошения в зависимости от литологического строения должна составить 21-50 м/га, для рисовых севооборотов - 40-140 м/га. Указанные цифры являются приближенными, приняты по аналогии с левобережной частью района, для которой выполнена разработка.

Список использованной литературы

1. Почвы Казахской ССР. Почвы Кызылординской области. - Алма-Ата: Наука, 1983. - Вып.14.
2. Методика по качественному и количественному учету засоленных почв колхозов и совхозов Узбекской ССР. - Ташкент: Минсельхоз УзССР, 1981.
3. Глухова Т.П. Почвенные процессы при орошении минерализованными водами. - Ташкент: ФАН, 1977.
4. Шумаков Б.Б., Ким В.Ч., Шеслер Е.Г. Эффективность промывки солончаков Чуйской долины с помощью посевов затопляемого риса// Строительство и эксплуатация рисовых систем. М: Колос, 1984.
5. Амандыков А.А., Раисов Б.О. Рекомендации по режиму орошения риса с применением форсированного способа затопления. - Кызыл-

Орда, НИИриса, 1987.
6. Насонов В.Г., Батурин Г.Е. и др. Изучение эффективности закрытого горизонтального дренажа в условиях Казалинского массива. Отчет о НИР (промежуточный). САНИИРИ; руководитель В.Г.Насонов - № ГР 01870090744 - Ташкент, 1988. - 128 с.

Р.М.Разаков, канд.техн.наук
Р.Т.Рахматов
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И ВОДЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ВНЕСЕНИИ В ПОЧВУ РАЗЛИЧНЫХ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Постоянный и быстрый рост сельскохозяйственного производства невозможен без последовательного изучения и использования в практике методов повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В последнее время у нас в стране и за рубежом развивается новое направление - биоэнергофикация сельскохозяйственных культур, одной из задач которого является использование лучей лазера в растениеводстве.

Исследования влияния лазерных облучений на продуктивность растений проводились, главным образом, на зерновых и овощных культурах (Мусаев, Абдуллаева, 1971; Шахов, Балаур, Суружну,1972; Маслов, 1976; Руд, Бляндур, Девятков, 1979; Валева, Рубин, 1979; Коляпина, Шакеева, Щеглов, 1980; Корниенко, 1980; Шахов, Немцов, Бойда, 1981).

В.М.Инюшиным, Н.Н.Федоровой, Г.У.Ильясовым (1981) разработан принципиально новый метод предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур (зерновые, овощные культуры и кенаф) лазерным светом, что повышает энергию прорастания, способствует получению ранних всходов, формированию оптимальной густоты стояния, ускорению созревания, повышению урожайности.

Стимулирующее действие лазера на некоторые физиолого-биохимические реакции хлопчатника выявлено в работах Ш.И.Ибрагимова и др. (1978; А.Кущаниева (1985); А.М.Кулиева и др. (1978). Однако литературных источников, где были бы отражены последствия предпосевного лазерного облучения хлопчатника и зависимость величины

эффектов от дозы внесенных минеральных удобрений и свойств поливной воды, не обнаружено. В связи с этим мы поставили перед собой задачу изучить влияние лазерной обработки семян и поливной воды на всхожесть, рост, развитие и урожайность хлопчатника при различном уровне обеспечения минеральными удобрениями почвы.

Исследования проводили в колхозе "Политотдел" Коммунистического района Ташкентской области УзССР на лугово-аллювиальной почве с содержанием гумуса 0,8 - I,2 %, калия I90 - 220 мг/кг, подвижного фосфора 27 - 32 мг/кг почвы. Высевался сорт хлопчатника С-6524 по схеме размещения растений 90хI5х2. Схема проведения полевого эксперимента приведена в табл.I.

Таблица I

Вариант опыта	Годовая норма внесения азота* (действующего вещества), кг/га		
Предпосевная обработка семян хлопчатника лазером, полив обычной водой (I-ОС)	200	250	300
Семена и поливная вода обрабатывались лазером (2-ОСВ)	200	250	300
Семена и поливная вода не обрабатывались лазером (контроль, 3-КВ)	200	250	300

*) Соотношения :Р : К = I : 0,8 : 0,5.

Опыты повторялись четырежды согласно методике СоюзНИХИ (I973). Семена хлопчатника и оросительная вода обрабатывались в лазерных установках по инструкции НПО "Биофизика" КазГУ. Все агротехнические мероприятия проводились по общепринятой технологии для этой зоны.

Результаты исследования показали, что влияние лазера на хлопчатник четко проявляется уже на ранних фазах развития. На 3-4 день после посева скарификация, т.е. разрушение кожуры семян и геотропический изгиб появляющихся корней в вариантах I-ОС и

Таблица 2

Влияние лазерной обработки семян хлопчатника на темпы появления всходов (количество всходов на I м, %)

Номер варианта	Норма азота, кг/га	Дни наблюдений после посева											
		5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
I-ОС	200	-	3,3	7,4	I6,5	42,I	59,5	80,9	90,9	98,3	98,3	I00	I00
	250	4,I	I4,8	23,9	38,6	58,6	88,4	I00	I00	I00	I00	I00	I00
	300	I,6	9,9	I7,4	34,7	57,0	78,5	94,2	99,I	I00	I00	I00	I00
2-ОСВ	200	I,6	4,9	II,5	24,7	39,6	60,3	78,5	90,0	99,I	I00	I00	I00
	250	4,9	I4,0	25,6	37,2	57,0	90,9	98,3	I00	I00	I00	I00	I00
	300	6,6	I5,7	28,0	38,8	6I,I	97,5	98,3	99,I	I00	I00	I00	I00
3-КВ	200	-	-	-	3,3	I7,4	4I,3	65,2	66,I	82,6	94,2	98,3	I00
	250	-	-	-	7,4	I9,8	47,I	66,9	80,I	9I,7	I00	I00	I00
	300	-	-	-	I5,7	30,5	57,0	80,9	9I,7	I00	I00	I00	I00

2-ОСВ больше, чем на контроле (вариант 3-КВ). Наблюдения показали, что обработка семян хлопчатника лазером значительно ускоряет темпы их прорастания (табл.2).

Так, на 9 день после посева количество всходов в вариантах ОС и ОВС при внесении 250 кг/га азота составило 7,I шт. и 6,9 шт. против 2,4 шт., в варианте КВ, что следует расценивать как положительный эффект от примененного способа обработки семян перед севом. Все это обусловлено, скорее всего, участием активированной клеточной воды семян в оттоке ассимиляторов и росте.

В начальные фазы развития между вариантами ОС и ОСВ по биометрическому состоянию растений резких различий не наблюдается, а после первого полива на I0-I5 день во 2-м варианте вода, обработанная лазером, интенсифицирует рост хлопчатника. Аналогичная тенденция сохраняется и в дальнейшем. Например, к августу высота главного стебля растений в варианте ОСВ была на 3,4 и I0,2 см выше, а количество симподиальных ветвей на 0,7 и I,7 шт. больше, чем у растений в вариантах ОС и КВ; количество сформировавшихся плодоэлементов больше на растениях варианта ОСВ (табл.3).

Таблица 3

Влияние лазерной обработки семян и воды на рост морфологических элементов хлопчатника

Номер варианта	Норма азота, кг/га	Длина главного стебля, см	Количество симподий, шт.	Количество плодоэлементов, шт		
				бутоны	цветы	коробочки
I-ОС	200	68,I	7,I	5,0	3,7	2,0
	250	75,7	8,I	5,7	4,I	2,7
	300	7I,8	7,8	5,0	3,9	2,I
2-ОСВ	200	7I,7	7,9	5,4	4,I	2,7
	250	79,I	8,8	6,9	5,6	3,I
	300	8I,7	9,4	7,2	5,4	3,7
К-КВ	200	65,3	7,0	4,2	3,7	I,8
	250	68,9	7,I	4,0	4,7	2,4
	300	7I,8	7,6	5,0	3,7	2,9

Фенологические наблюдения, проведенные в конце вегетации, показали, что различия между вариантами ОСВ, ОС и КВ по набору плодоэлементов сохранились; это отразилось, соответственно, и на урожайности хлопчатника (табл.4).

Таблица 4

Влияние лазерной обработки семян и воды на урожайность хлопчатника, ц/га

Номер варианта	Норма внесения азота, кг/га					
	200	Прибавка	250	Прибавка	300	Прибавка
I - ОС	28,8	I,7	33,2	4,8	30,4	0,0
2 - ОСВ	29,9	2,8	33,8	5,4	34,8	4,4
3 - КВ	27,I	-	28,4	-	30,4	-
$НСР_{05}$	I,3		I,9		2,I	

С увеличением годовых норм минеральных удобрений урожайность повышается лишь до определенного уровня. Так, в варианте ОС наибольший урожай хлопка-сырца (33,2 ц/га) получен при внесении 250 кг/га; при этом прибавка составила 4,8 ц/га. Дальнейшее повышение нормы удобрений привело к снижению продуктивности хлопчатника. В вариантах ОСВ и КВ урожайность хлопчатника нарастала до внесения нормы азота 300 кг/га.

Наибольший урожай в условиях нашего эксперимента получен в варианте ОСВ при внесении 300 кг/га азота (34,8 ц/га). Следует отметить, что при режиме ОСВ урожайность во всех вариантах с использованием удобрений превосходит аналогичные показатели режима ОС, и особенно КВ.

Следовательно, в условиях Ташкентской области обработка семян хлопчатника и воды лазером при внесении 300 кг/га азота оптимизирует водный и питательный режимы почвы, положительно влияет на этапы органогенеза растений и обеспечивает получение высокого урожая хлопка-сырца.

Список использованной литературы

I.Ибрагимов Ш.И., Хасанов О., Азаматов З.Т. - Стимуляция урожайности хлопчатника лазерным облучением семян.Тез.док.У Всесоюз. конфер.по фотоэнергетике растений. - Алма-Ата: I978, с.I53-I54.

2.Инюшин В.М., Ильясов Г.У., Федорова Н.Н. - Луч лазера и урожай. - Алма-Ата: Кайнар, I98I, - I87 с.

3.Коляпина Л.А., Шакеева Г.И., Щеглов Ю.В., - К вопросу об активации посевов зерновых культур лазерным светом. - Тез. докл. УI Всесоюзн. конф. по фотоэнергетике растений.- Львов:I980, I06с.

4. Корниенко А.В.и др. – Исследование действия лазерного облучения на разные формы сахарной свеклы - Тез.докл.УI Всесоюз. конф.по фотоэнергетике растений. - Львов: 1980. С.134-135.
5. Кушалиев А. - Лазерное облучение семян хлопчатника и скороспелость. Тез.докл.молодых ученых и спец., посвященных 60-летию Ленинского комсомола Узбекистана. - Ташкент: 1985, II с.
6. Маслов А.Б. Исследование последствия обработки многолетней пшеницы и ячменя лучами лазера // Охрана среды и рациональное использование растительных ресурсов.-М.: Наука, 1976, С.129-132.
7. Шахов А.А., Немцов Г.Д., Байда Х.С. - Светоимпульсное облучение семян томатов как новый метод экспериментального мутагенеза - В кн.: Светоимпульсная стимуляция растений.-М.: 1981, 305 с.

А.Д.Дабылов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

КАЧЕСТВО ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ И УРОЖАЙНОСТЬ РИСА

Качество оросительной воды - ее общая минерализация, химический состав, физиологическая сбалансированность ионного состава - существенно влияет на урожайность всех сельскохозяйственных культур, в том числе и риса. В связи с этим учет качества оросительной воды, грунтовых вод, почвенного раствора, степени засоленности почв необходим на всех этапах создания и функционирования рисовых гидромелиоративных систем - и при проектировании, и при строительстве, и при их эксплуатации. От уровня технического совершенства рисовых систем, оптимальности параметров оросительной и коллекторно-дренажной сети, степени совершенства ее эксплуатации, общей направленности почвенно-мелиоративных режимов и агротехнических приемов возделывания риса с учетом качества воды в значительной мере зависит урожайность риса, а следовательно, и экономические показатели рисоводческих хозяйств.

Для количественного учета влияния качества оросительной воды на урожайность риса нами проведен анализ и выполнено обобщение имеющихся по этому вопросу публикаций.

Чтобы составить обобщенные зависимости урожайности риса от влияющего фактора, удобно воспользоваться понятием относительной

урожайности

$$\bar{U} = U / U_{опт}, \qquad (1)$$

где $\bar{U}$ - относительная урожайность в долях от оптимальной ($0 \leq \bar{U} \leq 1{,}0$);

$U, U_{опт}$ - соответственно урожайность при текущем и биологически оптимальном значении влияющего фактора, ц/га, т/га.

В.В.Шабанов [1, 2] установил, что зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от влияющего фактора (это может быть минерализация оросительной воды и почвенного раствора, засоленность почвы, сумма эффективных температур, уровень минерального питания, влажность почвы, суммарное испарение, оросительная норма и т.д.) имеет вид колоколообразной или S - образной кривой. На участке, где с ростом влияющего фактора увеличивается и урожайность, для расчета относительной урожайности можно воспользоваться видоизмененной нами зависимостью В.В.Шабанова

$$U = A + B \exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right), \qquad (2)$$

где A и B - эмпирические коэффициенты;

$\bar{\varphi} = 3(\varphi_{опт} - \varphi)/(\varphi_{опт} - \varphi_{пред.н})$ - нормированное значение влияющего фактора при его текущем значении в интервале от $\varphi_{пред.н.}$ до $\varphi_{опт}$;

$\varphi_{опт}, \varphi_{пред.н.}$ - биологически оптимальное и предельное нижнее (т.е.экспериментально установленное наименьшее) значение влияющего фактора.

На участке, где влияющий фактор больше биологически оптимальных значений, урожайность уменьшается. В этом случае можно рекомендовать зависимость

$$U = 1 - C\left[1 - \exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right)\right], \qquad (3)$$

где C - эмпирический коэффициент;

$\bar{\varphi} = 3(\varphi - \varphi_{опт})/(\varphi_{пред.в} - \varphi_{опт})$ - нормированное значение влияющего фактора при его текущем значении φ в интервале от $\varphi_{опт}$ до $\varphi_{пред.в}$;

$\varphi_{пред.в.}$ - предельное верхнее (т.е.экспериментально установленное наибольшее) значение влияющего фактора.

С ростом минерализации оросительной воды и почвенного раствора, засоленности почвы урожайность риса, как правило, уменьшается. В этом случае относительную урожайность риса можно рассчитать по обобщенной зависимости (3), которая, если принять С = I, примет вид

$$\bar{U} = exp\left(-\frac{\bar{\varphi}^2}{2}\right) = exp\left[-4{,}5\left(\frac{S - S_{опт}}{S_{пред.в} - S_{опт}}\right)\right], \qquad (4)$$

где

$\varphi = \frac{3(S - S_{опт})}{S_{пред.в} - S_{опт}}$ – нормированное значение минерализации оросительной воды и почвенного раствора или засоленности почвы S в интервале от $S_{опт}$ до $S_{пред.в}$;

$S_{опт}$, $S_{пред.в}$ – минерализация оросительной воды и почвенного раствора или засоленность почвы, при которой соответственно достигается наибольшая урожайность или она практически равна нулю.

Обработав экспериментальные результаты отечественных и зарубежных исследователей по формулам (I–4), мы получили следующие конкретные эмпирические зависимости:

по методическим рекомендациям ВАСХНИЛ [3]

$$\bar{U} = exp\left[-0{,}125\,(S - 0{,}5)^2\right], \qquad (5)$$

где S – минерализация поливной воды, которая изменяется в пределах от 0,5 до 6,5 г/л;

по экспериментальным данным А.Г.Рау и А.А.Джумабекова [4]

$$\bar{U} = exp\left[-0{,}0555\,(S - I)^2\right], \qquad (6)$$

где S – то же, в пределах от I до I0 г/л;

по данным японских исследователей [5]

$$\bar{U} = exp\left[-0{,}222\,(S - 0{,}5)^2\right], \qquad (7)$$

где S – то же, в пределах от 0,5 до 5,0 г/л;

по откорректированным данным американских исследователей /6/

$$\bar{U} = exp\left[-0{,}056\,(S - 0{,}64)^2\right], \qquad (8)$$

где S – минерализация почвенного раствора в пределах от 0,64 до 9,6 г/л;

по сводке Б.У.Даулетбаева и Б.Г.Остроброда [7]

$$\bar{U} = exp\left[-4{,}986\,(S - 0{,}05)^2\right], \qquad (9)$$

где S - засоленность почвы в пределах от 0,05 % до 1,0 %;

по экспериментальным данным А.Я.Барчуковой [8, 9], полученным на незасоленных почвах при поливах риса минерализованной водой в фазу всходов

$$\bar{U} = 1 - [1 - \exp(0{,}045\, S^2)], \qquad (10)$$

где S - минерализация поливной воды от 0 до 10 г/л;

то же, при поливах в фазу кущения

$$\bar{U} = 1 - 0{,}7\,[1 - \exp(-0{,}03719\, S^2)], \qquad (11)$$

где $0 \leq S \leq 11$ г/л;

то же, при поливах в фазу трубкования

$$\bar{U} = 1 - 0{,}4\,[1 - \exp(-0{,}03125\, S^2)], \qquad (12)$$

где $0 \leq S \leq 12$ г/л;

то же, при поливах в фазу цветения или молочной спелости

$$\bar{U} = 1 - 0{,}28\,[1 - \exp(-0{,}03125\, S^2)], \qquad (13)$$

где $0 \leq S \leq 12$ г/л;

по экспериментальным данным А.А.Джумабекова и Г.А.Тулебаевой [10] при поливах водой минерализации 1 - 1,4 г/л

$$\bar{U} = 0{,}47 + 0{,}53 \exp[-45000\,(0{,}01 - S^2)], \qquad (14)$$

где v - скорость вертикальной фильтрации в пределах от нуля до 0,01 м/сут;

$$\bar{U} = 1 - 0{,}2\,\{1 - \exp[-468{,}5\,(v - 0{,}01)^2]\}, \qquad (15)$$

где $0{,}01 \leq v \leq 0{,}108$ м/сут;

то же, при поливах водой минерализации 5,5-6,0 г/л

$$\bar{U} = \exp[-31250\,(0{,}016 - v)^2], \qquad (16)$$

где $0{,}004 \leq v \leq 0{,}016$ м/сут;

$$\bar{U} = 1 - 0{,}2\,\{1 - \exp[-531{,}4\,(v - 0{,}016)^2]\} \qquad (17)$$

где $0{,}016 \leq v \leq 0{,}108$ м/сут;

по экспериментальным данным Е.П.Алешина с соавторами [11] при засолении почвенного раствора смесью солей хлорида натрия и хлорида калия в соотношении 2:1 и уровне минерального питания $N_{150}P_{150}K_{75}$

$$\bar{U} = \exp[-0{,}0856\,(S - S_{опт})^2], \qquad (18)$$

где $0{,}5 \leq S \leq 7{,}75$ г/л, $S_{опт} = 0{,}5$ г/л;

то же, при засолении почвенного раствора только хлоридом натрия

$$\bar{U} = \exp\left[-0{,}166\,(S - S_{опт})^2\right], \qquad (19)$$

где $0{,}5 \leq S \leq 5{,}7$ г/л, $S_{опт} = 0{,}5$ г/л;

по экспериментальным данным ВНИИриса [12], для сорта "Спальчик" при густоте посева 100 шт/м^2

$$\bar{U} = \exp\left[-0{,}072\,(S - S_{опт})^2\right], \qquad (20)$$

где $0{,}5 \leq S \leq 8{,}4$ г/л, $S_{опт} = 0{,}5$ г/л;

то же, при густоте посева 250 шт/м^2

$$\bar{U} = \exp\left[-0{,}03\,(S - S_{опт})^2\right], \qquad (21)$$

где $0{,}5 \leq S \leq 12{,}75$ г/л, $S_{опт} = 0{,}5$ г/л;

то же, при густоте посева 400 шт/м^2

$$\bar{U} = \exp\left[-0{,}0101\,(S - S_{опт})^2\right], \qquad (22)$$

где $0{,}5 \leq S \leq 21{,}6$ г/л, $S_{опт} = 0{,}5$ г/л.

Аналогичные зависимости получены и для сорта риса "Краснодарский 424" при густоте посевов 100, 250 и 400 шт/м^2.

На основе выполненного обзорного анализа работ советских и зарубежных исследователей по вопросу зависимости урожайности риса от качества оросительной воды можно сделать следующие выводы и предложения.

1. Солеустойчивость риса - сортовой признак. С учетом имеющихся опытных данных можно рекомендовать три градации риса по признаку солеустойчивости со следующими ориентировочными показателями.

Сорт риса по признаку солеустойчивости	Оптимальная минерализация почвенного раствора в фазу всходов, г/л	Гибельная для посевов риса минерализация почвенного раствора в фазу проростков, г/л
Слабосолеустойчивый	до 0,5-1,0	5-7,5
Среднесолеустойчивый	0,5-1,0	7,5-10
Солеустойчивый	0,5-1,5	10-20 и более

2. Чувствительность риса к засолению зависит от фенологической фазы. Все сорта риса особенно чувствительны к засолению почвы и воды почвенного раствора в фазу наклевывания семян и про-

ростков. Необходимо, чтобы минерализация почвенного раствора в эту фазу не превышала 0,5-I г/л, засоление почвы было бы не более 0,05 - 0,I %.

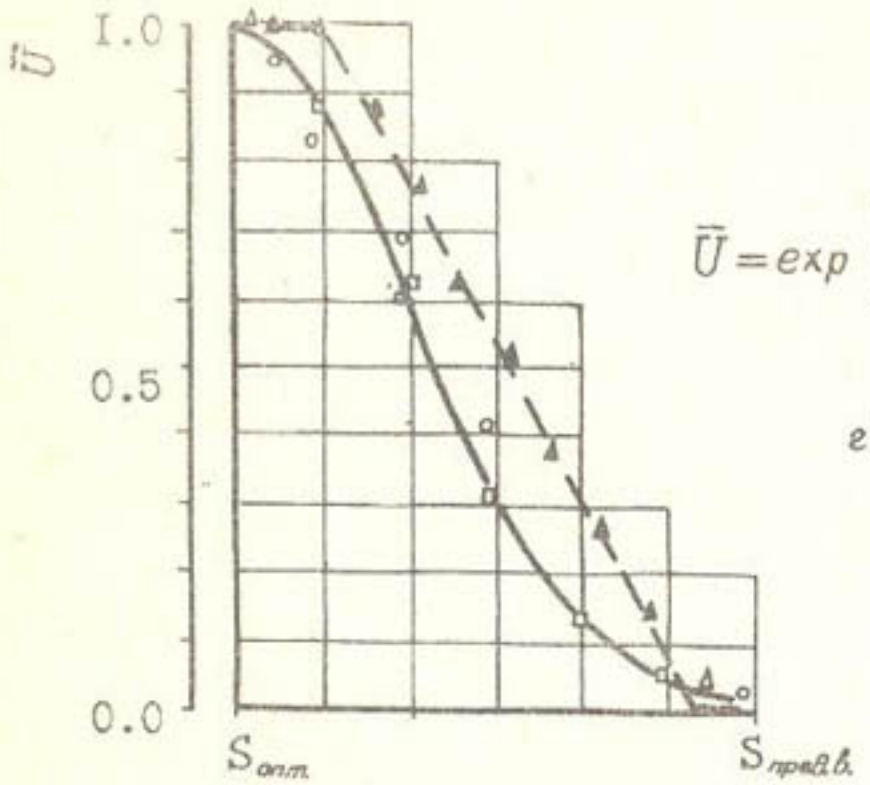
Чувствительность риса к засолению уменьшается с фазы кущения до трубкования - колошения, в конце колошения и в цветение рис снова чувствителен к засолению,с завершением цветения и в фазу молочной спелости чувствительность его к засолению снова уменьшается.

3. Урожайность риса зависит от скорости вертикальной фильтрации воды в чеках. При этом, чем больше минерализации поливной воды, тем больше биологически оптимальная скорость вертикальной фильтрации. Так, в результате полевых опытов, проведенных А.А.Джумабековым и Г.А.Тулебаевой с сортом риса УзРСС-59 на лугово-сероземных почвах, установлены следующие значения биологически оптимальных скоростей вертикальной фильтрации воды в чеках.

Средняя минерализация воды, г/л	Средняя биологически оптимальная скорость вертикальной фильтрации за поливной период, мм/сут	Урожайность, т/га
I,2	I0	5,75
2,75	I4	4,5
3,75	I4	3,0
5,75	I6	I,9I

4. Рис более чувствителен к однородному засолению почвы и воды. При засолении почвы и воды смесью солей чувствительность риса к засолению уменьшается с переходом от более низкого уровня минерального питания к более высокому. Для получения высоких урожаев риса при хлоридном засолении почвы и воды рекомендуется внесение повышенных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений [II].

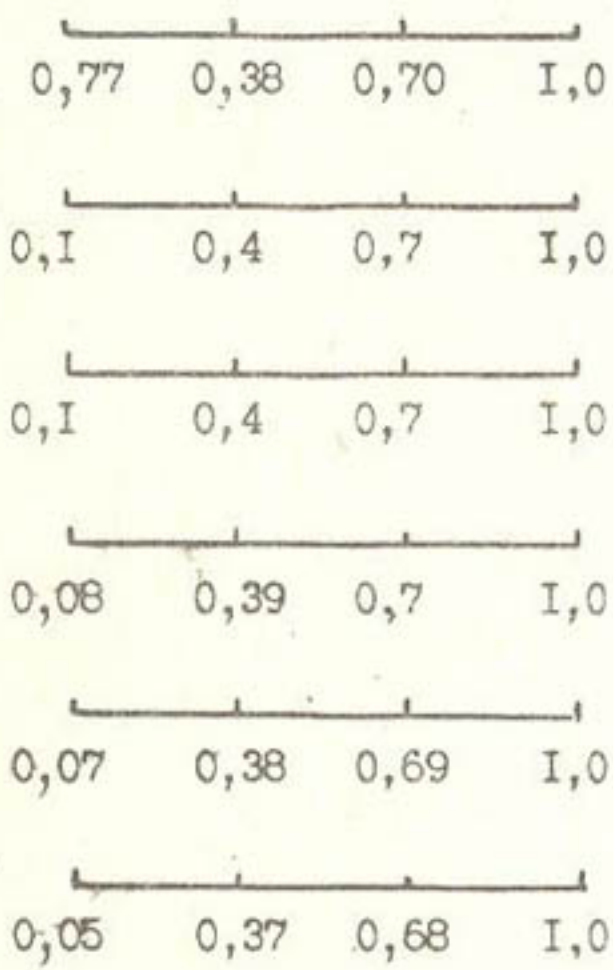
5. Чувствительность риса к засолению почвы и воды зависит от густоты всходов. Солеустойчивые сорта на засоленной почве дают тем выше урожаи, чем больше густота всходов [I2]. Например, солеустойчивый рис сорта "Спальчик" наиболее высокий урожай дал при густоте всходов 400 растений на I $м^2$. Менее солеустойчивый сорт "Краснодарский 424" наибольшую урожайность на незасоленной почве показал при густоте всходов 400 растений на I $м^2$,



$$\bar{U} = exp\left[-4,5\left(\frac{S - S_{опт.}}{S_{пред.в} - S_{опт.}}\right)^2\right]$$

где $S_{опт} \leqslant S \leqslant S_{пред.в.}$

Минерализация поливной воды (почвенного раствора), г/л



По методическим рекомендациям ВАСХНИЛ (3),

По Л.Г.Рау и А.А.Джумабекову (4),

По японским данным [5],

По американским данным [6],

По американским данным с корректировкой [6],

По Б.Г.Остроброду и Б.У.Даулетбаеву [7].

Относительная засоленность почвы, %

Зависимость относительной урожайности риса от величины почвенного раствора (по отечественным и зарубежным данным).

а на засоленной - при густоте всходов 250 растений на I $м^2$ [12].

6. Для количественной оценки зависимости урожайности риса от влияющего фактора (засоление почвы, минерализация воды или почвенного раствора, скорость вертикальной фильтрации воды в чеках) удобно воспользоваться видоизмененными нами обобщенными зависимостями В.В.Шабанова (формулы 2,3), на основе которых получены конкретные эмпирические зависимости урожайности риса от влияющего фактора (формулы 5-22). Эти эмпирические зависимости рекомендуются при разработке системы мелиоративных, эксплуатационных и агротехнических мероприятий на рисовых системах.

Список использованной литературы

I. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиорации.-Л.: Гидрометеоиздат, 1973.-166 с.
2. Шабанов В.В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет.-Л.: Гидрометеоиздат, 1981.-142 с.
3. Использование дренажно-сбросных вод рисовых систем для орошения (методические рекомендации). Составители: А.В.Сербинов, В.В.Лысенко, Д.П.Гостищев, В.Д.Бердышев. Под ред.Б.Б.Шумакова. М.: ВАСХНИЛ, 1984 -32 с.
4. Рау А.Г., Джумабеков А.А. Рациональная технология полива культур рисового севооборота при исследовании дренажных вод в бассейне р.Сырдарьи// Строительство и эксплуатация рисовых систем .-М.: "Колос", 1984.-С.94-100.
5. Фукуда Х., Цуцуи Х. Орошение риса в Японии. Пер.с англ.под ред.В.Б.Зайцева. М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1976.-98 с.
6. Бреслер Э., Макнил Б.Л., Картер Д.Л. Солончаки и солонцы: Принципы, динамика, моделирование. Пер.с англ.В.Г.Бойко. Отв.редакторы: В.Н.Хомяков и Х.Р.Набиев.-Л.: Гидрометеоиздат, 1987.-296 с.
7. Даулетбаев Б.У., Остроброд Б.Г. Урожайность риса и его структура в зависимости от засоления почвы//Сб.научн.трудов САНИИРИ/ Регулирование водно-солевого режима на орошаемых землях . Ташкент, 1986.-С.54-63.
8. Барчукова А.Я. Развитие и продуктивность риса в зависимости от степени засоленности почвы и минерализации оросительной воды // Почвоведение.- 1982.-№ 7.- С.89-98

9. Барчукова А.Я. Формирование корневой системы растений риса при поливе минерализованной водой"// Почвоведение .-I984.- № 2.-С.I34-I4I.

IO. Джумабеков А.А., Тулебаева Г.А. Влияние минерализации поливной воды и вертикальной фильтрации на продуктивность риса// Сб.науч.трудов КазНИИВХ/ Совершенствование мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане . Ташкент, САНИИРИ, I982.-С.39-44

II. Алешин Е.П., Воробьев Н.В., Журба Т.П. Снижение урожайности риса на засоленных почвах в результате нарушения калийного питания растений. Доклады ВАСХНИЛ .-I987,-№ 4,-С.2I-23.

I2. Алешин Е.П., Воробьев Н.В., Журба Т.П. Формирование элементов структуры урожая риса в условиях засоления при различной густоте стояния растений.//Агрохимия .-I986,-№ 7,-С.68-73.

УДК 631.6

О результатах командировки советской делегации в Китайскую Народную Республику по вопросам мелиорации засоленных земель. Якубов Х.И.,Усманов А.У., Насонов В.Г., Умаров П.Д.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Приводятся основные сведения, характеризующие водно-земельные ресурсы и развитие орошения в Китае. Авторы особо отмечают опыт выращивания риса без затопления в течение первых 45 дней после посадки рассад.

УДК 626.862.4

Выбор параметров горизонтального дренажа в аридной зоне. Духовный В.А., Галустян А.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

В статье обобщены теоретические и практические результаты работ авторов по строительству и эксплуатации горизонтального дренажа в Средней Азии.

Сформулирована задача выбора параметров горизонтального дренажа с учетом создания оптимального режима увлажнения совместно с оросительной сетью при минимальных затратах оросительной воды и минимальном загрязнении источников орошения.

Библ. 8, иллюстр. 3

УДК 626. 862. 4

Оптимизация параметров закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях. Насонов В.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Разработана и обоснована методика расчета оптимальных параметров закрытого дренажа: глубина заложения междренного расстояния, диаметров и уклонов дрен, глубин заложения, поперечного сечения и уклонов коллекторов. Оптимизация проводится с учетом ограничений по незаиляющим и неразмывающим скоростям.

Библ.12, табл.3.

УДК 626.862.4

Исследования конструкций закрытого горизонтального дренажа с комбинированным фильтром. Горошков Н.И., Климова Г.Р.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

На основании проведенных лабораторных и экспериментов и полевых исследований рассмотрен вопрос применения рулонных материалов и нитронного полотна в сочетании с некондиционной гравийно-песчаной смесью при строительстве закрытого горизонтального дренажа в различных по механическому составу почвогрунтах.
Иллюстр. 2, табл. 3.

УДК 631. 432.1:626.862.4

Принципы районирования орошаемых земель для выбора конструкций и технологии строительства закрытого горизонтального дренажа. Батурин Г.Е., Климова Г.Р.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

На основании проведенной типизации орошаемых земель Узбекистана в зависимости от уровня залегания грунтовых вод и литологического состава почвогрунтов разработаны принципы районирования по способу строительства и выбору конструкций водоприемной части закрытого горизонтального дренажа.
Иллюстр. 2, табл. 3

УДК 631.62

Принципы нормирования водоотведения с орошаемых земель аридной зоны. Икрамов Р.К.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Излагаются цели и задачи разработки текущих и перспективных норм и нормативов водоотведения исходя из современных природно-хозяйственных, мелиоративных и экологических условий Средней Азии. В зависимости от целей определен состав нормируемых показателей. Предлагается последовательность действий при разработке текущих норм на современном этапе по материалам наблюдений, имеющимся в различных организациях. Изложены принципы природно-мелиоративного районирования для целей нормирования водоотведения и в качестве примера показано районирование территории ста-

рой зоны Сырдарьинской области. Приведены установленные нормативы водоотведения для Ворошиловского района.

Библ.I0, иллюстр.I.

УДК 63I.6I9:63I.445.52I.53

Исследование эффективности глубокого рыхления при промывке сильнозасоленных гипсированных грунтов. Сорокина И.А., Каримов Х.Х.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, I989.

В статье на основании обработки материалов натурных исследований и моделирования на ЭГДА показано влияние глубины и различных способов рыхления на фильтрационную способность почв на основе гидрадинамической сетки движения грунтовых вод.

Библ.6, иллюстр.8, табл.4.

УДК 63I.6I9:63I.445.52I.53

О глубине и периодичности глубокого рыхления садовых гипсоносных почв Голодностепской подгорной равнины. Гафуров Б.М., Остроброд Б.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, I989.

При освоении гипсоносных сазовых почв Голодностепской подгорной равнины одним из перспективных приемов является глубокое рыхление, которое необходимо осуществлять на глубине залегания нижней границы гипсового горизонта. В связи с быстрым восстановлением исходных свойств глубокоразрыхленных почв этот прием необходимо повторять через каждый I-2 года.

Библ.5, иллюстр.I, табл.2.

УДК 626.844.

Принципы проектирования капельного орошения на адырах. Муктаров М.П., Палванов Т.И., Маллаев Б.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, I989.

Дается определение адырным землям, приводятся сведения о

перспективах их использования в Узбекской ССР для развития капельного орошения. Описываются схема и организация территории системы капельного орошения, рассматриваются вопросы расчета трубопроводной сети, оросительной и поливной норм, количества и продолжительности полива, межполивного периода.

Библ.9, иллюстр.2, табл.I.

УДК 624.135

Совершенствование технологии подготовки поливного участка. Саруханов П.Я., Аверина Л.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

В работе приводится технология подготовки поливных участков, направленная на повышение эффективности систем орошения и обеспечивающая равномерное увлажнение всего участка на глубину корнеобитаемого слоя.

Библ.3, иллюстр.I.

УДК 626.842.3

Совершенствование технологических схем полива по бороздам в целях снижения затрат оросительной воды. Хорст М.Г.

В статье рассматривается место совершенных оросительных систем в структуре орошаемых земель Узбекистана, отмечаются недостатки поперечной схемы полива. Для улучшения характеристики поперечной схемы предлагается использовать дискретную технологию регулирования водоподачи в борозды.

Библ.5, иллюстр.3, табл.I.

УДК 626.845

Производственный опыт полива сельскохозяйственных культур дождеванием на землях, склонных к засолению. Якубов Х.И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Автором на основе анализа данных многолетних натурных иссле-

дований и материалов проектных и научно-исследовательских институтов установлено, что фактические оросительные нормы хлопчатника составляют 2150-2400 при поливе дождеванием и 2500-2700 $м^3$/га при бороздковом поливе. Экономия поливной воды при дождевальном поливе ниже, чем при бороздковом. Отмечаются более высокие эксплуатационные затраты, большие потери оросительной воды на испарение и из временной оросительной сети и т.д.

Табл.7, иллюстр. I.

УДК 634.1/7:631.674.4

Локальное внутрипочвенное орошение ореха грецкого на террасах. Ким Л.Х., Таджибаев К.К., Фимкин В.П., Хусанов А.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Приведены режим орошения, динамика влажности почв, приживаемость и прирост плантации ореха грецкого при использовании водосберегающей технологии локального внутрипочвенного орошения ореха грецкого на террасах. Доказано преимущество внутрипочвенного способа орошения.

Табл.5, библ.3, иллюстр.2.

УДК 631.6.02

Пути поиска рационального использования водных ресурсов Ферганской долины для улучшения экологической обстановки в бассейне р. Сырдарьи. Сорокина И.А., Усманов А.У., Якубов Х.И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Приведены водно-балансовые расчеты и расчет объема выноса солей в Сырдарью в пределах Ферганской долины. Для ряда вариантов объемов и минерализации дренажного стока при различных типах дренажа, объемах использования стока КДС на орошение и существующем уровне оросительной сети дается прогноз среднегодовой минерализации речной воды у Кайраккумского водохранилища; показано, что реализация некоторых альтернативных вариантов позволит снизить минерализацию воды в реке до 0,8 - 1,0 г/л и на 3 - 4 $км^3$ повысить сток реки у Кайраккумского створа.

Иллюстр.2, табл.8.

УДК 626.823.91:691.175.51.8

Новые антифильтрационные материалы для облицовки оросительных каналов. Махмудов Ш.М., Шипилов В.М., Толабаев К.К.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Приведены результаты испытания нового антифильтрационного материала "асрасув". Выявлено, что новый тип покрытия на основе пленки "асрасув" обладает хорошими физико-механическими свойствами - стабилен на воздействие агрессивной среды, а также природно-климатических факторов.

Табл.8, иллюстр.2.

УДК 631.4

Анализ показателей мелиоративного состояния орошаемых земель Джалагашского района Кызылординской области Казахстана. Остроброд Б.Г., Широкова Ю.И., Гафуров Б.М., Каримов Х.Х., Ражабов А.П.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

На основании проведенной солевой съемки составлены картограммы засоленности почв, что позволяет выявить мелиоративно-неблагополучные земли и наметить пути их улучшения: усилить мощность дренажа ; размещать сельскохозяйственные культуры с учетом их солеустойчивости, а также рассоляющего действия возделывания риса.

Иллюстр.4, табл.3.

УДК 633.511

Влияние лазерной обработки семян и воды на продуктивность хлопчатника при внесении в почву различных норм минеральных удобрений. Разаков Р.М., Рахматов Р.Т.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Выявлено, что обработка семян хлопчатника и воды лазером при одновременном внесении 300 кг/га азота оптимизирует водный и питательный режимы почвы, положительно влияет на этапы органогенеза растений и обеспечивает получение высокого урожая хлопка-сырца.

Библ. 7, табл. 4.

УДК

Качество оросительной воды и урожайность риса. Дабылов А.Д.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1989.

Для количественного учета влияния качества оросительной воды на урожайность риса проведен анализ и выполнено обобщение имеющихся по этому вопросу публикаций. Получены конкретные эмпирические зависимости, которые рекомендуются при разработке мелиоративных, эксплуатационных и агротехнических мероприятий на рисовых системах.

Библ. 12, иллюстр. 1.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

стр.

I. Якубов Х.И., Усманов А.У., Насонов В.Г., Умаров П.Д. О результатах командировки советской делегации в Китайскую Народную республику..... 3
2. Духовный В.А., Галустян А. "Выбор параметров горизонтального дренажа в аридной зоне..... 9
3. Насонов В.Г. Оптимизация параметров закрытого горизонтального дренажа..... 2I
4. Горошков Н.И., Климова Г.Р. Исследования конструкций закрытого горизонтального дренажа с комбинированным фильтром..... 35
5. Батурин Г.Е., Климова Г.Р. Типизация орошаемых земель для выбора конструкций и технологии строительства закрытого горизонтального дренажа..... 42
6. Икрамов Р.К. Принципы нормирования водоотведения с орошаемых земель в аридной зоне..... 50
7. Сорокина И.А., Каримов Х.Х. Исследование эффективности глубокого рыхления при промывке сильнозасоленных гипсированных грунтов..... 58
8. Гафуров Б.М., Остроброд Б.Г. О глубине и периодичности глубокого рыхления садовых гипсоносных почв Голодностепской подгорной равнины..... 70
9. Мухтаров М.П., Палванов Т.И., Маллаев Б.Г. Принципы проектирования капельного орошения на адырах 76
I0. Саруханов П.Я., Аверина Л.А. Совершенствование технологии подготовки поливного участка..... 88
II. Хорст М.Г. Совершенствование технологических схем полива по бороздам в целях снижения затрат оросительной воды..... 92
I2. Якубов Х.И. Производственный опыт полива сельскохозяйственных культур дождеванием на землях, склонных к засолению..... I00
I3. Ким Л.Х., Таджибаев К.К., Фимкин В.П., Хусанов А.А. Локальное внутрипочвенное орошение ореха грецкого на террасах..... II5
I4. Сорокина И.А., Усманов А.У., Якубов Х.И. Пути поиска рационального использования водных ресурсов Ферганской долины для улучшения экологической обстановки в бассейне р.Сырдарьи..... I23

стр.

I5. Махмудов Ш.М., Шипилов В.М., Толабаев К.К. Новый антифильтрационный материал для облицовки оросительных каналов..... I35

I6. Остроброд Б.Г., Широкова Ю.И., Гафуров Б.М., Каримов Х.Х., Ражабов А.А. Анализ показателей мелиоративного состояния орошаемых земель Джалагашского района Кызылординской области Казахстана..... I47

I7. Разаков Р.М., Рахматов Р.Т. Влияние лазерной обработки семян и воды на продуктивность хлопчатника при внесении в почву различных норм минеральных удобрений I59

I8. Дабылов А.Д. Качество оросительной воды и урожайность риса I64

Рефераты I73