ISSN 0131—1905

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

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

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВЕРШЕННЫХ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Сборник научных трудов

Ташкент — 1986

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

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

Ордена Трудового Красного Знамени институт „СРЕДАЗГИПРОВОДХЛОПОК" имени А. А. Саркисова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВЕРШЕННЫХ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Сборник научных трудов

Ташкент — 1986

Сборник научных трудов, подготовленный Средазгипроводхлопком, посвящен изысканиям и исследованиям, выполненным в последние годы для обоснования проектов орошения и освоения крупных земельных массивов аридной зоны. Местные специфические условия диктуют необходимость изучения таких вопросов, как способы рассоления земель, прогнозы водно-солевых режимов почвогрунтов, сокращение потерь воды при орошении в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, совершенствование способов водораспределения и др., что отражено в статьях сборника.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В.А.Духовный (отв.редактор), А.А.Кадыров, А.М.Мухамедов, А.Г.Пулатов, У.У.Умаров, Г.С.Цуриков (зам.редактора, Средазгипроводхлопок), Т.М.Шапошникова, Х.И.Якубов

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

И.Л.Калинин (ответственный за выпуск), Е.Н.Макушенко, Ф.Ш.Мухамеджанов, Б.Я.Нейман, Э.Л.Окулич-Козарин, Н.М.Солохин, Ю.В.Толстунов, Г.С.Цуриков, Ф.Я.Эйнгорн, Л.В.Эпштейн

© Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации (САНИИРИ), 1986

УДК 624.131.6:631.61:001.18

Б.М.Жуманов, канд.техн.наук,
гл.геолог объекта
(Средазгипроводхлопок)

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗА ПОДЪЕМА УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА НОВООРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Прогнозирование подъема уровня грунтовых вод (УГВ) при орошении целинных земель вызвано необходимостью установления очередности строительства систематического дренажа в зависимости от сроков подъема грунтовых вод до критической глубины. В проектах орошения строительство дренажа предусматривается в первую очередь там, где ожидается подъем грунтовых вод до этой глубины в ближайшие пять лет.

Прогноз подъема УГВ для обоснования проектов орошения целинных земель составляется тремя методами: аналогия, аналитическим, балансовым. Методы аналогии и баланса применяются при прогнозировании режима уровня грунтовых вод больших массивов и регионов, аналитический - небольших площадей и отдельных хозяйств. Применимость того или иного метода зависит от конкретных гидрогеологических и водохозяйственных условий территории, для которой составляется прогноз.

В данной работе рассматриваются два метода прогнозирования подъема грунтовых вод в результате орошения целинных земель, расположенных на аллювиальной и пролювиально-структурной равнинах Каршинской степи, и приводится оценка пригодности трех методов составления прогноза.

Основная часть массива I очереди орошения Каршинской степи приурочена к аллювиальной равнине. В свое время для обоснования проекта прогноз по этой территории был осуществлен методом аналогия. В качестве объекта-аналога приняты крупные оросительные системы, построенные в зоне нового орошения Голодной, Дальверзинской и Сурхан-Шерабадской степей, гидро-

геолого-мелиоративные условия которых с некоторой условностью можно считать сходными с условиями аллювиальной равнины Каршинской степи.

По данным режимных наблюдений подъем уровня грунтовых вод до критической глубины (2...3м) в период орошения целинных земель в Голодной степи выглядел так, как представлено в табл.I.

Таблица I

Глубина залегания грунтовых вод до орошения, м	Скорость подъема грунтовых вод, м/год	Сроки подъема грунтовых вод до критического уровня при орошении, в годах
до 5	I,25-2,5	I-2
5-I0	I,25-2,5	2-4
I0-I5	I,25-2,5	4-6
I5-20	I,25-2,5	6-8

Из таблицы видно, что срок подъема грунтовых вод до критической глубины со скоростью I,25...2,5 м/год - от I до 8 лет. Эти показатели были приняты и в материалах обоснования проекта орошения Каршинской степи.

Анализ результатов режимных наблюдений, проведенных в период орошения целинных земель аллювиальной равнины Каршинской степи, позволил определить фактическую скорость подъема грунтовых вод (табл.2).

Таблица 2

№ наблюдательной скважины	Глубина залегания грунтовых вод до орошения, м	Скорость подъема УГВ при орошении, м/год
7	I5,56	3,6
9	I0,5	3,25
II	I0,0	2,42
I6	4,3	4
I7	8,5	2
25	4,7	3
27	6,4	2,6
29	4,9	3

Согласно таблице средняя скорость подъема уровня грунтовых вод - около 3 м/год, что практически приближается к максимуму прогнозных показателей, рекомендованных на основе объектов-аналогов.

Для составления прогноза аналитическим методом необходимы следующие исходные данные: литологическое строение зоны аэрации, глубина залегания грунтовых вод, величина инфильтрационного питания грунтовых вод и недостаток насыщения грунтов зоны аэрации. Этот метод пригоден в случае практического отсутствия притока и оттока грунтовых вод или их равенства. Названные условия характерны для новоорошаемых целинных земель Голодной и Каршинской степей.

При расчетах принимаются грунты песчаные и глинистые, глубина залегания грунтовых вод по зонам усредняется. Например, для расчета в зоне 3...5 м глубина залегания грунтовых вод принимается 4 м, в зоне 5...10 м - 7,5 м и т.д. Из полученных значений вычитается допустимая глубина залегания грунтовых вод, равная 2,5 м.

Величина инфильтрационного питания грунтовых вод складывается из атмосферных осадков (для близкозалегающих грунтовых вод), фильтрационных потерь из оросительной сети, инфильтрации от вегетационных и влагозарядковых поливов, а также от промывок засоленных земель.

На основании многочисленных экспериментальных данных в среднем недостаток насыщения для глинистых грунтов принимается 0,1, для песчаных - 0,2.

Результаты изучения режима влажности почвогрунтов зоны аэрации, где грунтовые воды залегают на 5 м и более, показали, что атмосферные осадки в условиях Каршинской степи не влияют на режим грунтовых вод, и в силу этого в расчетах не учитываются.

В совершенных оросительных системах фильтрационные потери из ирригационной сети практически отсутствуют. Поэтому основной приходной статьей является инфильтрация при поливах орошаемых земель. Величина инфильтрационного питания грунтовых вод, по многочисленным экспериментальным данным, составляет до 25% от суммарной водоподачи. При средней суммарной водоподаче для условий Каршинской степи 10000 $м^3$/(га.год) инфильтрационное питание равно 2500 $м^3$/(га.год). Скорость

подъема уровня грунтовых вод в этом случае определяется из зависимости $V = \frac{W}{\mu_н}$,

где V – скорость подъема, м/год; W – инфильтрационное питание грунтовых вод, $м^3/(га.год)$ или м/год; $\mu_н$ – недостаток насыщения грунтов зоны аэрации.

Если зона аэрации сложена глинистым грунтом, то скорость подъема грунтовых вод (V) составит 2,5 м/год при недостатке насыщения ($\mu_н$), равном 0,I, а если песчаным, то V = I,25 м/год при $\mu_н$ = 0,2. Когда зона аэрации сложена глинистым и песчаным грунтами, скорость рассчитывается для каждого горизонта в отдельности. В этом случае сроки подъема грунтовых вод до критической глубины складываются из суммы по каждому горизонту, а скорость – из средних величин.

Ниже, в табл. 3, приводятся расчетные значения скорости и сроки подъема уровня грунтовых вод до критической глубины для участков с различной мощностью зоны аэрации, сложенной глинистым или песчаным грунтом.

Как видно из таблицы, время подъема уровня грунтовых вод, рассчитанное аналитическим методом, на площади I очереди орошения Каршинской степи (кроме южной части) составляет от I года до 9 лет.

Сопоставляя данные табл.2 и 3, можно оценить достоверность аналитического метода прогнозирования. Максимальная расчетная скорость подъема 2,5, а фактически наблюденная – около 3 м/год. Это свидетельствует о возможности применения аналитического метода для прогнозирования V при орошении целинных земель на аллювиальных равнинах.

Южная часть земель I очереди орошения Каршинской степи, где расположены совхозы №I...6 и садсовхоз №2а, по гидрогеолого-мелиоративным условиям резко отличается от остальной территории массива. Особенности гидрогеолого-мелиоративных условий почв орошаемых земель указанных хозяйств заключаются в близком залегании слабоводопроницаемых пород верхнего неогена, затрудненности оттока грунтовых вод на смежные земли, большой мощности грунтов зоны аэрации (I00 м и более) и незначительной мощности четвертичных покровных отложений.

По состоянию на I974 г. (до орошения) грунтовые воды в этой зоне залегали на глубине от 5 до I00 м и более. С учетом глубины залегания грунтовых вод до орошения и принятого в

Таблица 3

Глубина залегания грунтовых вод, м			Величина недостатка насыщения	Суммарное инфильтрационное питание грунтовых вод, $м^3/(га.год)$	Скорость подъема грунтовых вод, м/год	Время подъема уровня грунтовых вод до критической глубины, в годах	Общие сроки подъема грунтовых вод до критической глубины, в годах
от и до	средняя	до критической глубины					
3-5	4,0	I,5*	0,I	2500	2,5	I	I
		-	-		-	-	
5-I0	7,5	5,0	0,5	2500	2,5	2	2
		-	-		-	-	
5-I0	7,5	2,5	0,I	2500	2,5	I	3
		2,5	0,2		I,25	2	
I0-20	I5,0	3,0	0,I	2500	2,5	I,2	9
		9,5	0,2		I,25	7,6	
I0-20	I5,0	I2,5	0,I	-	2,5	5	5
		-	-		-	-	

* В числителе приведены значения для глинистых, в знаменателе - для песчаных грунтов.

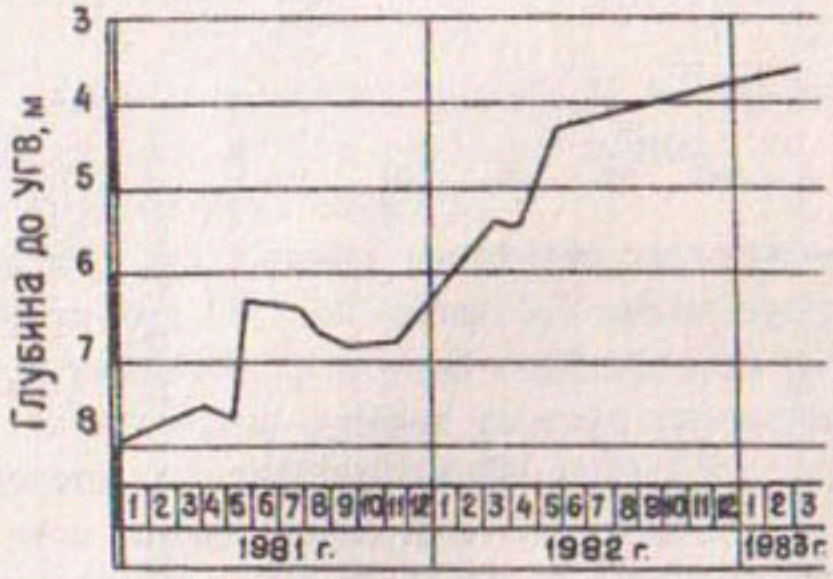


Рис.I. Уровень грунтовых вод по скв.II (аллювиальная равнина)

проекте режима орошения аналитическим методом был составлен прогноз подъема грунтовых вод исходя из того, что скорость подъема при орошении составляет 2...3 м/год. Сроки подъема грунтовых вод до критической глубины в зависимости от исходного положения их приведены в табл.4.

Таблица 4

Исходная глубина залегания грунтовых вод, м	Сроки подъема УГВ до критической глубины, в годах	Исходная глубина залегания грунтовых вод, м	Сроки подъема УГВ до критической глубины, в годах
до 5	I	20	7
I0	3	30	II
I5	5	50-I00	20 и более

Орошение этих земель было начато в I974 г. в совхозах №5,6 и частично в совхозах №3,4 с заблаговременно построенной дренажной сетью. В совхозах №I,2 и садсовхозе №2а в связи с глубоким залеганием грунтовых вод строительство дренажа было перенесено на более поздние сроки.

Гидрорежимные наблюдения, выполняемые на территории совхозов №I,2 и 3 для оценки достоверности прогноза подъема грунтовых вод, показывают, что на площадях, где грунтовые воды залегают на глубине до I0 м, подъем их начался с первого года

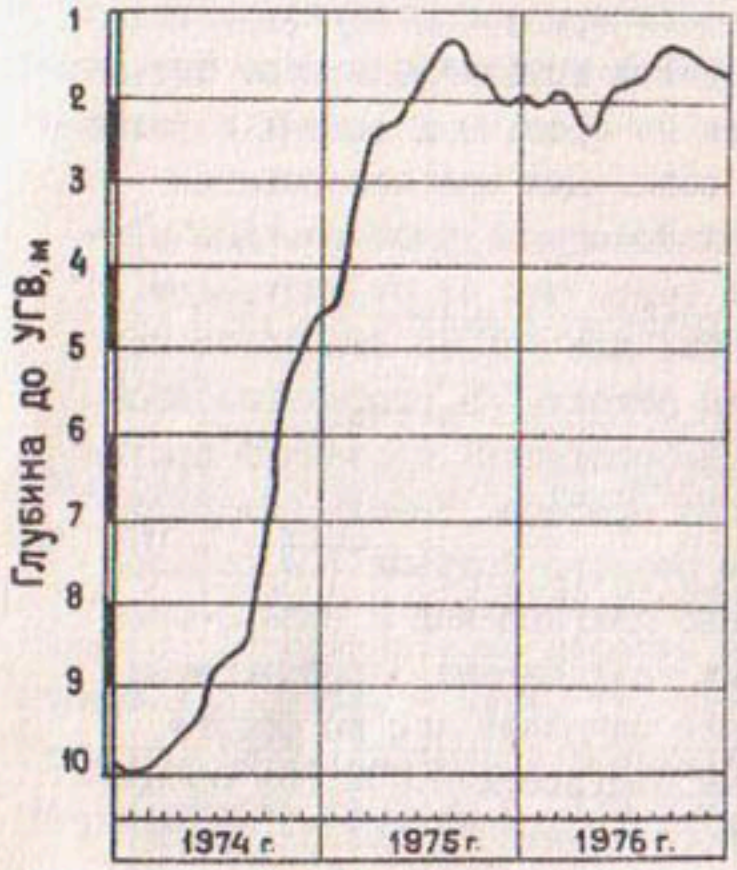


Рис.2. Уровень грунтовых вод по скв.822

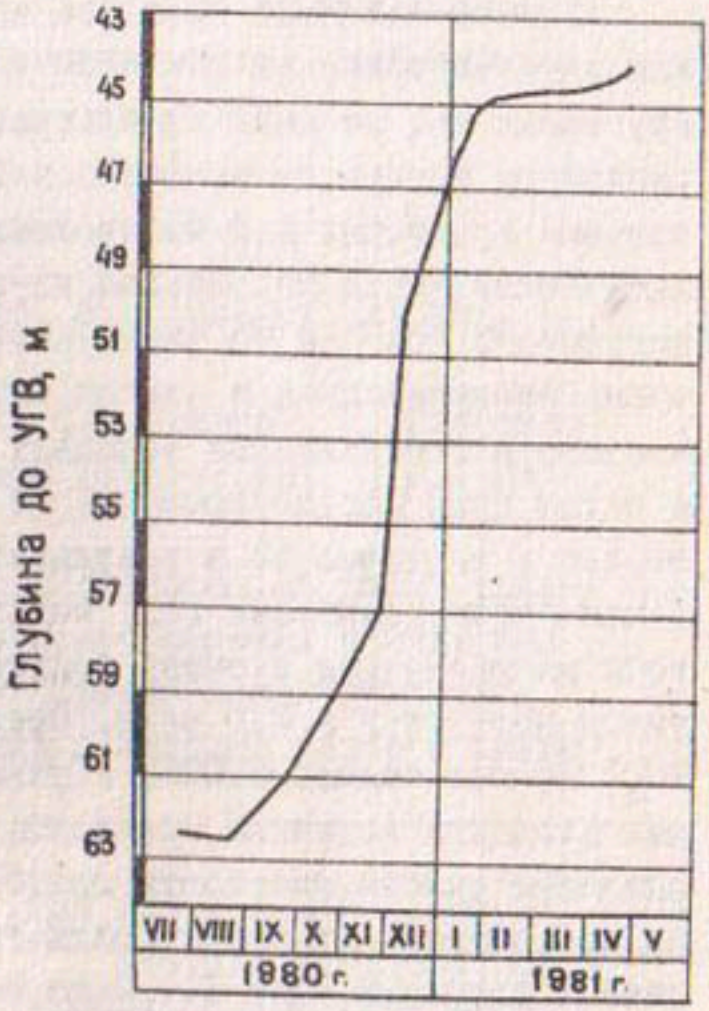


Рис.3. Уровень грунтовых вод по скв.I6

орошения (рис.2), вернее с периода проведения первых влагозарядковых поливов. За I974 г. они поднялись на 5,5 м, а за I975 г. - почти на 4 м. В дальнейшем уровни грунтовых вод стабилизировались на глубине 2,5...3,0 м, т.е. в пределах критической глубины.

На рис.3 отражен режим грунтовых вод в период орошения в I980...I98I гг. В I980 г. грунтовые воды залегали на глубине около 63 м. Скорость подъема за I980 г. составила I6 м/год, а за 6 лет (I980...I985 гг.) - 45,7 м при средней скорости 7,6 м/год. В I985 г. уровень достиг глубины I7,3 м. В данное время продолжается подъем грунтовых вод со скоростью 4...5 м/год. При указанной скорости подъема через 3...4 года УГВ достигнет критической глубины. Следует отметить, что такая скорость наблюдается только в южной части I очереди орошения Каршинской степи, в пределах структурной пролювиальной равнины, вследствие своеобразного геофильтрационного строения, оп-

ределяющего современные гидрогеологические условия массива.

При составлении прогноза подъема грунтовых вод аналитическим методом основным фактором является инфильтрационное питание грунтовых вод за счет инфильтрации на орошаемых землях и фильтрационных потерь из оросительной сети. Для прогнозирования подъема грунтовых вод на пролювиально-структурной равнине аналитический метод непригоден из-за того, что он не учитывает подземного притока по двум причинам: для равнин его величина очень незначительна, и приток равен оттоку. На рассматриваемом массиве в естественных условиях (до орошения) подземный приток и отток были сбалансированы. Но при орошении земель совхозов №4,5,6 и частично №3 в результате резкого подъема УГВ образовался бугор грунтовых вод, медленно двигающийся с северо-востока на юго-запад с очень большими градиентами, превышающими уклон местности в 2,5 раза. Среднее значение его по фронту 12,5 км составляет 0,005, а уклона местности 0,002. На небольших площадях величина градиента потока намного больше среднего значения уклона местности для больших расстояний. В результате на незначительных территориях грунтовые воды залегают на различных глубинах - от 1...2 до 30...60 м, а скорость подъема составляет от 0,5 до 15 м/год. На участках, находящихся под непосредственным влиянием потока грунтовых вод, скорость подъема максимальная. Влияния инфильтрации на подъем уровня глубокозалегающих грунтовых вод не наблюдалось.

Скорость подъема грунтовых вод, вычисленная для южной части массива аналитическим методом, составляет 2...3 м/год, что не соответствует фактически наблюденным, а объекты-аналоги для новоорошаемых массивов отсутствуют. Прогнозирование методом водного баланса для таких условий невозможно по следующим причинам: трудно оценить прогнозные величины составляющих водного баланса для массива на период его орошения; пестрое геофильтрационное строение создает своеобразную гидрогеологическую картину, ранее не наблюдавшуюся на других орошаемых массивах.

Следовательно, для прогнозирования подъема грунтовых вод на пролювиально-структурных равнинах нужен другой путь. Для таких территорий полагаем необходимым составлять прогноз подъема грунтовых вод при орошении по микроучасткам комбинированным методом, когда прогноз выполняется для каждого геоморфолого-

литологического участка с соответствующим геофильтрационным строением. При этом определяющим фактором до смыкания инфильтрационных вод с грунтовыми будет разница между подземным притоком и оттоком.

Использованная литература

I. Прогноз режима грунтовых вод в орошаемых районах. - М.: Недра, 1981. - 245с.

2. Шестаков В.М., Пашковский И.С., Сойфер А.М. Гидрогеологические исследования на орошаемых территориях. - М.: Недра, 1982. - 243с.

3. Хуманов Б. Влияние местных водоупоров на режим влажности почвогрунтов зоны аэрации на новоорошаемых землях юга Каршинской степи. - Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1983. Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем, с. 133-138.

УДК 624.131.2:624.132.3:
626.8:631.61:551.451.8

Б.Х.Хуманов, канд.техн.наук,
гл.геолог объекта
В.П.Сальников, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРУДНОСТИ РАЗРАБОТКИ ГРУНТОВ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ СУХОРОЙНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ДЛЯ ИРРИГАЦИОННО-МЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Распределение грунтов по трудности разработки сухоройными механизмами, как известно, производится с учетом их типа и свойств согласно СНиП IУ-2-82 /I/. Приведенные в этих СНиП характеристики грунтов составлены в соответствии с классификацией их по ГОСТу /2/.

Краткие характеристики грунтов, на основе которых выделяются в указанных СНиП группы по трудности разработки, не учитывают таких особенностей грунтов аридной зоны, как низкая природная влажность (пересушенность), загипсованность, состав и характер цемента.

В результате неучета специфических факторов формирования физико-механических свойств грунтов, обусловливающих прочностные свойства и трудность разработки землеройными механизмами, появляется нежелательная вероятность заложения в проекты организации и производства работ неточных решений, неверного определения стоимости ирригационно-мелиоративных объектов и затягивания сроков их строительства.

Для предотвращения указанных явлений представляется необходимым уточнение классификации грунтов аридной зоны, вызванное тем обстоятельством, что в настоящее время освоение и орошение целинных земель в Средней Азии ведется в основном в районе пустынь и полупустынь. С этой целью институтом "Средазгипроводхлопок" с I973г. проводилось изучение грунтов Каршинской степи.

Исследованиями установлено, что физико-механические свойства некоторых грунтов изучаемой территории отличаются от классификационных характеристик, приведенных в СНиП. Так, пески плотные и средней плотности по прочностным свойствам в естественном залегании близки к песчаникам весьма низкой и низкой прочности; супеси и суглинки твердые, пересушенные и загипсованные близки к алевролитам. Эти грунты в указанных СНиП не рассматриваются.

Для песчаных грунтов данного района характерен постепенный переход от песков рыхлых до песчаников различной прочности.

Пески Каршинской степи аллювиального и пролювиального генезиса четвертичного возраста. Аллювиальные пески на большей части дельты реки Кашкадарьи, как правило, рыхлые, на орошаемых землях водонасыщенные. В краевых частях дельты они переслаиваются пролювиальными и эоловыми образованиями - песками, супесями, суглинками. В этой пачке встречаются пески как аллювиальные рыхлого сложения, так и глинистые, плотные.

Пролювиальные пески желтоватые, желтовато-серые, глинистые, плотные, местами с включениями гравия. Они устойчивы в откосах выемки, из них в естественном залегании вырезаются монолиты и кубики. Предел их прочности на одноосное сжатие при естественной влажности, величина которой не превышает 5%, колеблется от I до I0 кгс/см^2 и более. По основным физико-механическим свойствам эти пески приближаются к песчаникам весьма низкой прочности, хотя в воде практически полностью размо-

кают. В лабораторных условиях после размокания, а в натурных условиях после полного водонасыщения при переработке механизмами такие грунты превращаются в рыхлые пески. До выхода ГОСТа 25100-82 их относили к пескам плотным, слежавшимся, плотнослежавшимся, классифицировали визуально, по полевой документации. Такой подход не дает возможности правильно классифицировать песчаные грунты по трудности разработки механизмами.

Из грунтов изучаемой зоны только аллювиальные светло-серые, серые, крупные и средней крупности рыхлые пески соответствуют характеристикам, приведенным в СНиП.

Среди песчанистых грунтов Каршинской степи широко распространены песчаники весьма низкой, низкой и пониженной прочности. Их естественная влажность очень низкая (до 5%), плотность в сухом состоянии I,6...2,0 т/м^3. Часть их - песчаники весьма низкой прочности - размокает в воде.

Вышеназванные пески (близкие к песчаникам) и песчаники весьма низкой, низкой и пониженной прочности трудно разрабатываются землеройными механизмами. В таблице распределения грунтов по трудности разработки /I/ они отражения не нашли.

Для исследуемой зоны характерны супеси и суглинки затвердевшие, сухие, рыхлые, лессовидные, загипсованные. Прослои супесей и суглинков, встречающиеся среди песков, твердые, алевролитоподобные. Плотность их при естественной влажности составляет I,3...I,9 т/м^3. Естественная весовая влажность не превышает 5%.

Результаты многолетних наблюдений за строящимися объектами показали: если на поверхности земли залегают тяжелые глинистые грунты (глины четвертичные и суглинки тяжелые), то подстилающие их суглинки и супеси очень твердые, алевролитоподобные, а пески близки к песчаникам низкой и весьма низкой прочности; встречающиеся среди песчаных грунтов слои, прослои и линзы глинистых грунтов подобны алевролитам низкой и весьма низкой прочности.

Супеси и суглинки по наличию гипса, согласно классификации М.Н.Терлецкой /3/, подразделяются на незагипсованные, слабозагипсованные, сильнозагипсованные, гажавидные, гажу и гипсовую породу. Содержание гипса в грунтах рассматриваемой зоны местами достигает 80%, легкорастворимых солей - 3%. При естественной влажности (величина ее, как правило, не превышает 5%)

гипс между зернами грунта играет роль цемента. При содержании I0 и более процентов гипса прочность грунтов повышается.

Прочность супесей и суглинков зависят от их влажности. Необходимо отметить, что все глинистые грунты, кроме глин и затвердевших суглинков, практически полностью размокают в воде. В условиях низкой естественной влажности супеси и суглинки твердые и затвердевшие труднорезрабатываемы, а местами без рыхления не поддаются разработке землеройными механизмами. При искусственном увлажнении они теряют свои прочностные свойства. Как показали наблюдения за орошаемыми землями и строящимися объектами, после двух-трех лет, иногда одного года орошения трудноразрабатываемые грунты (супеси и суглинки) становятся довольно легко разрабатываемыми. Это обстоятельство ГОСТом 25I00-82 не учитывается.

Согласно упомянутому ГОСТу скальные и полускальные грунты (в том числе алевролиты и песчаники) классифицируются по величине предела прочности на одноосное сжатие при водонасыщении. По нашему мнению, такое требование ГОСТа справедливо только для расчета основания зданий и сооружений. В проекте же самих сооружений необходима оценка изменения прочностных свойств этих грунтов в условиях полного водонасыщения.

В предлагаемой работе ставится вопрос о классификации грунтов аридной зоны для установления группы трудности их разработки землеройными механизмами. Полагаем, что классификационным критерием, соответствующим как ГОСТу, так и кратким характеристикам грунтов по СНиП, может быть предел прочности на одноосное сжатие при природной влажности. Для этих целей в ГОСТ необходимо ввести условие относительно методики проведения испытания грунтов на одноосное сжатие. Нам представляется, что супеси и суглинки, прочностными свойствами близкие к алевролитам, а также пески плотные, близкие к песчаникам низкой и весьма низкой прочности, следовало бы классифицировать по величине предела прочности на одноосное сжатие только при природной влажности, независимо от размокаемости. Предлагаем песком считать только рыхлую породу, а песчаниками - все остальные, нерыхлые песчаные породы. Полагаем необходимым дополнительно внести в СНиП классификацию песчаников по трудности разработки в зависимости от величины предела прочности при природной влажности.

Суглинки и супеси твердые и затвердевшие должны оцениваться как алевролиты- по величине предела прочности при природной влажности. Считаем правомерным временно (до получения соответствующих руководящих документов) алевролиты и песчаники весьма низкой прочности отнести к Ш, а песчаники низкой и пониженной прочности - к IУ группе грунтов по трудности разработки.

Ниже приводится предлагаемая классификация грунтов аридной зоны по трудности разработки сухоройными механизмами.

Грунт	Предлагаемая группа грунтов	Приравнивается к группам по СНиП IУ-2-82 (табл.I)
Супеси и суглинки сухие, твердые, как алевролиты весьма низкой прочности (R_c<IO кгс/см^2), а также супеси и суглинки засоленные и загипсованные с содержанием гипса от IO до 30% и легкорастворимых солей до 3%	Ш	П.3I Солончак и солонец твердые
Супеси и сугланки сухие, затвердевшие, как алевролиты низкой и пониженной прочности (R_c =IO... 30 и 30...50 кгс/см^2), а также супеси и суглинки сухие, загипсованные с содержанием гипса более 30% и легкорастворимых солей более 3%	IУ	П.I Алевролиты низкой прочности
Песчаники весьма низкой прочности или пески слежавшиеся (R_c<IO кгс/см^2)	Ш	П.IO д Пески с содержанием до 65% частиц крупнее 2 мм
Песчаники низкой и пониженной прочности (R_c = IO...30 и 30...50 кгс/см^2)	IУ	П.IO с Пески с содержанием более 65% частиц крупнее 2 мм

Считаем нелишним еще раз подчеркнуть, что в условиях пустынь и полупустынь Средней Азии, где в настоящее время в основном ведется освоение и орошение целинных земель, необходимо учитывать влияние на формирование физико-механических свойств грунтов специфических факторов, характерных только для аридной зоны: низкая природная влажность, загипсованность, плотность,

вещественный состав и характер цемента (глинистый, карбонатный и гипсовый; базальный, поровый и контактный).

Последующее детальное изучение этих свойств грунтов в увязке с прочностными свойствами и трудностью разработки землеройными механизмами позволит точнее определять сметную стоимость и сроки ирригационно-мелиоративного строительства в среднеазиатском регионе, а также улучшать его качество.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- физико-механические свойства некоторых грунтов аридной зоны отличаются от классификационных характеристик, приведенных в [1]. Так, пески плотные и средней плотности по прочностным свойствам близки к песчаникам весьма низкой и низкой прочности; супеси и суглинки твердые, пересушенные, загипсованные по прочностным свойствам близки к алевролитам весьма низкой и низкой прочности;

- глинистые грунты значительной части территории Каршинской степи в различной степени загипсованы, содержание гипса местами достигает 80%. Загипсованность при низкой влажности повышает прочность грунтов и увеличивает трудность их разработки;

- в классификационной таблице трудности разработки грунтов механизмами песчаники весьма низкой, низкой и пониженной прочности, а также грунты, указанные в первом пункте выводов, не нашли отражения;

- критерием для определения строительной группы грунтов может быть их предел прочности на одноосное сжатие при естественной влажности. Величина его зависит от влажности грунта, загипсованности, плотности, вещественного состава и характера цемента.

Использованная литература

I. СНиП IУ-2-82.Т.I, ч.IУ, гл.2.- М.: Стройиздат, I983, с.6-II.

2. ГОСТ 25I00-82. Грунты. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, I982. Введён с июля I982. - 9 с. УДК 624.I3I.3. 00I.33:006.354. Группа Ж39 СССР.

3. Рекомендации по проектированию каналов и сооружений на загипсованных лессовидных грунтах оросительных систем аридной зоны. - М.: ВНИИГиМ, I975, с.6.

УДК 624.I3I.2I:626.862.4

В.В.Калинин, нач.отд.
(Средазгипроводхлопок)
Н.И.Калижная, канд.техн.наук,
ст.науч.сотр.
(САНИИРИ)

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОНОСНОГО ПЛАСТА ПРИ ОТБОРЕ ВОДЫ ДРЕНАЖНОЙ СКВАЖИНОЙ

Откачка воды вертикальной скважиной, состояние прифильтровой зоны в случае длительной эксплуатации дренажной системы и обеспечение многолетней работоспособности дрен остаются в настоящее время наиболее важными и изучаемыми проблемами [I]. В связи с этим нами обобщен опыт строительства скважин в Голодной степи, проведены лабораторные испытания грунтов на высоконапорных моделях, проанализированы материалы наблюдений зарубежных исследователей [2...4].

При эксплуатации вертикальных скважин в зоне нового орошения Голодной степи была отмечена тенденция к снижению дебита, что подтверждается сравнением приведенных в таблице данных о начальном дебите скважин во время строительных откачек и среднегодовых показателей первого, второго и третьего года эксплуатации системы.

№ скважины	Глубина скважины, м	Дебит, л/с			
		начальный	при эксплуатации		
			I-й год	2-й год	3-й год
I	2	3	4	5	6
	Совхоз №I8 (один водоносный горизонт в интервале 35...47 м)				
94	63	I5,7	5,4	4,2	4,2
96	62	I4,3	5,2	4,2	3,4
II0	60	26,2	5,6	4,I	3,8
II3	60	I2,3	I2,0	I0,6	9,9
I22	60	22,0	-	I2,0	II,5

I	2	3	4	5	6
I37	60	I9,6	I2,9	I0,2	I0,0
I39	60	I5,7	I0,7	9,7	II,0
	Совхоз №I9 (I-й водоносный горизонт - в интервале 30...45 м)				
8	50	25,0	I4,2	I3,8	I0,5
9	50	28,0	23,I	I2,2	9,I
I0	50	20,0	20,8	I7,4	I5,I
I62	50	25,0	2I,I	20,7	20,3
	Совхоз №I9 (два водоносных горизонта - в интервале 30...44 и 68...95 м)				
I7	79,5	50,0	I9,0	I4,6	II,4
20	I00	37,0	I0,9	9,9	-
25	88	36,0	I4,5	I3,2	-
30	83	25,0	-	I9,0	I0,I
40	I00	50,0	-	I5,4	II,5
48	I00	40,0	I9,9	I6,2	I3,7
52	I00	40,0	I9,0	I5,3	I4,5
55	I00	36,0	I7,8	I7,3	II,5
57	I00	35,0	2I,0	II,6	-

Многие исследователи объясняют это явление кольматацией прифильтровой зоны скважины и засорением ствола выносимым песком. Однако снижение дебита наблюдалось уже в первые годы эксплуатации, когда химическая и механическая закупорка еще маловероятна. Прочистка скважин и даже кислотная обработка (в совхозе №5 Голодной степи) не давали полного восстановления дебита. Вокруг пескующих скважин с большим дебитом Q = 50...70 л/с в совхозе №I7 имели место обвал устья, оседание поверхности земли, снижение дебита. Подобные явления происходили и на скважинах с дебитом 7...I2 л/с в совхозах №5, 6 и "Пахтакор". К третьему году эксплуатации на опытном участке в совхозе №I7 дебит скважин уменьшился наполовину при том же понижении уровня.

Аналогичные изменения - уплотнение и оседание грунта - наблюдались и при проведении опытов в фильтрационной лаборатории на высоконапорных моделях.

На секторной напорной установке выполнены серии опытов,

моделирующих приток к самоизливающейся скважине комбинированного дренажа. Испытывался крупнозернистый песок d_{50} = I,75 мм, $\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{2,00}{0,18} = 11$ на контакте с гравием, размер фракций которого укрупнялся по мере проведения опытов от 30 до I мм; от 30 до 5 мм; от 30 до 7 мм; от 30 до I0 мм. Перфорация каркаса от 6 до I0 мм, скважность 3...I5%. Толщина обсыпки I00 мм. Напор над дреной изменялся от 2,5 до 4,0 м, градиент напора - от 0,85 до 2,35. Загрузка песка в камеру модели производилась малыми порциями с замочкой снизу и трамбованием. При работе модели в течение полугода наблюдались постоянная осадка испытуемого крупнозернистого песка в камере и уменьшение коэффициента фильтрации. Во время опытов, которые проводились с трехкратной повторностью, необходимо было добавлять песок в камеру, хотя в первых трех сериях выноса песка в ствол скважины не отмечалось. Что же касается $K_ф$, то в первой серии он уменьшился с 95 до 80, во второй - с 80 до 60, в третьей - с 60 до 50, в четвертой - с 50 до 35 и в пятой - с 35 до 27 м/сут. Причем слабый вынос песка в ствол скважины прослеживался только в последних двух сериях, где гравий был обогащен на ситах 7 мм.

Подобные изменения происходили и в опытах со средним и мелким песком - там $K_ф$ уменьшился в одной серии с 30 до 23, а в другой - с 20 до I2 м/сут.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при фильтрации через пласт происходят гранулярное перемещение частиц, их уплотнение, оседание толщи и уменьшение коэффициента фильтрации.

Это явление в настоящее время изучено недостаточно, хотя играет существенную роль при прогнозировании дебитов скважин и установления причин снижения их дренажного эффекта.

В отечественной и зарубежной литературе можно найти косвенное решение рассматриваемого вопроса. Так,при изучении физических и химических методов регенерации скважин на воду в Ульяновске и Курске В.С. Алексеев и Е.Ю.Щеголев /I/ установили следующее: пневмовзрывное воздействие на выработки, эксплуатирующиеся от одного года до четырех лет, привело к увеличению дебита в I,85 раза, что составило 60% от первоначального, а в скважинах, эксплуатировавшихся в течение 5...I9 лет, - в 2,55 раза, однако дебит после восстановления не превышал 3I% от

первоначального. Из этого следует: чем "старше" скважина, тем труднее восстановить ее дебит.

По нашему мнению, полной регенерации не происходит из-за уплотнения самого водоносного пласта и изменения его коэффициента фильтрации.

В последнее десятилетие оседание поверхности земли под влиянием инженерной деятельности человека стало всемирной проблемой, о чем свидетельствует проводившаяся в 1977 г. в США международная конференция по оценке и прогнозированию оседания земной поверхности. К примеру, в Японии /2/ темп осадок в результате водоотбора и уплотнения грунтов составляет 1...10 см в год. В Бангкоке /3/, где скважинами отбирается воды более 1 млн. $м^3$/сут, наблюдается оседание территории города со скоростью 10 см в год. Проведенные в Калифорнии /4/ исследования изменения свойств водоносных систем за счет уплотнения несвязных и слабоконсолидированных пород вследствие отбора большого количества воды показали, что, например, в долине Сан-Хоакин из-за проседания земной поверхности, вызванного долговременной эксплуатацией водоносных комплексов, отмечается сокращение дебитов скважин до 60%.

Выводы и предложения

- По наблюдениям за работой систематического дренажа в Голодной степи отмечено снижение дебитов на 20...30% и более за 2...3 года его эксплуатации.

- Исследования на высоконапорных моделях, имитирующих приток к самоизливающейся скважине комбинированного дренажа, показали снижение коэффициента фильтрации песков на 17...30% за полгода работы модели.

- Изучение функционирования дренажной системы позволяет сделать вывод, что при длительной фильтрации через пласт происходят гранулярное перемещение и уплотнение частиц песков, оседание толщи, уменьшение коэффициента фильтрации, снижающие дренажную способность системы и препятствующие полному восстановлению дебита скважин при регенерации.

- Предлагается после регенерации скважин производить принудительное нагнетание воды в пласт с целью возмущения и переформирования уплотнившихся песков для повышения коэффи-

циента фильтрации.

- В связи с тем, что через 2...3 года эксплуатации дренажных систем проектная дренажная способность снижается на 20...30%, необходимо вести специальные гидрогеологические наблюдения за работой систематического дренажа на осваиваемых массивах.

- В проектах следует предусматривать перспективное изменение дренирующей способности систем и заложение средств на регенерацию и режимные наблюдения.

Использованная литература

I. Алексеев В.С., Щеголев Е.Ю. Импульсные методы освоения и регенерации скважин на воду. Обзор. Гидрогеология и инженерная геология. - М.: ВИЭМС, 1977, с.16-21.

2. Оседание земли в Японии в результате водоотбора. Aoki Shigeru. Land subsidence in Japan resulting from fluid extraction - summary "Circum-Pacific Energy and Mineral Resour.Pap. Conf.Honolulu,Haw,1974 "Tulsa,Okla,1976,362-364 (англ.)
РЖ.Геология. 08Е. Гидрогеология. Инженерная геология. Мерзлотоведение, ВИНИТИ, №2, 1979, с.37.

3. Исследование оседания территории в районе Бангкока, Таиланд. Nutalaya Prinya, Premchitt Jerasak.Investigation of land subsidence in the Bangkok Area, Thailand. "Bull. liais.Lab., ponts et chaussees",1981,num.spes.10,63-70(англ.)
РЖ. Геология. 08Е. Гидрогеология. Инженерная геология. Мерзлотоведение, ВИНИТИ, №8, 1981, с.64.

4. Изменение свойств водоносных систем, связанное с истощением (запасов) подземных вод (США). Lofgren Ben E. Changes in agnifer-system proporties with ground-water depletion."Univ.Calif.Water Resour. Cent.Rept.",1977,No.41,48-68(англ.)
РЖ. Геология. 08Е. Гидрогеология. Инженерная геология. Мерзлотоведение, ВИНИТИ, № 3, 1980, с.23.

УДК 624.131.54:631.67:631.61

А.К.Бакиев, нач.партии
(Средазгипроводхлопок)

О СУФФОЗИОННЫХ ЯВЛЕНИЯХ НА ГИПСОНОСНЫХ ПОЧВАХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ И МЕРАХ БОРЬБЫ С НИМИ

На массиве I очереди освоения и орошения Каршинской степи сформированы серо-буро-сероземные гипсоносные почвы, подверженные ветровой эрозии и развитию суффозионных явлений при орошении.

Для выяснения причин возникновения суффозионных явлений на указанных почвах и возможности дальнейшего сельскохозяйственного использования этих земель нами в 1984-1986 гг. проведены исследования на опытно-производственном участке (ОПУ) площадью 20 га в совхозе №1 имени XVIII съезда ВЛКСМ, в ходе которых изучены агрохимические, водно-физические и гидрофизические свойства почв, выполнены наблюдения за водным режимом, определены элементы техники полива, вскрыты шурфами образовавшиеся воронки и т.д.

Полевые и аналитические данные позволяют определить основные свойства исследуемых гипсоносных почв. Для них характерно низкое содержание гумуса (0,6...1,0%), что обусловлено небольшой мощностью биологически активного слоя.

Серо-буро-сероземные гипсоносные почвы ОПУ по механическому составу легкосуглинистые в пахотном горизонте, реже - в подпахотном, глубже - супесчаные и песчаные с включениями гальки и дресвы (рис. I); подстилаются неогеновыми темно-красными глинами, тяжелыми суглинками и алевролитами [1, 2].

Почвы имеют слабое засоление только в пахотном горизонте, где содержание водорастворимого натрия не превышает 1...3 мг.экв. Глубже по всему профилю токсичное засоление отсутствует.

Гипсовые аккумуляции в почвах опытного участка вскрываются преимущественно с 20...40, реже с 10 см и с поверхности. Максимум их (25...50% и более) приурочен к слою 40...120 см, а местами они прослеживаются на глубине 2 м и более. Мощные отложения гипса характерны для средней части почвенного профиля. Гипс в профиле почв в верхней части встречается в виде

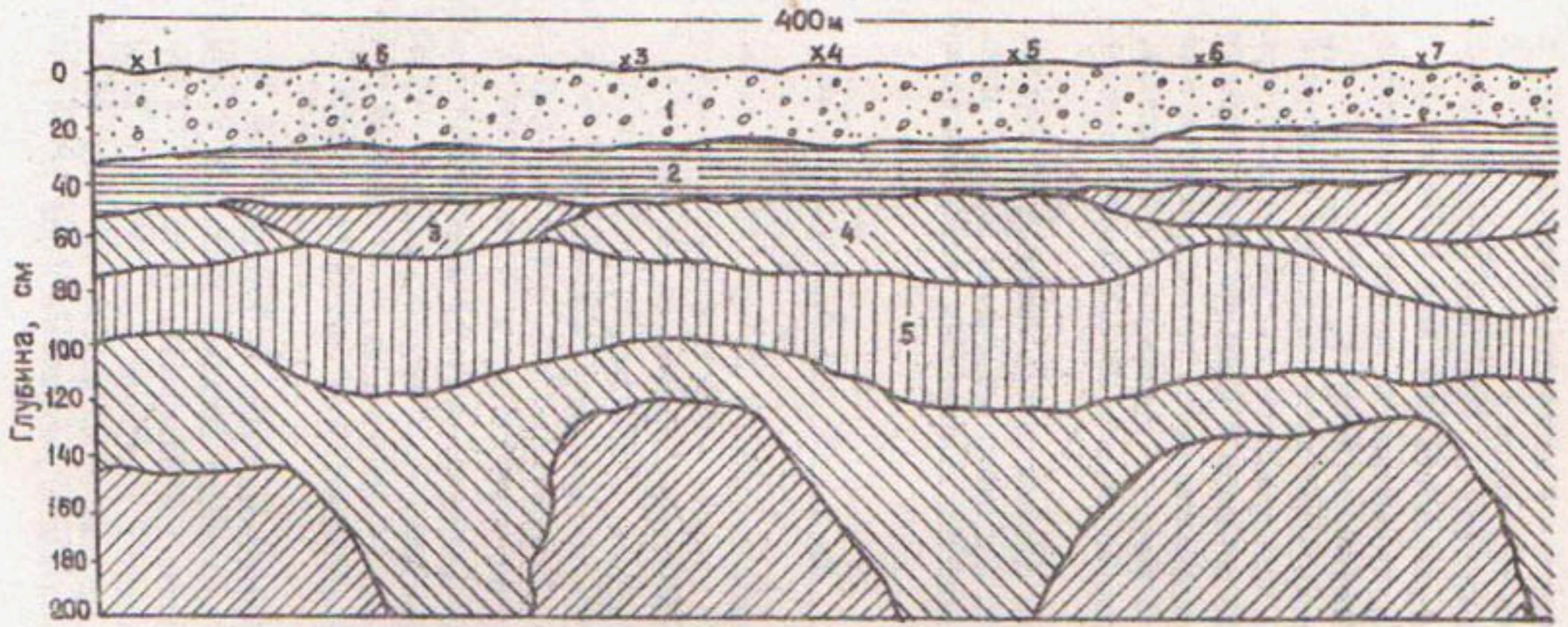


Рис.I. Литологический профиль опытно-производственного участка: I - пахотный легкосуглинистый горизонт с содержанием гипса до 5%; 2 - подпахотный легкосуглинистый плотный слой с содержанием гипса до 5%; 3 - супесчаный горизонт с содержанием гипса I0...25%; 4 - то же, с содержанием гипса 25...50%; 5 - супесчано-песчаный слой с содержанием гипса 50...70%; xI - номер шурфа

мелких кристаллов, в средней - в шестовато-губчатой форме, в нижней - в виде отдельных кристаллов и друз.

Мощные гипсовые аккумуляции на небольшой глубине от поверхности образовались в результате выпадения гипса из сульфатно минерализованных грунтовых вод на высоте их капиллярного поднятия в былые геологические времена.

Почвы опытного участка имеют неблагоприятные водно-физические свойства: высокую водопроницаемость, низкую водоудерживающую способность, малые объемную и удельную массы, высокую порозность (табл. I). Водопроницаемость характеризуется высокими значениями: 90...I40 мм/ч - в первые 20 мин наблюдений, 40...60 мм/ч - к концу первого часа и 25...30 мм/ч - к шестому-седьмому часу.

Наблюдения за водным режимом почв в межполивной период хлопчатника показали, что иссушению подвержены верхние слои. В горизонтах максимума гипсовых аккумуляций отмечается снижение влажности (рис.2).

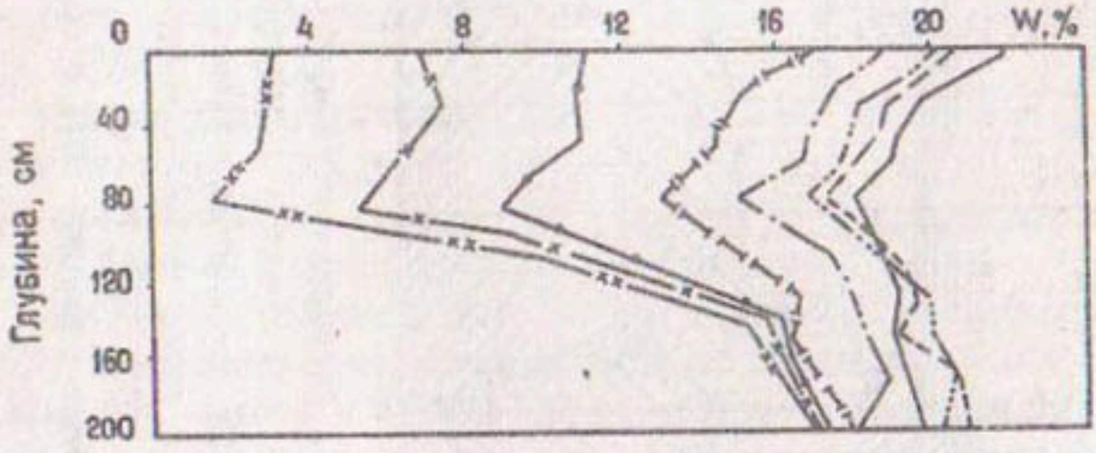


Рис.2. Динамика влажности почвы (W) в межполивной период хлопчатника: —— первый день; – – – второй день; —··— третий день; —·— пятый день; ⊢⊢ седьмой день; —•— десятый день; —x— пятнадцатый день; —xx— двадцатый день после полива

Исследование гидрофизических свойств показало, что в гипсоносных горизонтах происходит снижение диапазона доступной влаги. В пахотном горизонте при содержании гипса I...2% диапазон доступной влаги лежит в интервале I2...24% от объема, а в загипсованных при содержании гипса 40...50 (местами до 70%) количество легкодоступной влаги уменьшается почти вдвое и не

Таблица I

Некоторые водно-физические свойства почв и содержание гипса

№ шурфа	Глубина шурфа, см	Объемная масса, г/см^3	Удельная масса, г/см^3	Порозность, доля от объема	Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), %
П-I	0-29	I,63	2,70	0,40	I,02
	29-50	I,23	2,56	0,52	37,30
	I00-I20	I,2I	2,50	0,5I	52,70
П-2	0-27	I,55	2,70	0,43	0,92
	27-49	I,33	2,59	0,49	28,90
	98-I20	I,55	2,4I	0,52	76,70
П-3	0-28	I,37	2,65	0,48	0,50
	28-5I	I,33	2,66	0,50	40,00
	I22-I50	I,I8	2,47	0,52	6I,60

превышает 5...7% (рис.3). Данные наблюдений за водным режимом и исследований гидрофизических свойств почв ОПУ свидетельствуют о необходимости увеличения числа поливов небольшими нормами.

Анализ полевых наблюдений и исследований позволил вскрыть механизм образования суффозионных воронок (СВ). Они обязаны своим происхождением ряду взаимосвязанных факторов: особенностям почвенно-климатических условий, литолого-геоморфологическому строению массива и его гидрогеологической обстановке, водно-физическим и агрохимическим свойствам почв, наличию шестовато-губчатой формы гипса, гетерогенности почвенного профиля, отсутствию качественных планировок, несоответствию применяемой техники полива и др.

При орошении поливная вода по имеющимся в почвенном профиле трещинам и крупным ходам землероев устремляется вниз, увлекая с собой частицы почвы, вымывая гипс и тем самым образуя суффозионные воронки. Массовое образование их приурочено обычно к первым поливам. При последующих их количество заметно снижается. В течение всего полива суффозионные воронки активно

развиваются, и на месте их образования происходит просадка почвогрунтов. Все это приводит к непроизводительным затратам воды, в 3...5 раз превышающим поливную норму. Дополнительно

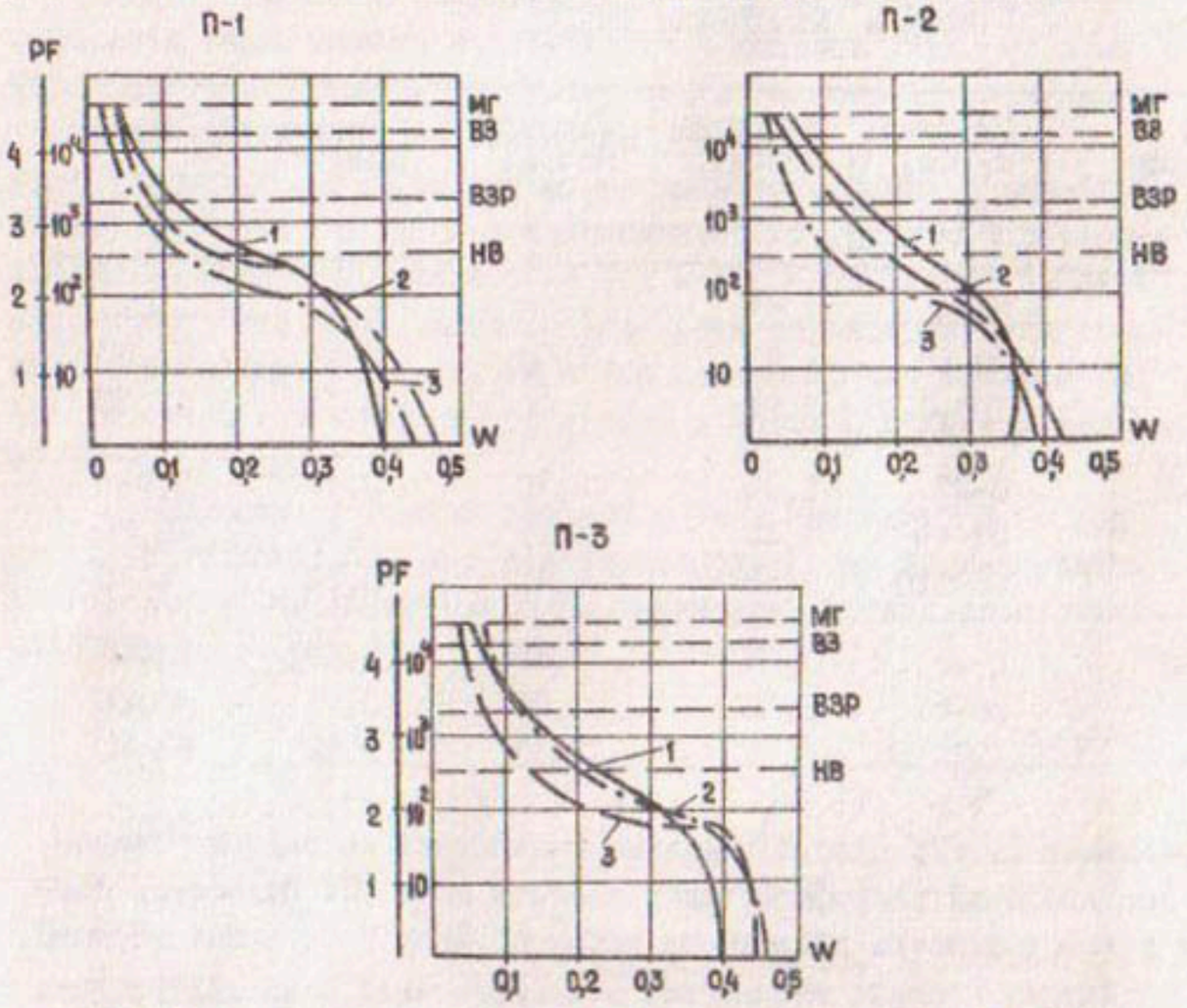


Рис.3. Зависимость потенциала почвенной влаги (*PF*) от влажности почвы (*W*) в пахотном (I), подпахотном (2) и гипсоносном (3) горизонтах

поданная поливная вода безвозвратно теряется. Просачиваясь в почвогрунты, она достигает кровли неогеновых слабоводопроницаемых тяжелосуглинистых отложений, движется по их уклону и выклинивается на нижерасположенных землях, ухудшая их мелиоративное состояние из-за подъема уровня грунтовых вод и вторичного засоления.

В первый год исследований на опытном участке под хлопчатником при орошении на 2,5 га образовалось 96 суффозионных воронок, местоположение которых было зафиксировано нивелиром. Во второй год, после осуществления комплекса агромелиоративных мероприятий, включающего рыхление на глубину 70...80 см

в двух направлениях - вдоль и поперек, качественную планировку, посев хлопчатника и по гребням, а также культивацию перед каждым поливом, в результате чего созданы однородные условия по всей территории участка, образование суффозионных воронок практически прекратилось. Это отразилось и на урожайности хлопчатника: с 8 ц/га в первый год она повысилась до 22 ц/га во второй.

В первый год на участках с посевами кукурузы до тех пор, пока проводилась культивация, суффозионные явления не возникали. Когда же высота главных стеблей кукурузы не позволяла выполнять культивацию, при поливах развивались суффозионные воронки. Подобная ситуация наблюдалась и на следующий год. Поливы люцерны и суданской травы напуском привели к массовому появлению суффозионных воронок. В последующем, когда эти культуры поливали по бороздам, отмечались единичные случаи образования СВ.

Вскрытие суффозионных воронок шурфами показало, что они имеют различные размеры, форму и глубину в зависимости от литологического строения и наличия гипса. Например, одна из них (СВ-2), обнаруженная на хлопковом поле в борозде, диаметром I2...I5 см конусообразно расширялась книзу и завершалась в виде карстовой пустоты на нижней границе максимума гипсовых аккумуляций. Встречались и другие формы суффозионных явлений, приводящие к появлению карстовых пустот в почвенном профиле в горизонтах гипсового максимума. Пустоты длиной 3...5 м, диаметром 0,3...0,6 м наблюдались по направлению полива.

Представление о профиле почвы, где возникают суффозионные воронки, дают приводимые ниже морфологические описания СВ-2 и СВ-4, а также их аналитические данные из табл. 2 и 3. СВ-2 диаметром I2...I5 см, глубиной 45...65 см обнаружена на дне борозды, книзу расширяется и в основании имеет размер по горизонтали до 40...50 см.

Начало СВ-2 наблюдается в горизонте 0...25 см. Это пахотный слой, слабозасоленный и незагипсованный, сложенный пылевато-комковатым, светло-серым, свежим легким суглинком. Здесь встречаются корешки хлопчатника.

Активное развитие СВ-2 с образованием пустоты в почвенном профиле в виде перевернутого конуса наблюдается в слое 25...45 см. Размеры ее составляют I2...I5 см в верхней части

Таблица 2

Механический состав серо-буро-сероземных почв

Номер шурфа	Глубина шурфа, см	Размер фракций, мм								
		менее I	I-0,25	0,25-0,I0	0,I0-0,05	0,05-0,0I	0,0I-0,005	0,005-0,00I	менее 0,00I	менее 0,0I
СВ-2	0-25		3,5	II,3	20,4	39,6	6,4	8,8	I0,0	25,2
	25-45		3,5	9,0	I8,3	44,4	5,6	8,8	I0,4	24,8
	45-65		6,0	I4,I	I6,7	32,4	7,6	II,6	II,6	30,8
	65-95	24,8	35,0	2I,6	I5,8	I2,0	3,2	6,0	6,4	I5,6
	95-I20	30,5	40,0	2I,0	I3,8	9,6	9,2	3,2	3,2	I5,6
	I20-I40	26,9	32,0	2I,0	30,2	6,8	2,8	3,2	4,0	I0,0
	I40-I70	I8,7	40,0	28,0	9,2	II,2	I,6	4,8	5,2	II,6
	I70-200	6,0	27,0	24,5	2I,3	I4,0	4,0	4,0	5,2	I3,2
СВ-4	0-I0	46,0	I0,0	I9,3	I7,I	30,4	5,4	8,4	I0,4	23,2
	I0-20		7,5	2I,0	26,3	26,8	6,4	3,4	8,6	I8,4
	20-30		20,0	28,0	22,8	I5,6	3,2	5,6	4,8	I3,6
	30-40	4,3	30,0	30,0	24,4	6,4	2,8	4,0	2,4	9,2
	40-50	II,6	30,2	30,0	22,8	8,6	2,0	2,4	4,0	8,4
	50-60	I2,0	30,5	30,5	20,8	I0,8	0,4	3,0	4,0	7,4
	60-70	I2,6	27,8	22,2	23,2	I8,4	2,0	2,0	4,4	8,4
	70-80	8,2	20,7	30,0	20,7	I7,2	4,8	2,2	4,4	II,4
	90-90	I3,2	20,7	27,0	I7,9	22,0	2,8	4,4	5,2	I2,4
	90-I00	I4,0	28,6	26,0	I9,2	I5,6	2,8	0,2	7,6	I0,6
	I00-II0	20,0	24,2	27,0	22,2	27,6	0,2	I,2	7,6	9,0

Таблица 3

Химический состав водной вытяжки (мг.экв)

Номер шурфа	Глубина шурфа, см	Общая щелочность	Cl'	SO_4''	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$	$K^{\cdot}$	Удельная электропроводность, ммо/см	Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), %	CO_2 карбонатов, %
СВ-2	0-25	0,350	0,833	6,863	4,559	I,503	2,250	0,300	I,9I0	0,69	8,07
	25-45	0,200	0,3I8	2,8I9	I,455	I,0I8	0,800	0,I80	0,429	0,67	8,2I
	45-65	0,325	0,220	I4,I24	II,009	I,746	I,500	0,300	I,8I9	I8,I9	9,06
	65-95	0,300	0,I22	I4,622	I2,707	I,649	0,300	0,050	I,9I0	58,0I	2,I9
	95-I20	0,325	0,I22	I4,622	I2,6I0	I,89I	0,300	0,050	I,864	59,0I	I,84
	I20-I40	0,275	0,I22	I4,976	I2,6I0	I,649	0,350	0,055	I,959	28,48	3,I8
	I40-I70	0,275	0,I47	I5,408	I3,095	I,600	0,350	0,075	I,959	20,96	3,68
	I70-200	0,275	0,I47	I5,552	I2,852	2,085	0,420	0,080	2,0II	24,57	3,32
СВ-4	0-I0	0,225	I,I39	I5,069	I2,740	I,029	2,750	0,I70	2,I98	9,93	7,I5
	I0-20	0,300	0,29I	I5,582	I3,8I8	I,5I9	0,800	0,I50	2,087	I4,32	5,66
	20-30	0,325	0,29I	I5,582	I3,965	0,980	0,700	0,II0	2,287	I2,7I	3,25
	30-40	0,300	0,I69	I5,582	I3,769	0,686	0,400	0,060	2,037	20,47	I,34
	40-50	0,300	0,29I	I5,582	I3,9I6	0,637	0,700	0,070	2,087	I9,23	I,84
	50-60	0,250	0,I45	I5,582	I3,867	0,490	0,350	0,050	2,037	I5,05	2,05
	60-70	0,300	0,I69	I5,053	I4,I6I	0,588	0,500	0,075	2,087	49,35	2,69
	70-80	0,250	0,I69	I5,382	I5,043	0,93I	0,450	0,066	2,037	43,47	3,25
	80-90	0,275	0,242	I5,069	I3,867	0,539	0,550	0,070	2,087	50,23	3,47
	90-I00	0,275	0,I94	I5,582	I4,2I0	I,764	0,550	0,075	2,087	6I,07	5,87
	I00-II0	0,300	0,436	I5,625	I4,II2	0,833	I,000	0,075	2,I30	48,5I	6,23

и 40...50 см - в нижней. Это подпахотный, серый с темно-бурым оттенком, глыбисто-комковатый, без признаков засоления и загипсованности слой, сложенный более уплотненным, чем первый, легким суглинком. Попадаются мелкие корешки хлопчатника.

Горизонт 45...65 см светлее вышерасположенного, свежий, супесчаный, незасоленный. Изредка наблюдаются мелкие корешки. Мелкокристаллического гипса содержится 15...20 %. На этой глубине завершается формирование суффозионной воронки.

Слой 65...120 см - серый, местами белесый от гипсовых аккумуляций, супесчаный, слабо уплотнен, бесструктурный. Гипс встречается в шестовато-губчатой форме, содержание его достигает 50...60 % от массы.

Горизонт 120...200 см аналогичен расположенному выше, но гипса значительно меньше: 25...30 %. Гипс прослеживается в мелкокристаллическом и шестовато-губчатом виде.

В первый год исследований на площади 25 $м^2$ образовалось девять суффозионных воронок (СВ-4) разной формы глубиной 10... 25 см.

Рассмотрим профиль этого участка.

Слой 0...25 см представляет собой светло-серый легкий суглинок, пылевато-комковатый, рыхлый, слабозасоленный, содержащий 10...12 % гипса. Встречаются корешки хлопчатника. На этой глубине начало и завершение суффозионной воронки в виде небольшого конуса.

Лежащий под ним пласт (25...45 см) серый, местами белесый от гипсовых аккумуляций, более плотный, супесчаный, гипса шестовато-губчатой формы около 20 % от массы.

Слой, расположенный ниже (45...80 см), аналогичен вышележащему, но содержание гипса достигает 45...50 %.

Следующий за ним горизонт (80...200 см) серый с белесым оттенком, влажный, гравелисто-песчаный, содержит 50...60 % гипса шестовато-губчатой формы.

Изложенные данные позволяют установить зависимость образования суффозионных воронок от мощности гипсовых отложений и степени загипсованности почвы, а также от формы и глубины залегания аккумуляций гипса:

- форме гипса является одним из главных факторов, способствующих образованию суффозионных воронок. Так, независимо от типа почв гипсовым отложениям шестовато-губчатой формы, встре-

чающимся преимущественно в пустынях и полупустынях, сопутствуют суффозионные явления. Последние не наблюдаются в почвах Голодной и Джизакской степей, где гипс прослеживается в кристаллической и мелкозернистой формах;

- чем ближе к поверхности расположены гипсовые аккумуляции, тем больше появляется суффозионных конусообразных воронок небольших размеров. Если максимум гипсовых отложений приурочен к средней части почвенного профиля (40...I20 см), то в этом слое образуются большие карстовые пустоты в виде перевернутого конуса;

- суффозионные воронки и карстовые пустоты завершают свое формирование на нижней границе максимума гипсовых аккумуляций.

Опыты по установлению рациональных элементов техники полива показали, что на серо-буро-сероземных гипсоносных почвах, подверженных суффозионным явлениям, оптимальная длина поливной борозды составляет 40...60 м при расходе 0,2...I,0 л/с.

Исследования, проведенные на опытно-производственном участке в подхозе РУЭС, показали эффективность орошения гипсоносных почв дождеванием. При этом способе орошения суффозионных явлений не наблюдается.

Для успешного сельскохозяйственного использования гипсоносных почв и предупреждения суффозионных явлений необходимо придерживаться следующей технологии освоения:

I. Основой мелиоративной подготовки этих почв должна стать качественная планировка, не допускающая вскрытия гипсоносных горизонтов и осуществляющаяся в два-три приема. Первичная планировка проводится с учетом ограничения срезок и с сохранением надгипсового (20...40 см) слоя. В последующем для предупреждения суффозионных явлений выполняются повторные планировки при одновременном глубоком (70...80 см) рыхлении. Последние создают однородные условия по всему профилю и предотвращают появление суффозионных воронок и карстовых пустот.

2. Для сохранения и накопления гумуса в верхних горизонтах культурами-освоителями в первый год должны стать однолетние травы или пропашные культуры в комплексе с сидератами. Во второй и третий годы следует выращивать многолетние травы с посевом их под покровом зерновых. Хлопчатник рекомендуется возделывать с четвертого года освоения и сеять его на основном поле и по гребням борозд.

3. Агротехника возделывания культур-освоителей предусматривает обязательное внесение органо-минеральных удобрений, причем повышенные дозы навоза необходимо заделывать на глубину 30...40 см.

4. На описанных почвах наиболее эффективны поливы дождеванием. В случае бороздкового полива рекомендуется поливать по коротким бороздам (40...60 м). Поливные нормы для хлопчатника должны составлять 500...900 $м^3$/га, а количество поливов - не менее 8...10 в связи с определенными трудностями поддержания необходимой влажности в корнеобитаемой зоне из-за высокой водопроницаемости и низкой влагоемкости почв.

5. На таких землях обязательны полезащитные шестирядные лесные полосы из быстрорастущих древесных пород - акации белой, лоха восточного, ясеня, абрикоса и др.-для уменьшения ветровой эрозии почв, при которой суффозионные явления развиваются весьма интенсивно.

Предлагаемый комплекс мелиоративных мероприятий направлен на ускорение темпов освоения массивов Каршинской степи с гипсоносными почвами.

Использованная литература

1. Бакиев А.К., Решетов Г.Г. Серо-буро-сероземные почвы Каршинской степи и пути их сельскохозяйственного использования. - Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1983. Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем, с.153-163. (Издающая организация - САНИИРИ).

2. Жуманов Б. Влияние местных водоупоров на режим влажности почвогрунтов зоны аэрации на новоорошаемых землях юга Каршинской степи. - Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1983. Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем, с.133-138. (Издающая организация - САНИИРИ).

УДК 631.413.3:626.81/.84:001.18
Т.А.Трунова, канд.с.-х.наук, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ БАССЕЙНА АМУДАРЬИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ И НА ПЕРСПЕКТИВУ

Благополучное мелиоративное состояние земель в среднеазиатском регионе является залогом получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Оно может быть обеспечено лишь при оптимальном сочетании водного и солевого режимов почв, на формирование которых оказывает влияние целый ряд факторов: объем водоподачи и качество поливной воды, техническое состояние гидромелиоративных систем и степень дренированности территории.

Учитывая взаимообусловленность и взаимосвязь водного и солевого режимов почв, настоящую работу следует рассматривать как единое целое с [1], где изложены основные принципы и результаты расчета водоподачи и ирригационного возвратного стока, его качества и использования в бассейне Амударьи.

Рекомендации по использованию водных ресурсов в бассейне носят комплексный характер, что позволяет, обеспечивая хорошее качество воды в реке и оптимальный солевой режим почв, решать проблему охраны окружающей среды.

Итак, прогноз минерализации воды в Амударье и возвратного стока содержится в упомянутой выше работе [1]. Результаты расчета солевого режима почвогрунтов представлены в настоящей статье.

При прогнозном расчете солевого режима почв выполнено районирование территории в контуре развития орошения, намеченного на перспективу, с учетом следующих показателей:

- гидрогеологических условий притока и оттока грунтовых вод;
- минерализации грунтовых вод;
- литологического строения почвогрунтов;
- содержания солей в почве в горизонтах 0...100 и 100...200 см.

Районирование осуществлялось по классификациям, принятым при проектировании в институте "Средазгипроводхлопок". Расчет выполнен в соответствии с [2]. Мощность расчетного слоя 10 м.

На орошаемых землях каждая позиция районирования рассчитывалась с 1980 г., на землях, намеченных к освоению, - с уровня их ввода в севооборот.

На основании выполненных расчетов сделан прогноз распределения земельного фонда по степени засоления в горизонтах 0...100 и 100...200 см на каждый расчетный уровень (табл.1).

Земли незасоленные и слабозасоленные в течение года переходят из одной степени засоления в другую. Весной, после выпадения осадков и проведения профилактических и промывных поливов почва, как правило, не засолена, осенью - слабо засолена.

Достоверность прогноза солевого режима почвогрунтов обеспечена лишь при соблюдении темпов реконструкции оросительной сети и режима водоподачи, предусмотренных "Схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударьи", разработанной институтом "Средазгипроводхлопок" (Ташкент, 1983).

Ниже дана краткая характеристика динамики формирования солевого режима почв по водохозяйственным районам бассейна.

Земли верхнего течения Амударьи в мелиоративном отношении наиболее благополучные, особенно территория Вахшского и Пянджского водохозяйственных районов, для которой характерны почвы в исходном состоянии незасоленные и слабозасоленные.

В Кафирниганском водохозяйственном районе по состоянию на 1980 г. площадь незасоленных земель составляет 92 %, средне-, сильно- и очень сильнозасоленных - 8%. Ко времени, соответствующему второму расчетному уровню, все земли, по мере их освоения, будут иметь благоприятный солевой режим.

Сурхандарьинский, по сравнению с другими водохозяйственными районами верхнего течения, является в мелиоративном отношении менее благополучным, особенно южная его зона. По состоянию на 1980 г. площадь орошаемых земель со средней степенью засоления составляет 24,4%, очень сильной степенью - 2,5%. Земли, намеченные к освоению, засолены преимущественно во втором метре. Темпы освоения и очередность ввода новых земель в Сурхандарьинском районе предопределяют наличие сильнозасоленных земель даже на перспективу.

Земли среднего течения Амударьи неодинаковы по степени засоления.

Таблица I

Прогноз распределения земельного фонда бассейна Амударьи по степени засоления в горизонтах 0...100 и 100...200 см по уровням развития орошения (% от площади орошения)

Водохозяйственный район	1985 г.			Первый расчетный уровень			Второй расчетный уровень			Перспектива		
	I,II	III	IV,V	I,II	III	IV,V	I,II	III	IV,V	I,II	III	IV,V
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
					Верхнее течение							
Пянджский	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
Вахшский	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
Кафирниганский	95	1	4	97	0	3	100	0	0	100	0	0
	95	1	4	97	0	3	100	0	0	100	0	0
Сурхандарьинский	96	1	3	97	0	3	98	0	2	98	0	2
	92	5	2	95	3	2	95	3	2	98	1	1
Среднее по верхнему течению	97	1	2	98	0	2	99	0	1	99	0	1
	96	2	2	97	1	2	98	1	1	99	0	1
					Среднее течение							
Каракумский	71	6	23	73	5	22	79	4	17	85	2	13
	69	8	23	73	6	21	78	4	18	85	2	13
Каршинский	76	7	17	79	7	14	82	7	11	88	5	7
	71	6	23	76	5	19	79	4	17	85	4	11

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
Туркменский прибрежный	46	34	20	I00	0	0	I00	0	0	I00	0	0
	46	34	20	I00	0	0	I00	0	0	I00	0	0
Бухарский	74	I2	I4	80	8	I2	86	6	8	92	3	5
	7I	3	26	77	I	22	84	0	I6	9I	0	9
Среднее по среднему течению (без Каракумского)	80	7	I3	83	7	I0	87	5	8	92	3	5
	77	4	I9	8I	3	I6	85	2	I3	90	2	8
				Нижнее течение								
Зона Туямуюнского гидроузла	72	6	22	78	4	I8	82	4	I4	88	2	I0
	70	5	25	76	5	I9	8I	3	I6	88	2	I0
Зона Тахиаташского гидроузла	66	2I	I3	70	I8	I2	77	I3	I0	84	9	7
	55	28	I7	6I	24	I5	70	I8	I2	8I	II	8
Среднее по нижнему течению	68	I4	I8	74	I2	I4	80	8	I2	86	6	8
	62	I8	20	68	I6	I6	75	I2	I3	84	7	9
Среднее по бассейну (без Каракумского района)	80	8	I2	84	7	9	87	5	8	92	3	5
	76	9	I5	80	8	I2	84	6	I0	90	3	7

Примечания: I. В числителе показаны горизонты 0...I00 см, в знаменателе I00...200 см.

2. Римскими цифрами обозначены земли по степени засоленности: I,II - незасоленные и слабозасоленные; III - среднезасоленные; IУ,У - сильно- и очень сильнозасоленные.

Каршинский водохозяйственный район обладает наиболее совершенными в техническом отношении гидромелиоративными системами и сооружениями, что позволяет успешно осуществлять освоение новых засоленных земель. В результате этого к настоящему времени орошаемые земли района практически незасоленные. Больше трети земель, намечаемых к освоению, характеризуется средним, сильным и очень сильным засолением по всему двухметровому профилю. Согласно прогнозу в перспективе средне-, сильно- и очень сильнозасоленные в первом метре земли составят I2%, во втором - I5%.

В Бухарском водохозяйственном районе более половины земель, намеченных к освоению, относятся к средне,- сильно- и очень сильнозасоленным. По прогнозным расчетам площадь засоленных в метровом слое земель составит всего лишь 8%.
Но это может быть достигнуто только при соблюдении проектного режима орошения и реконструкции оросительной сети.

Орошаемые земли Туркменского прибрежного района более засолены, чем прирости. По результатам выполненных расчетов их рассоление можно осуществить в течение пяти лет. Для этого необходимо обеспечить проектные водоподачу на орошаемые массивы и водоотведение с них. Без этого мелиоративная обстановка не изменится или ухудшится.

Земли нижнего течения Амударьи в силу гидрогеологических условий в значительной степени подвержены засолению. Из-за близкого залегания грунтовых вод на территории, намеченной к освоению, наличествуют большие площади средне,- сильно- и очень сильнозасоленных земель. Разработанные институтом "Средазгипроводхлопок" мелиоративные мероприятия позволяют осуществлять стабильное рассоление почвенно-грунтовой толщи. В перспективе, согласно прогнозу, площадь средне,- сильно- и очень сильнозасоленных земель сократится почти втрое.

Гидрогеологические условия Каракумского водохозяйственного района среднего течения реки аналогичны условиям нижнего течения. Это предопределило идентичность обстановки, комплекса мелиоративных мероприятий и закономерности рассоления почвенно-грунтовой толщи.

Данные прогноза распределения земельного фонда по степени засоления (табл.I) свидетельствуют о тенденции к стабильному сокращению площади засоленных земель в бассейне Амударьи.

Таблица 2

Солевой баланс бассейна Амударьи по уровням развития орошения (млн.т)

Водохозяйственный район	1985 г.			Первый расчетный уровень			Второй расчетный уровень			Перспектива		
	Приход с оросительной водой	Вынос с возвратным стоком	Баланс	Приход с оросительной водой	Вынос с возвратным стоком	Баланс	Приход с оросительной водой	Вынос с возвратным стоком	Баланс	Приход с оросительной водой	Вынос с возвратным стоком	Баланс
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
Верхнее течение												
Пянджский	0,3	0,9	-0,6	0,3	0,5	-0,2	0,3	0,5	-0,2	0,3	0,4	-0,I
Вахшский	I,5	2,8	-I,3	I,4	I,5	-0,I	I,45	I,46	-0,0I	I,6	I,6I	-0,0I
Кафирниганский	0,3	I,8	-I,5	0,3	2,2	-I,9	0,3	0,9	-0,6	0,4	0,9	-0,5
Сурхандарьинский	I,2	6,3	-5,I	I,2	4,2	-3,0	I,4	5,3	-3,9	I,5	4,3	-2,8
Итого	3,3	II,8	-8,5	3,2	8,4	-5,2	3,4	8,I	-4,7	3,8	7,2	-3,4
Среднее течение												
Каракумский	I3,9	30,8	-I6,9	II,9	24,7	-I2,8	20,I	24,3	-4,2	I7,5	23,3	-5,8
Каршинский	3,0	6,5	-3,5	3,5	6,6	-3,I	5,5	8,4	-2,9	6,I	I0,6	-4,5
Туркменский прибрежный	2,3	I0,3	-8,0	2,I	7,9	-5,8	3,6	7,4	-3,8	3,2	7,0	-3,8
Бухарский	5,9	I2,6	-6,7	3,8	9,I	-5,3	6,2	8,9	-2,7	6,5	II,I	-4,6
Итого (без Каракумского района)	II,2	29,4	-I8,2	9,4	23,6	-I4,2	I5,3	24,7	-9,4	I5,8	28,7	-I2,9

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO	II	I2	I3
					Нижнее течение							
Зона Туямуюнского гидроузла	8,2	I8,3	-I9,I	7,4	I3,2	-5,8	9,6	I2,8	-3,2	9,9	I3,4	-3,5
Зона Тахиаташского гидроузла	8,8	24,4	-I5,6	8,9	23,6	-I4,7	I3,4	25,2	-II,8	I4,8	26,0	-II,2
Итого	I7,0	42,7	-25,7	I6,3	36,8	-20,5	23,0	38,0	-I5,0	24,7	39,4	-I4,7
Всего (без Каракумского района)	3I,5	83,9	-52,4	28,9	68,8	-39,9	4I,7	70,8	-29,I	44,3	75,3	-3I,0

Следовательно, предусмотренный Схемой комплекс мелиоративных мероприятий по освоению засоленных земель, и в первую очередь режим водоподачи, подобран правильно.

Солевой режим столь обширной территории, как бассейн Амударьи, помимо выполненных расчетов, может быть оценен также на основе солевого баланса, представляющего собой разность между приходом солей на орошаемую территорию и их выносом. Приходная статья баланса включает соли, поступившие на массив с речной водой и возвратным стоком, используемым на орошение.

Оптимальное сочетание объема, используемого на орошение и отводимого за пределы орошаемого контура возвратного стока [1], позволило получить отрицательный солевой баланс во всем бассейне Амударьи (табл.2). Это свидетельствует об устойчивом процессе рассоления почвогрунтов и грунтовых вод.

Представленные в работе [1] и настоящей статье материалы дают возможность установить общие закономерности формирования водного и солевого режимов на территории бассейна Амударьи как на современном этапе, так и на перспективу.

Расчеты прогноза солевого режима почвогрунтов показали, что соблюдение разработанных рекомендаций по водоподаче, водоотведению и использованию возвратного стока на орошение обеспечивает благополучное мелиоративное состояние земель и получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. На основе этих рекомендаций решаются вопросы распределения водных ресурсов и намечены темпы развития орошения в бассейне Амударьи.

Использованная литература

1. Трунова Т.А. Ирригационный возвратный сток, его качество и использование в бассейне Амударьи. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1984. Обоснование параметров гидромелиоративных систем и сооружений в проектах орошения и освоения крупных земельных массивов, с.17-31. (Издающая организация - САНИИРИ).

2. Методическое руководство по расчету мелиоративного дренажа для условий Средней Азии. - Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1977. - 64с.

УДК 556.324+626.862:556.16:001.18

Ю.Я.Гольцов, руковод.группы
(Средазгипроводхлопок)

РАСЧЕТ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ГРУНТОВЫХ ВОД И ДРЕНАЖНОГО СТОКА В УСЛОВИЯХ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ФИЛЬТРАЦИИ

Возрастающий дефицит водных ресурсов Средней Азии обуславливает широкое использование возвратных вод, в частности дренажных, на орошение. При этом необходимо учитывать их качество, количество и особенность почв. В связи со сказанным особую актуальность приобретает обоснованное решение вопросов прогнозирования минерализации грунтовых вод (ГВ) и дренажного стока (ДС) на орошаемых землях. Применение на практике таких известных простых методов, как солевого баланса или основанных на эмпирических обобщениях гидрохимических процессов в ГВ, может быть оправдано только для ориентировочных расчетов, которые затем должны дополняться прогнозами по уравнениям геохимической гидродинамики [1]. Основополагающими при изучении вопросов гидрохимического режима ГВ в орошаемых районах являются работы Н.Н.Веригина и С.Ф.Аверьянова, где совместно рассматриваются уравнения фильтрации, конвективной диффузии и массообмена. Развитие численных методов и появление современных быстродействующих ЭВМ позволили применить более сложные пространственно-нестационарные модели геохимической гидродинамики, изучение которых аналитическими методами затруднено [2,3]. В [4,5] рассмотрена профильная задача и исследованы вопросы динамики минерализации ГВ и ДС при работе горизонтального дренажа как на одном междренье систематического дренажа, так и на фрагменте территории орошаемого массива с учетом разновысотного расположения элементов коллекторно-дренажной сети в условиях расчлененного рельефа при установившемся режиме фильтрации. Принятая гидродинамическая модель фильтрации учитывает двумерность движения ГВ, что позволяет выделить ленты тока. Считая в них поток одномерным и пренебрегая диффузионным обменом между соседними лентами, с достаточной для мелиоративной практики точностью [1] проводится расчет солевого режима ГВ по отдельным лентам тока, что дает возможность оценить развитие гидрохимических процессов.

В настоящей работе рассматриваются вопросы динамики мине-

рализация ГВ и ДС при работе систематического дренажа в условиях неустановившегося режима фильтрации с учетом гидрохимических процессов, происходящих в зоне аэрации.

I. Рассматривается территория с однородной или двухслойной фильтрационной схемой строения и известными междренными расстояниями. На основании заданного режима орошения и среднемноголетних метеорологических данных (испарение, осадка) в разрезе года выделяются N_{Tj} стационарных периодов продолжительностью ΔT_i в течение N_y лет ($i=\overline{1,N_{Tj}}$; $j=\overline{1,N_y}$). Каждый такой период характеризуется интенсивностью инфильтрационного питания ГВ (ε_i) и минерализацией поступающей воды (C_{ni}), причем из года в год число и продолжительность периодов, а также ε_i и C_{ni} могут меняться. Используя метод расчета, рассмотренный в [6] и позволяющий проследить работу дренажа в условиях расчлененного рельефа, выполняется прогноз динамики работы дрены в течение ряда лет. В результате по каждому периоду ΔT_i получаем значение расхода дрены (q_i) и положение УГВ, причем q_i считается постоянным, а скорость изменения УГВ принимается средней в течение всего периода ΔT_i:

$$V_{iугв}(x)=\frac{\Delta h_i(x)}{\Delta T_i}. \qquad (I)$$

С другой стороны, скорость изменения УГВ можно найти из граничного условия на свободной поверхности ГВ [6]

$$V_{угв}(x,t)=\frac{\partial h}{\partial t}=-\frac{k}{\mu}\frac{\partial h}{\partial z}+\frac{\varepsilon(t)}{\mu}.$$

Здесь $\Delta h_i(x)$ - изменение УГВ за период ΔT_i , м; $h(x,t)$ - положение УГВ, м; t - время, сут ; k - коэффициент фильтрации грунта, м/сут; μ - коэффициент водоотдачи или недостатка насыщения; x,z - соответственно горизонтальная и вертикальная координаты, м.

Аналогично [5] нетрудно получить для неустановившегося режима фильтрации, используя соотношения Коши-Римана и выражение для напора ГВ в слоях [6], аналитическую зависимость для функции тока. Приравнивая выражение для функции тока постоянной величине, находится уравнение семейства линий тока, определяющих структуру движения ГВ к дрене на данный момент времени. Зафиксируем по горизонтальной координате x на начальном положении УГВ $2P-1$ точек и вычислим в них значение функции тока. Для каждого периода ΔT_i проводится расчет линий тока

с началом в отмеченных $2p-1$ точках на свободной поверхности ГВ и заканчивающихся на контуре дрены. Расчетные линии тока определяют число лент (Р) и характеризуют, таким образом, структуру потока ГВ к дрене в период ΔT_i . Отметим фильтрационные параметры р-й ленты тока ($p=\overline{1,P}$): расход q_{pi} ГВ по ленте тока, главную линию тока длиной S_{psi} внутри ленты, а также скорости фильтрации вдоль главной линии тока. В течение каждого периода ΔT_i структура и, следовательно, фильтрационные параметры потока ГВ считаются постоянными, а скорость фильтрации, кроме этого, в произвольной точке главной линии постоянна по всей ширине ленты тока.

Каждая лента тока дополняется участком зоны аэрации над ней между продолжениями граничных линий лент тока от УГВ до поверхности земли, а главная линия тока - отрезком прямой S_{pai}, также от УГВ до поверхности земли (глубина грунтовых вод). Таким образом, определена главная линия тока длиной $S_{pi} = S_{psi} + S_{pai}$ с началом на поверхности земли и концом на контуре дрены. Значения скоростей восходящих или нисходящих потоков в зоне аэрации усредняются по всему участку для каждого периода ΔT_i : $v_{ai} = \varepsilon_i$. Расчет минерализации ГВ выполняется по главным линиям лент тока последовательно для всех выделенных периодов ΔT_i . Однако при переходе от одного периода к другому структура потока ГВ деформируется. Следовательно, изменяются и главные линии каждой ленты тока. Причем начало главной линии зафиксировано на поверхности земли, участок S_{pai}, находящийся в зоне аэрации, изменяется только по длине, а конец главной линии тока при ее деформации в ГВ остается на контуре дрены. Деформации во времени образуют гомотопию $[7]$ главных линий тока с защемленными концами, т.е. семейство кривых, которые характеризуются непрерывной деформируемостью линий во времени. Это позволяет при расчетах минерализации ГВ по линиям (лентам) тока деформировать солевой профиль по главной линии P-й ленты тока на конец периода ΔT_{i-1} в солевой профиль по главной линии на начало периода ΔT_i , хотя главные линии имеют разную длину. Кроме этого, учитывая динамику структуры потока ГВ, необходимо принять следующие допущения. Если на главную линию тока или ее часть ленты периода ΔT_{i-1} накладывается лента периода ΔT_i , то этот факт учитывается

в начальном засолении периода ΔT_i . Таким образом, на линии тока периода ΔT_i для части, перекрывающей линию тока предыдущего периода ΔT_{i-1} , ее засоление (линии тока периода ΔT_{i-1}) принимается за начальное для рассчитываемого периода ΔT_i . В случае, если "перекрытия" не происходит, солевой профиль главной линии тока на конец периода ΔT_{i-1} принимается за исходный солевой профиль главной линии периода ΔT_i .

Расчет изменения минерализации дренажного стока выполняется по известной зависимости

$$C_{др}(t) = \sum_{j=1}^{N_j} \sum_{i=1}^{N_{ji}} \frac{\sum_{p=1}^{p} q_{pi}\, C_{др,pi}}{q_i}, \qquad (2)$$

где $C_{др,pi}$ - концентрация солей в ГВ на контуре дрены по р-й ленте тока ΔT_i периода.

2. Расчет солевого режима почв и грунтов зоны аэрации, а также ГВ проводится аналогично [4, 5] по главным линиям лент тока с помощью одномерного уравнения конвективной диффузии, описывающего движение солей (диссоциированных ионов) в пористой среде и, в отличие от [4, 5], учитывающего переменность сечения ленты тока по ее длине. Получим уравнение конвективной диффузии для этого случая в условиях независимости структуры потока во времени, т.е. в пределах периода ΔT_i при неустановившемся движении солей по ленте тока. Предполагается, что соли находятся в жидкой фазе с концентрацией $C(s,t)$ и твердой с концентрацией $\beta(s,t)$. При этом напомним о постоянстве расхода грунтовых вод (q_{pi}) по ленте тока и пренебрежении диффузионным обменом между соседними лентами. Начало координат размещается на поверхности земли, ось S направлена по главной линии тока ленты к дрене. Так как рассматривается плоскопараллельное движение ГВ, правомерно оценить за время Δt баланс солей в выделенном на ленте тока в ГВ элементарном слое (рис.I), представляющем собой трапецию высотой ΔS с основаниями в сечениях I и 2, перпендикулярных оси S . При движении ГВ поступление солей через сечение I выделенного слоя равно $q_c F \cdot \Delta t$, где q_c - массовая скорость солей, F - ширина ленты тока. На выходе из этого слоя в сечении 2 массовая скорость и ширина ленты тока изменяются и станут соответственно равны-

ми: $q_c+\Delta q_c$ и $F+\Delta F$, где Δq_c – приращение массовой скорости, ΔF – приращение ширины ленты тока. В этом случае через сече-

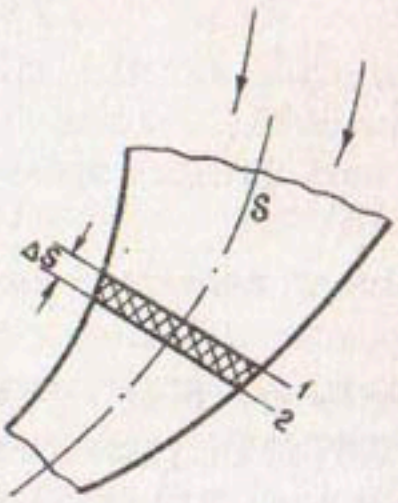


Рис.I

ние 2 расход солей будет равен $(q+\Delta q_c)\ (F+\Delta F)\Delta t$. С другой стороны, в выделенном слое произойдет изменение концентрации солей, равное $\frac{2F+\Delta F}{2}(m_o\Delta C+\Delta B)\Delta S$, где ΔC и ΔB – приращения солей в жидкой и твердой фазах; m_o – свободная (активная) пористость.

В соответствии с законом сохранения вещества, записав уравнение баланса солей для выделенного слоя, приходим к выражению

$$\left(F+\frac{\Delta F}{2}\right)\frac{m_o\cdot\Delta C+\Delta B}{\Delta t}=-F\frac{\Delta q_c}{\Delta S}-q_c\frac{\Delta F}{\Delta S}-\frac{\Delta q_c\cdot\Delta F}{\Delta S}. \qquad (3)$$

Пренебрегая членами второго порядка малости, перепишем (3)

$$F\frac{m_o\cdot\Delta C+\Delta B}{\Delta t}=-F\frac{\Delta q_c}{\Delta S}-q_c\frac{\Delta F}{\Delta S} \qquad (4)$$

или в дифференциальной форме $(\Delta t, \Delta S\to 0)$

$$m_o\frac{\partial C}{\partial t}=-\frac{1}{F}\frac{\partial(Fq_c)}{\partial S}-\frac{\partial B}{\partial t}. \qquad (5)$$

С учетом выражения для массовой скорости (q_c) уравнение (5) выглядит так

$$m_o\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{1}{F}\frac{\partial}{\partial S}\left[F\left(D\frac{\partial C}{\partial S}-VC\right)\right]-\frac{\partial B}{\partial t}, \qquad (6)$$

где D – коэффициент конвективной диффузии ($м^2$), равный $D=D_o+\lambda|V|$; D_o – коэффициент молекулярной диффузии в пористой среде, $м^2$/сут; λ – параметр дисперсии, м; $V(S)$ – ско-

рость фильтрации вдоль ленты тока (главной линии).

В случае $F=const$, $V=\frac{q_{pi}}{F}=const$ получаем общеизвестное уравнение конвективной диффузии

$$m_o\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial S}\left(D\frac{\partial C}{\partial S}\right)-V\frac{\partial C}{\partial S}-\frac{\partial \beta}{\partial t}. \qquad (7)$$

С другой стороны, если F есть функция времени, уравнение (5) переписывается в виде

$$m_o\frac{\partial (FC)}{\partial t}=-\frac{\partial (Fq_c)}{\partial S}-\frac{\partial (F\beta)}{\partial t}. \qquad (8)$$

В силу постоянства расхода ГВ по ленте тока в условиях каждого периода $\Delta T_i, (q_{pi}=F(S)\cdot V(S)=const)$ из уравнения (5) получаем

$$m_o\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial S}\left(D\frac{\partial C}{\partial S}\right)-\left(V+\frac{D}{V}\frac{\partial V}{\partial S}\right)\frac{\partial C}{\partial S}-\frac{\partial \beta}{\partial t}. \qquad (9)$$

Следует заметить, что скорость фильтрации вдоль главной линии тока определяется выражением

$$V(S)=|V|\cos(\vec{S^o},\vec{V}),$$

где $|V|=\sqrt{V_x^2+V_z^2}$, V_x и V_z – составляющие скорости фильтрации в направлении координатных осей; $\vec{V}$ – вектор скорости фильтрации; $\vec{S^o}$ – единичный вектор оси S.

Таким образом, уравнение (6) [или в форме (9)] является уравнением конвективной диффузии, описывающим движение солей по ленте тока с учетом изменения ее ширины для периода ΔT_i.

Для расчета гидрохимического режима ГВ вместе с уравнением (6) (без учета твердой фазы, $\beta\equiv 0$) рассматривается уравнение конвективной диффузии для зоны аэрации:

$$W_{cp}\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial S}\left(D\frac{\partial C}{\partial S}\right)-V_a\frac{\partial C}{\partial t}, \qquad (10)$$

где восходящие или нисходящие скорости потоков V_a усредняются по S_{pai}; W_{cp} – среднее значение влажности в расчетный период. Причем уравнение (10) вытекает из уравнения (6) при $F=const$ и замене m_o на W_{cp}.

При этом на подвижной границе (УГВ), скорость которой (1) $V_{i\,угв}(x)$, согласно [8], примем условия стыковки уравнений (6) и (10): равенство концентрации $C^a(h(x,t),t)=C^в(h(x,t),t)$ и равенство диффузионного обмена $\left[D^a\frac{\partial C^a}{\partial S}-D^в\frac{\partial C^в}{\partial S}\right]_{S=h(x,t)}=0$. Здесь для наглядности использован верхний индекс "а" для зоны аэрации и "В" – для ГВ. В за-

ключение запишем остальные краевые условия для (6) и (10). На поверхности земли принимаем условие для (10):

$$D\frac{\partial C}{\partial S} = V_{ni}\left(C - C_{ni}\right), \qquad (11)$$

где $V_{ni} = V_{ai}$. При наличии восходящих потоков $C_{ni} = 0$. На контуре дрены $\frac{\partial C}{\partial S} = 0$ для (6). Начальное условие задается выражением

$$C(s,t)\big|_{t=0} = C^{\circ}(s). \qquad (12)$$

3. Рассмотрим орошаемый массив, относящийся к почвенно-климатической зоне Ц-II-Б почвенно-мелиоративной области "в", к У гидромодульному району. Величина расчетной нагрузки на дренах ε = 0,00089 м/сут. Мощность однослойной толщи m = 22 м, коэффициент фильтрации k = 0,14 м/сут. Проектная глубина ГВ $h_{пр}$ = 2,3 м. Расчет междренных расстояний систематического горизонтального дренажа проведен по методу /9/, причем В = = 100 м. Данные о водоподаче: вегетационный период, сроки 26 мая - 10 сентября, норма 5700 м^3/га; предпахотный полив, сроки 16 октября - 15 ноября, норма 700 м^3/га; влагозарядковые и промывные поливы, сроки 1 февраля - 15 марта, норма 2300 м^3/га. С учетом этих показателей и среднемноголетних метеорологических данных в разрезе года выделим пять стационарных периодов, каждый из которых характеризуется: продолжительностью ΔT_i (i = 1,5), сроками, интенсивностью инфильтрационного питания (ε_i) и минерализацией поступающей воды (C_{ni}) (табл.1).

Таблица 1

Номер периода (i)	1	2	3	4	5
Сроки	26 мая - 10 сентября	11 сентября - 30 ноября	1 декабря - 31 января	1 февраля - 15 марта	16 марта - 25 мая
ΔT_i, сут	108	81	62	44	70
ε_i, м/сут	+0,007712	-0,006540	+0,000718	+0,027800	-0,003202
C_{ni}, г/л	1	0	0,01	1,3	0

На основании /6/ выполняется расчет динамики работы дрен до наступления квазистационарного состояния (коэффициент водоотдачи или недостатка насыщения μ = 0,193). В табл.2 приве-

дены данные о двухсторонних расходах дрен по периодам ΔT_i на 4 года.

Таблица 2

Год	Расход дрены ($м^3$/сут на м) по периодам ΔT_i				
	I	2	3	4	5
I	0,I59	0,049	0,040	0,I85	0,096
2	0,I35	0,032	0,029	0,I77	0,090
3	0,I3I	0,030	0,027	0,I75	0,089
4	0,I3I	0,030	0,027	0,I75	0,089

В дальнейших расчетах используются данные о расходах дрены четвертого года. Положения УГВ на половине междренья по периодам (первый, второй и четвертый) в условиях квазистационарного состояния представлены на рис.2.

Разделим половину междренья на четыре (P= 4) равных отрезка, которые зафиксируем на положении УГВ от 26 мая (начало расчета): $[0 \div 12{,}5]$, $[12{,}5 \div 25]$, $[25 \div 37{,}5]$ и $[37{,}5 \div 50]$. С помощью выражения для функции тока по периодам ΔT_i рассчитываются линии тока с началом в граничных точках отрезков на УГВ (I2,5; 25; 37,5) и концом на контуре дрены, которые определяют ленты тока и тем самым структуру движения ГВ на междренье, представленную на рис.2 для первого, второго и четвертого расчетных периодов. Расходы ГВ по лентам тока по всем периодам представлены в табл.3.

Таблица 3

Номер периода (i)	Расход ГВ по лентам тока (j), $м^3$/сут на м				$q_{1/2}$, $м^3$/сут на м
	1 $[0 \div 12{,}5]$	2 $[12{,}5 \div 25]$	3 $[25 \div 37{,}5]$	4 $[37{,}5 \div 50]$	
I	0,0I595	0,0I6I9	0,0I655	0,0I680	0,0655
2	0,00256	0,00327	0,00426	0,00492	0,0I50
3	0,003I3	0,00328	0,00348	0,0036I	0,0I35
4	0,028I6	0,02383	0,0I9I0	0,0I64I	0,0875
5	0,00983	0,0I064	0,0II68	0,0I236	0,0445

Главные линии лент тока начинаются на УГВ в точках с горизонтальной координатой, соответствующей середине ленты тока на поверхности ГВ (6,25; I8,75; 3I,25; 43,75), причем каждая лента

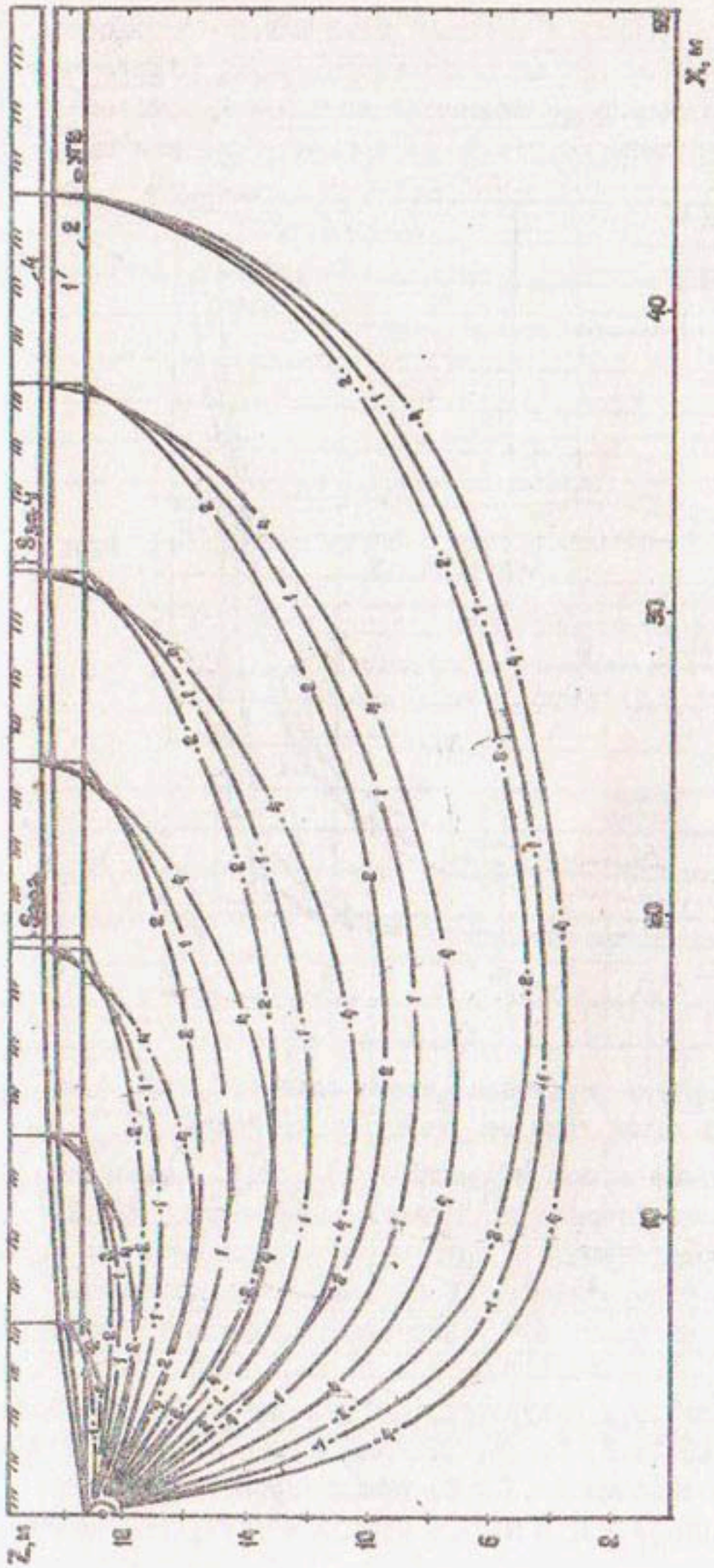


Рис.2. Структура движения грунтовых вод по расчетным пе-
риодам: граничные линии лент тока: - I -, - 2 -, - 4 -; глав-
ные линии лент тока: --·I·--, --·2·--, --·4·--

продолжается в зоне аэрации, а главная линия ленты – отрезком вертикальной прямой S_a от УГВ до поверхности земли, равным глубине ГВ (рис.2). Распределение скоростей по главной линии третьей ленты тока представлено на рис.3. Во времени по периодам ΔT_i

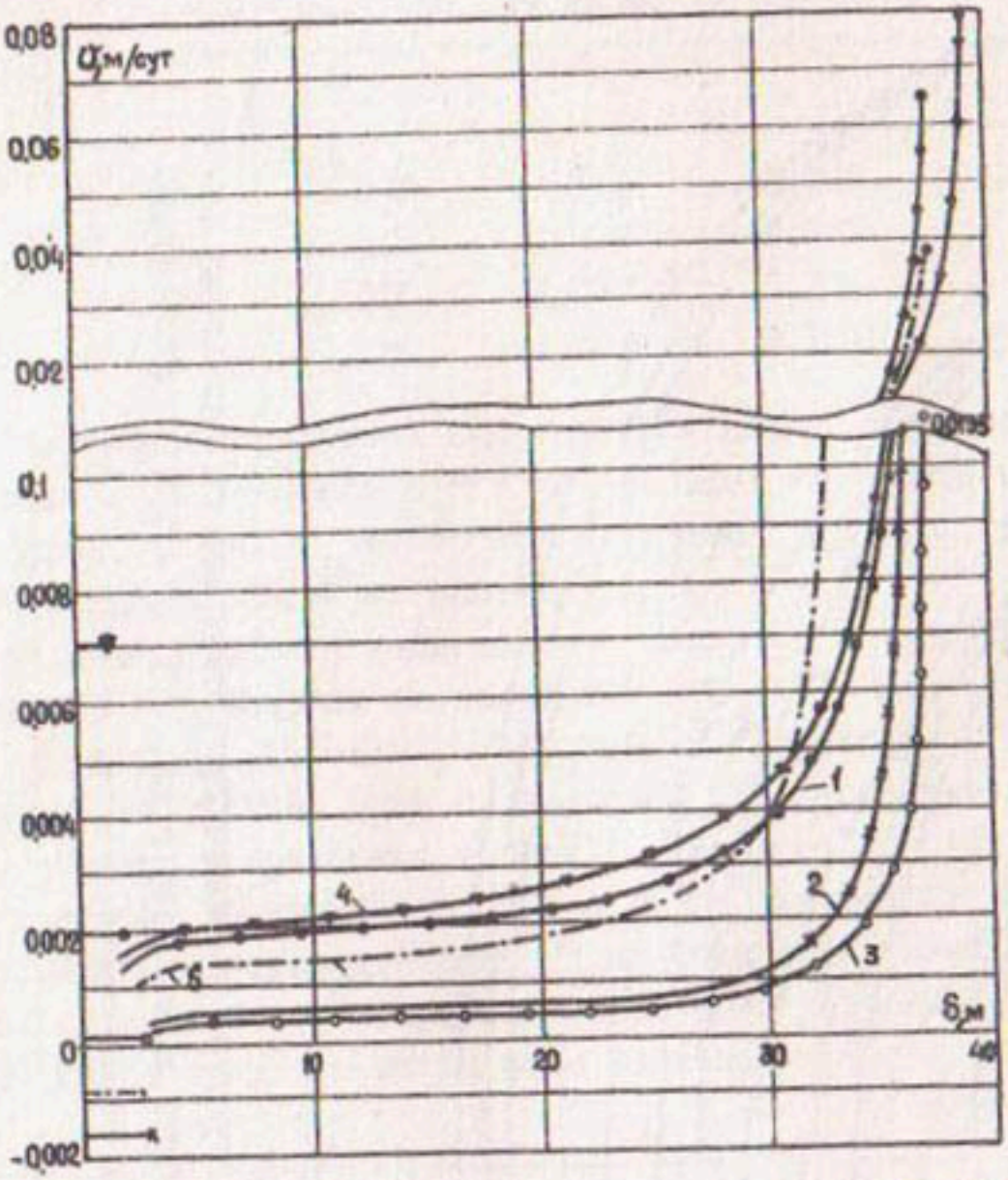


Рис.3. Скорости фильтрации вдоль главной линии третьей ленты тока по расчетным периодам

ленты тока и их главные линии деформируются (рис.2), однако в рассматриваемом случае "перекрытия" лент, упоминаемого в п.2, при переходе от одного периода к другому не происходит. Это позволяет при расчетах минерализации ГВ по ленте тока принимать распределение солей на конец ΔT_{i-1} периода за исходный профиль ΔT_i периода.

На рис.4 представлены результаты расчета изменения минерализации ГВ на 26 мая на 2, 5, 9, 15, 22 годы в виде изолиний 7 г/л и 20 г/л. Начальное засоление ($t = 0$) принималось 7 г/л в зоне аэрации и 25 г/л в ГВ ($\lambda = 0{,}3$ м, $D_0 = 0{,}0001$ м^2/сут, $W_{ср} = 0{,}255$).

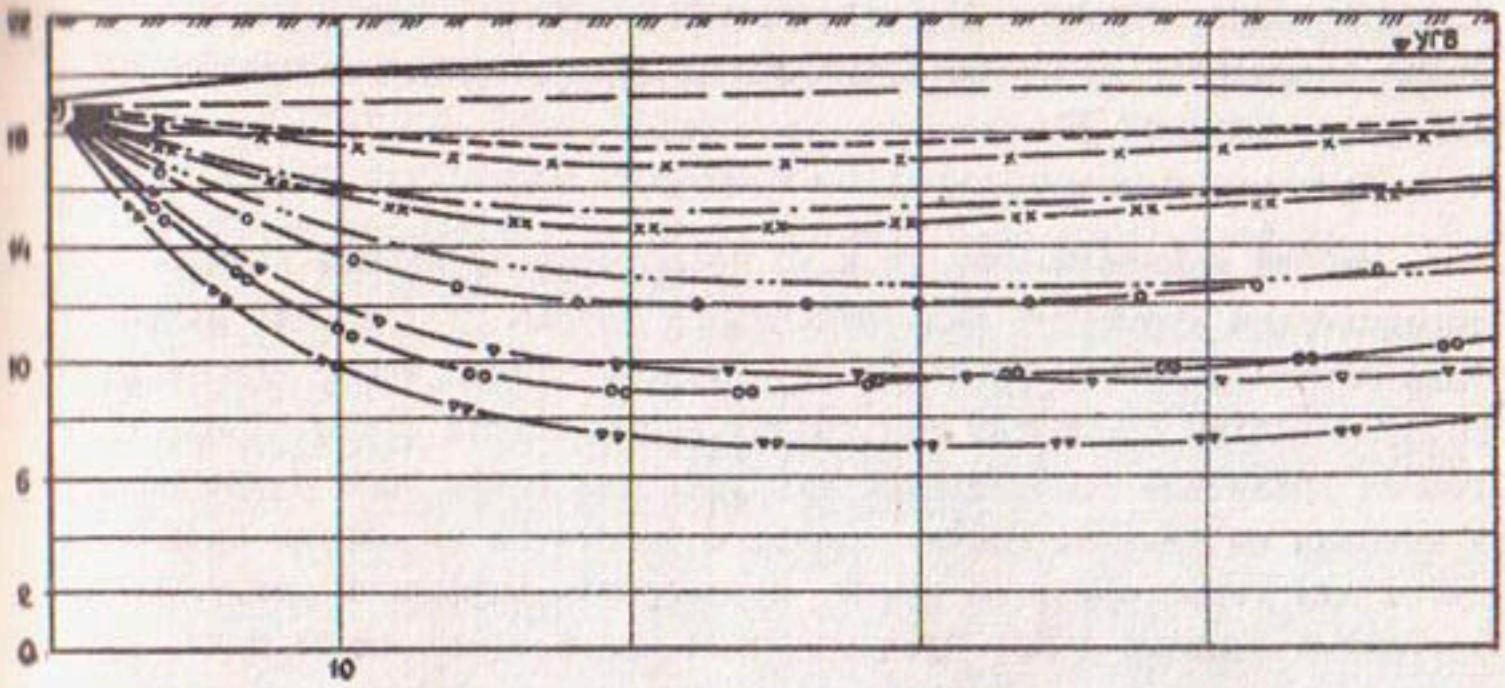


Рис.4. Результаты расчета минерализации грунтовых вод по периодам

Изолиния, г/л	Период I	II	III	IУ	У
7	—— ——	—x—	—xx—	—o—	—oo—
20	------	—·—	—·•—	—▽—	—▽▽—

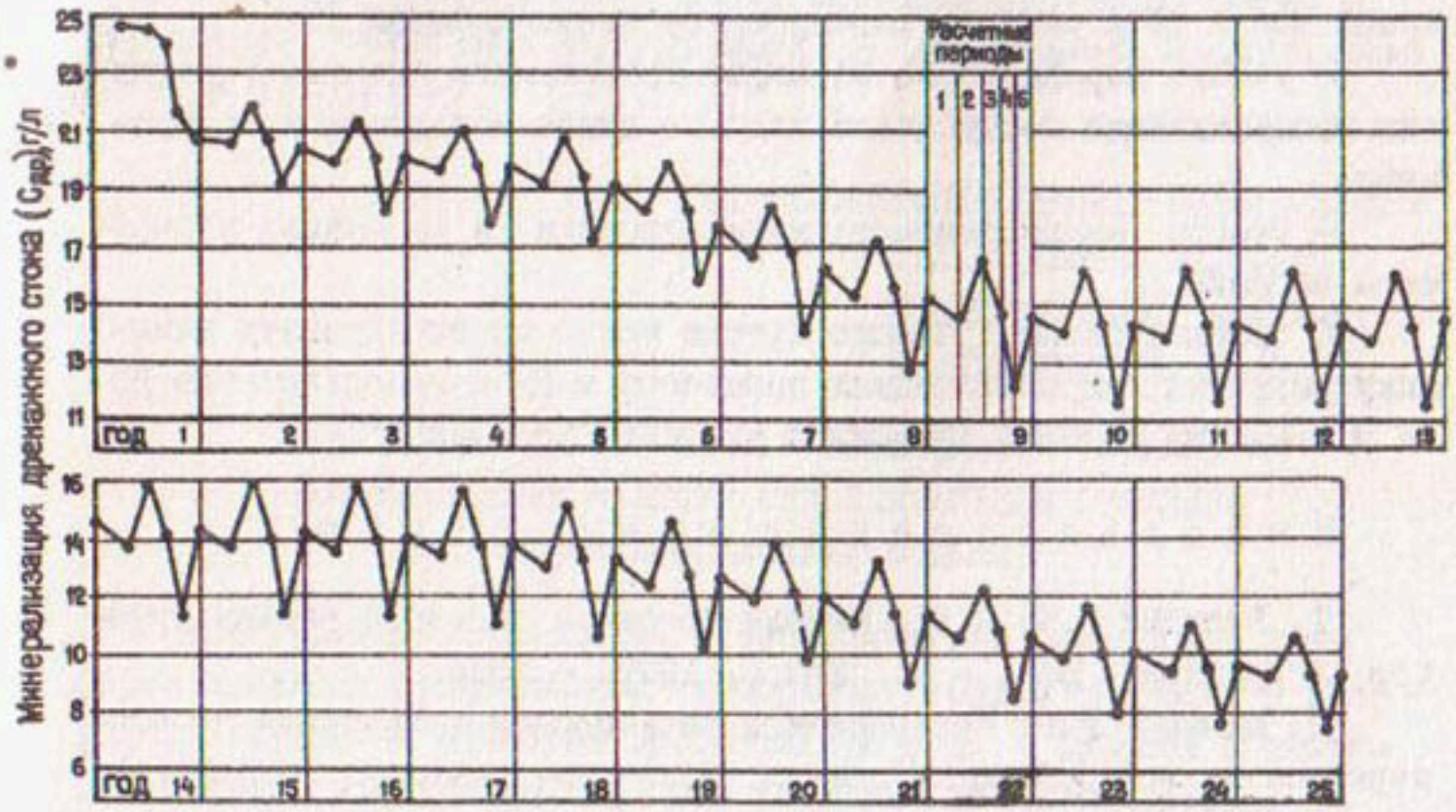


Рис.5. Изменение минерализации дренажного стока

Динамика минерализации ДС представлена на рис.5. При осуществлении промывного орошения отчетливо видна тенденция к уменьшению минерализации ДС.

Выводы

Расчет минерализации ГВ и ДС проводится по лентам тока, определяющим структуру фильтрационного потока ГВ к дрене. Лента тока характеризуется расходом ГВ, главной линией тока, длиной и распределением скоростей фильтрации вдоль данной линии. Предлагается уравнение конвективной диффузии для ленты тока с учетом изменения ее ширины. Расчет солевого режима ГВ по лентам проводится для характерных ее линий, пренебрегая диффузией между соседними лентами тока. Распределение солей вдоль линии тока определяет характер изменения минерализации всей ленты. Исходное засоление зоны аэрации, минерализация ГВ и оросительной воды принимаются по данным изысканий. Минерализация ДС определяется на основании расчета динамики минерализации ГВ по линиям лент тока к дрене по формуле (2).

Рассмотренный метод позволяет:

- выполнить анализ закономерностей развития гидрохимических процессов в ГВ и оценить формирование минерализации ДС;
- учесть неравномерность инфильтрационного питания и развития минерализации поступающей воды по длине междренья и во времени;
- учесть неоднородность минерализации ГВ на начало расчетного периода.

С помощью рассмотренного метода можно прогнозировать динамику развития гидрохимических процессов в ГВ и минерализацию ДС на длительные периоды времени в районах орошения.

И с п о л ь з о в а н н а я л и т е р а т у р а

1. Веригин Н.Н. и др. Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод. - М.: Колос, 1979. - 336с.

2. Юшманов И.О. Исследование безнапорной фильтрации и солепереноса на мелиорируемых землях численными методами. - Автореф. канд.дисс. - М., 1983.

3. Борисов В.С. Моделирование водно-солевого режима мелиорируемых земель на основе плоских задач теории массопереноса.- Автореф.канд.дис..- М., 1983.

4. Гольцов Ю.Я. Количественная оценка динамики минерализации грунтовых вод и дренежного стока при промывном режиме орошения. – Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент. 1984. Обоснование параметров гидромелиоративных систем и сооружений в проектах орошения и освоения крупных земельных массивов, с.10-17. (Издающая организация - САНИИРИ.)

5. Гольцов Ю.Я. Закономерности формирования и прогноз минерализации грунтовых вод и дренажного стока с учетом рельефа местности.-Науч. тр. САНИИРИ, Ташкент, 1985. Совершенствование управления гидромелиоративными системами, с. 91-104.

6. Гольцов Ю.Я. Прогноз динамики работы дренажных устройств в период вегетации с учетом рельефа местности. – Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1984. Обоснование параметров гидромелиоративных систем и сооружений в проектах орошения и освоения крупных земельных массивов, с.3-10.

7. Математическая энциклопедия. Т.1.- М.: Советская энциклопедия, 1977. - 1152с.

8. Серебренников Ф.В. и др. Прогнозирование на ЭВМ солевого режима в условиях орошения. - ДАН УзССР, №6, 1975, с.40-42.

9. Гольцов Ю.Я., Пылев Н.Н., Серебренников Ф.В. Расчет параметров горизонтального дренажа. - Гидротехника и мелиорация, 1985, № 6, с.44-47.

УДК 631.43:631.559:631.67:626.810.3

А.Н.Морозов, гл.спец.
В.Н.Игнатиков, вед.инж.
(Средазгипроводхлопок)

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКО - ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ

Рост орошаемых площадей в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи привел к практическому исчерпанию водных ресурсов и некоторому ухудшению качества оросительной воды в среднем и нижнем течении за счет увеличения доли возврата дренажных вод.

Основная проблема при использовании вод повышенной минерализации на орошение - сохранение плодородия почв. Известно, что влияние минерализованных вод на почвы может, в зависимости от почвенно-мелиоративных условий, проявляться в разных аспектах.

Прежде всего оно отражается на солевом режиме, водно-физических свойствах и составе обменных катионов почвы.

Немало публикаций посвящено результатам опытов по использованию в Средней Азии на орошение вод повышенной минерализации, например /I...5/, однако вопросы изменения водно-физических свойств при длительном их применении освещены недостаточно.

С целью изучения изменения засоления почв и их водно-физических свойств при использовании вод различной минерализации для орошения и влияния этих факторов на урожайность хлопчатника в течение шести лет институтом "Средазгипроводхлопок" проводился разведочный опыт в совхозе имени В.Н.Волкова в Голодной степи.

Почвы опытного участка представляют собой новоорошаемые светлые сероземы среднего и тяжелого гранулометрического состава с залеганием уровня грунтовых вод на глубине 2,0...2,5 м. В табл.I приведены основные характеристики водно-физических свойств почв до опыта.

Таблица I

Водно-физические свойства почв

Горизонт, см	Содержание глинистой фракции, % (0,0I мм)	Удельная поверхность, $м^2/г$	Объемная масса, $г/см^3$	Порозность, % от объема	Емкость катионного обмена, мг-экв/I00г
0-20	3I,6	63,7	I,4I	47,00	8,08
20-40	3I,8	66,8	I,50	44,65	7,77
40-60	36,0	67,7	I,32	50,56	8,I8
60-80	49,0	80,3	I,33	49,I0	8,00
80-I00	65,2	I03,8	I,33	49,62	8,27
I00-I20	72,8	I29,3	I,36	48,80	9,I0
I20-I40	48,0	86,7	I,42	47,02	II,85
I40-I60	48,9	85,6	I,43	47,24	I0,36
I60-I80	40,4	6I,8	I,42	47,0I	I0,45
0-I00	42,72	76,46	I,37	48,00	8,03

Исследования велись на делянках размером 25 $м^2$ с защитными полосами шириной I м. В I...5 вариантах опыта первые три года выращивалась люцерна, последующие три - хлопчатник, а в 6...I0 вариантах все шесть лет культивировался хлопчатник.

Таблица 2

Характеристика поливной воды по вариантам опыта и среднегодовые оросительные нормы

Вариант опыта	Минерализация поливной воды (C_n), г/л		Cl'/SO_4''		$Ca^{++}+Mg^{++}/Na^{+}$		$0{,}23\,C_n$		SAR		Оросительные нормы, тыс.м^3/га		
	вегетация	невегетация	вегетация	невегетация	вегетация	невегетация	вегетация	невегетация	вегетация	невегетация	вегетация	невегетация	Всего
1л	1,30	1,45	0,24	0,24	2,75	2,75	0,33	0,33	2,0	2,5	5,13	1,60	6,73
1х	1,28	1,25	0,26	0,26	2,75	2,75	0,34	0,34	1,8	1,8	3,47	2,40	5,87
2л	2,04	1,45	0,51	0,24	1,59	2,75	0,44	0,33	4,6	2,5	5,00	1,60	6,60
2х	2,14	1,25	0,52	0,26	1,58	2,75	0,49	0,34	3,4	1,8	3,47	2,40	5,87
3л	2,90	1,45	0,49	0,24	1,25	2,75	0,67	0,33	6,7	2,5	4,73	1,60	6,33
3х	2,86	1,25	0,50	0,26	1,24	2,75	0,66	0,34	4,9	1,8	3,47	2,40	5,87
4л	5,90	1,45	0,83	0,24	1,10	2,75	1,36	0,33	9,9	2,5	5,06	1,60	6,66
4х	4,66	1,25	0,85	0,26	1,09	2,75	1,07	0,34	6,9	1,8	3,54	2,40	5,94
5л	4,56	1,45	0,72	0,24	0,97	2,75	1,05	0,33	9,6	2,5	4,73	1,60	6,33
5х	3,95	1,25	0,70	0,26	0,99	2,75	0,91	0,34	7,4	1,8	3,53	2,40	5,93
6х	1,33	1,33	0,26	0,26	2,75	2,75	0,34	0,34	2,1	1,8	5,40	2,40	7,80
7х	2,04	1,33	0,47	0,26	1,45	2,75	0,47	0,34	4,1	1,8	5,37	2,40	7,77
8х	2,72	1,33	0,52	0,26	1,35	2,75	0,62	0,34	5,2	1,8	5,07	2,40	7,47
9х	5,30	1,33	0,64	0,26	1,01	2,75	1,22	0,34	9,5	1,8	5,53	2,40	7,93
10х	4,20	1,33	0,72	0,26	1,01	2,75	0,97	0,34	8,5	1,8	5,62	2,40	8,02

В табл.2 даны характеристика поливной воды в каждом варианте опыта и среднегодовые значения вегетационных и невегетационных поливов.

В ходе опыта ежегодно весной и осенью отбирались образцы почвы для изучения солевого режима, а после его завершения было проведено исследование влагоемкости, скорости впитывания, капиллярных свойств, пределов текучести и пластичности почв. Велись также фенологические наблюдения и учитывалась урожайность. Развитие растений, сроки созревания и урожайность значительно колебались по годам из-за погодных условий, вредителей, болезней и других хозяйственных факторов, тем не менее средние показатели урожайности свидетельствуют о четкой связи с минерализацией поливной воды (рис.I).

На рис.2 отображена характерная динамика содержания легкорастворимых солей в метровом слое почвы в вариантах 6 и 9, отличающихся наибольшей разницей в минерализации поливной воды.

Содержание солей менялось по сезонам года и в многолетнем плане, причем в варианте 9 прослеживается тенденция к увеличению их количества за шестилетний период при наибольшей амплитуде. Это обусловлено высокой минерализацией поливной воды при относительно эффективных профилактических мероприятиях на фоне недостаточной общей дренированности. Прогнозы солевого режима по методике, изложенной в работе [6], дают аналогичную качественную и количественную картину.

Динамика содержания солей по другим вариантам опыта существенно не отличалась от показанной на рис.2.

На рис.3 продемонстрированы изменения состава обменных катионов в вариантах 6 и 9. Состав катионов очень нестабилен и, в зависимости от качества оросительной воды, соотношения оросительных норм и норм профилактических поливов, меняется вслед за изменением химизма солей в почве. Содержание натрия в составе обменных катионов во всех вариантах, кроме пестого, где полив проводили водой из оросительной сети, значительно увеличилось и достигло на 5...6 год орошения I5...25%.

Рис.4 отображает связь содержания поглощенного натрия с натрий-адсорбционным показателем оросительной воды (*SAR*). Приведенные материалы свидетельствуют, что количество поглощенного натрия в почве увеличивается с ростом минерализации поливной воды и показателя *SAR*, достигая допустимых пределов, уста-

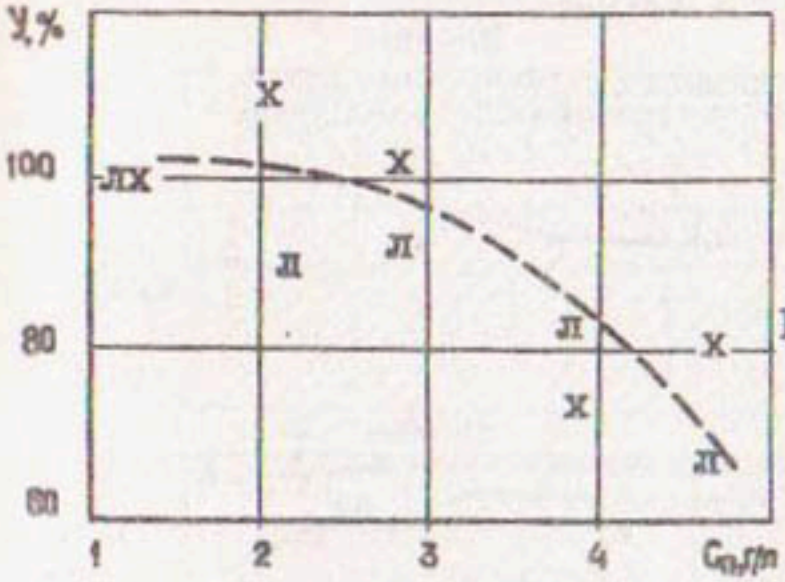


Рис.I. Зависимость урожайности (У, % к контролю) хлопчатника (х) и люцерны (л) от минерализации поливной воды

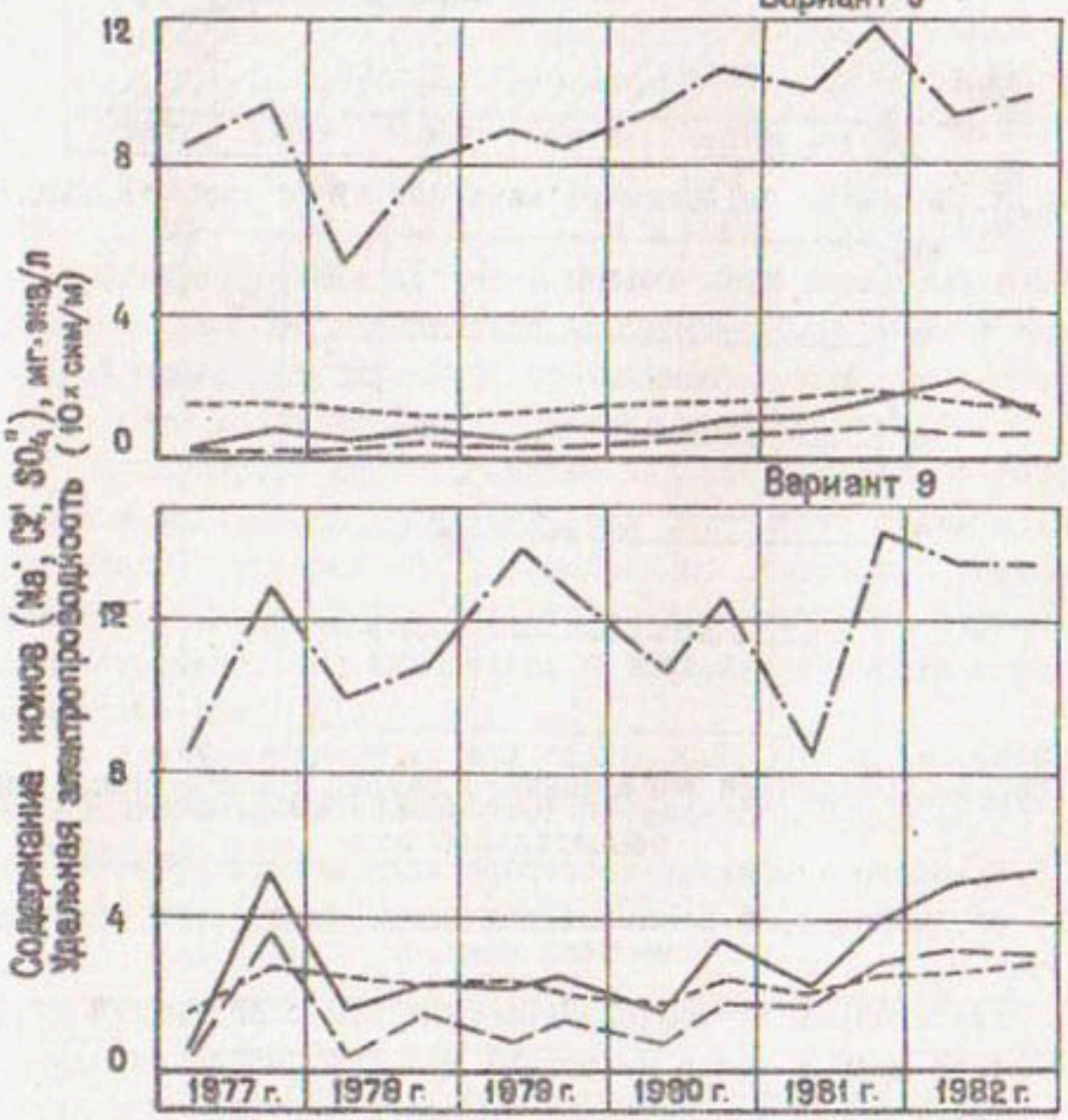


Рис.2. Наличие солей в метровом слое почвы по данным вытяжки I:5 (—Na^+;-- Cl^-; —·—SO_4^{--};--- удельная электропроводность)

новленных в работе [7], уже при минерализации I,3...I,5 г/л.

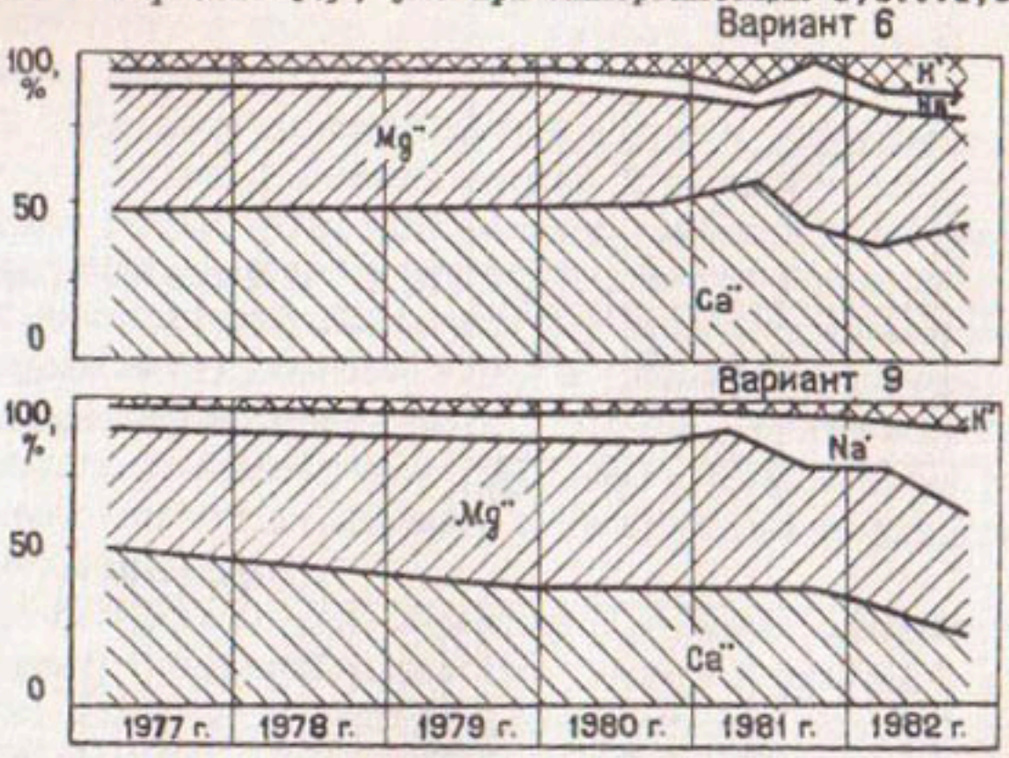


Рис.3. Динамика поглощенных катионов (% от емкости обмена)

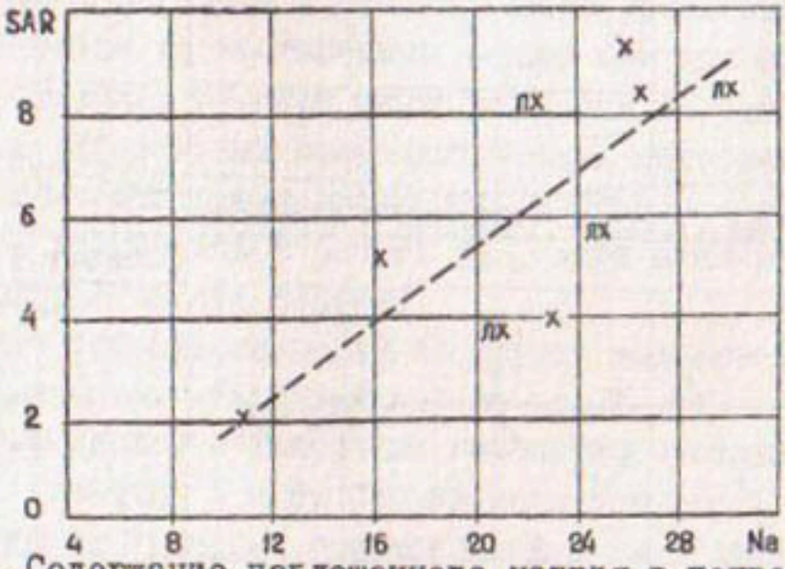


Рис.4. Содержание поглощенного натрия в почве после опыта (% от емкости обмена) в зависимости от химического состава оросительной воды

Серьезные изменения в составе поглощенных катионов отразились, естественно, и на некоторых водно-физических свойствах почв.

Показательны в этом плане результаты определения скорости впитывания воды в почву на разных делянках после опытов (табл.3). Они свидетельствуют о снижении скорости впитывания в зависимости от качества воды, использованной для орошения, причем о значительном - в первые часы и меньшем - на 7...8-й час.

Таблица 3

Скорость впитывания воды после опытов (мм/мин)

Вариант	Время, ч							
	I	2	3	4	5	6	7	8
I	0,42	0,25	0,I7	0,I3	0,II	0,I0	0,09	0,08
2	0,33	0,20	0,I6	0,I4	0,I2	0,I2	0,II	0,II
3	0,23	0,I7	0,I2	0,I0	0,07	0,06	0,05	0,04
4	0,30	0,I8	0,I4	0,I0	0,09	0,08	0,08	0,08
5	0,I2	0,II	0,I0	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06
6	0,24	0,20	0,I8	0,I5	0,II	0,I0	0,09	0,09
7	0,I7	0,I4	0,I0	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
8	0,27	0,25	0,22	0,20	0,I7	0,I5	0,I2	0,I0
9	0,20	0,I4	0,I0	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
I0	0,I0	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02

Следует отметить, что в первых пяти вариантах опыта последействие люцерны значительно компенсировало влияние вод повышенной минерализации. Это, по-видимому, объясняется структурообразующей ролью корневых остатков люцерны [8].

Капиллярные свойства почвы характеризуются профилем влажности в равновесных условиях (при отсутствии значительных потоков влаги), который был установлен по завершении опитов на всех делянках. Сколь-нибудь существенных различий по вариантам не зафиксировано. Они находились в пределах точности определения влажности (табл.4).

Значения влагоемкости почвы, полученные на третий и пятый день после залива площадок (табл.4), также были близки по всем вариантам опыта.

Таблица 4

Объемная влажность в слое 0...I00 см при определении полевой влагоемкости

Вариант опыта	Влажность, %		
	до полива	после полива	
		на третий день	на пятый день
I	2	3	4
I	I8,96	24,52	23,8I

Продолжение табл.4

I	2	3	4
2	20,34	26,39	25,04
3	20,32	25,52	26,0I
4	I9,92	25,46	25,I9
5	20,96	23,44	26,I8
6	2I,22	25,85	26,37
7	20,59	26,54	25,59
8	I9,02	25,04	24,I2
9	20,89	25,23	25,34
I0	2I,85	24,06	23,22
Среднее	20,4I	25,20	25,09
	-I,45	-I,76	-I,87
Отклонение от среднего	+I,44	+I,34	+I,28

Итоги определения влажности пределов текучести (ПТ) и пластичности (П), характеризующих технологические свойства почв (табл.5), свидетельствуют, что при орошении водами различной минерализации изменения этих качеств почв не произошло.

Таблица 5

Влажность пределов текучести (ПТ) и пластичности (П) почвы в горизонте 0...60 см (% от массы)

Вариант	Влажность *ПТ*	Влажность *П*	Число пластичности
I	2	3	4
I	28,I	I6,2	II,8
2	27,83	I5,6	I2,3
3	27,5	I6,4	II,I
4	27,7	I5,5	I2,2
5	27,9	I5,3	I2,6
6	27,7	I7,2	I0,5
7	26,8	I7,I	9,7
8	26,2	I7,03	9,2
9	27,5	I7,3	I0,2
I0	27,5	I6,7	I0,8

Продолжение табл.5

I	2	3	4
Среднее	27,47	I6,43	II,04
Отклонение	+0,63	+0,87	+I,56
от среднего	-0,57	-I,I3	-I,84

Анализ результатов опытов позволяет сделать следующие выводы:

- использование для орошения смеси оросительной и дренажно-сбросной воды типичного для Голодной степи химического состава с минерализацией до I,5 г/л практически не влияет на солевой режим почвы, состав поглощенных катионов и ее плодородие;

- солевой режим почв при минерализации оросительной воды выше I,5 г/л становится более напряженным и его регулирование затрудняется;

- содержание поглощенного натрия в составе обменных катионов при *SAR* оросительной воды свыше 2 выходит за рамки, установленные как допустимый предел, и почвы переходят в разряд слабосолонцеватых. При *SAR* свыше 3,5 почвы становятся солонцеватыми;

- увеличение натрия в составе обменных катионов отражается на водопроницаемости почв и практически не сказывается на капиллярных свойствах и влагоемкости;

- падение урожайности хлопчатника естественно связать в основном с избыточным накоплением солей, которое влечет за собой и повышенную сорбцию натрия в числе поглощенных катионов;

- в качестве средства поддержания урожайности на высоком уровне при применении вод с минерализацией выше I,5 г/л могут быть использованы разработанные в [5] теоретические предложения по изменению режимов орошения.

Часть этих выводов, учитывая разведочный характер опыта, по-видимому, нуждается в тщательной экспериментальной проверке.

Использованная литература

I. Легостаев В.М. Об использовании вод повышенной минерализации на орошение.-Ташкент: Госиздат УзССР, I96I. - I00с.

2. Ибрагимов Г.А. Использование минерализованных вод на орошение хлопчатника. - Ташкент: ФАН, I973. - I76с.

3. Беспалов Н.Ф. и др. Использование для орошения хлопчатника и промывки засоленных почв Узбекистана минерализованных вод (дренажных и подземных). - Тр. СоюзНИХИ, 1980, вып.45, с.4-16.

4. Усманов А. Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов при орошении минерализованными водами. - Хлопководство, 1982, № 9, с.36-38.

5. Глухова Т.П., Стрельникова Г.А. Минерализованные воды Узбекистана как резерв орошения. - Ташкент, 1983. - 137 с.

6. Морозов А.Н., Злотник В.А. Оценка применимости вод повышенной минерализации для орошения хлопчатника. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1983. Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем, с.80-91.

7. Мамаева Л.Я. О коллоидно-химическом методе определения дозировок мелиорирующих веществ для солонцов. - Науч.тр. Почвенный институт им.В.В.Докучаева.-М.: Изд-во АН СССР, 1956. Физико-химические свойства почв и методы исследований, с.198-227.

8. Блэк К.А. Растение и почва. - М.: Колос, 1973.- 504с.

УДК 626.81:631.67:626.862:556.16

А.Н.Морозов, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

На современных гидромелиоративных системах формируются значительные объемы дренажно-сбросных вод (ДСВ). Вопросам использования ДСВ разного химического состава и минерализации для орошения и промывки уделяется большое внимание в связи с дефицитом водных ресурсов [1...6].

В зависимости от качества ДСВ могут быть применены для орошения сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель с разбавлением пресной оросительной водой или без него [1] с целью уменьшения временного дефицита оросительной воды в маловодные годы либо расширения орошаемых площадей в случае постоянного использования ДСВ.

В предлагаемой работе проведен анализ возможности постоян-

ного использования ДСВ для орошения и промывки на крупнейшей в Средней Азии гидромелиоративной системе, созданной в Каршинской степи.

По природно-климатическим условиям Каршинская степь относится к зоне пустынь с очень напряженным термическим режимом (среднегодовая температура воздуха 15...17°С, максимальная +47...+48°С, минимальная -23...-28°С, сумма температур за безморозный период 4700...5300°С), довольно интенсивной ветровой деятельностью и количеством осадков, не превышающим 100...280мм; годовое значение испаряемости, в зависимости от ирригационно-хозяйственной освоенности территории, меняется от 2000 мм на целинных землях до 1500 - на орошаемых /67.

В пределах рассматриваемой территории выделяются /6,7/: предгорные лессовые равнины, пролювиальные равнины предгорных шлейфов, аллювиальные равнины дельты Кашкадарьи, понижения на контакте дельты Кашкадарьи с пролювиальными равнинами.

Этими литолого-геоморфологическими комплексами определяются основные различия условий почвообразования и мелиоративной обстановки.

Поскольку Каршинская степь характеризуется крайне слабым внешним притоком грунтовых вод со стороны гипсометрически выше расположенных районов и крайне малым количеством осадков при большой испаряемости, она не располагает собственными ресурсами поверхностных и подземных вод. Близкое залегание грунтовых вод в начале освоения наблюдалось лишь на староорошаемых территориях, в зоне интенсивного влияния Кашкадарьи и на контакте дельты реки с пролювиальными шлейфами.

В условиях орошения к области обеспеченного оттока отнесены крутопокатые сильноэродированные склоны низкогорий Дультали, Алаутдинтау и др. К области частично обеспеченного - лессовые террасы верхнего яруса, характеризующиеся общими затрудненными условиями оттока грунтовых вод, но дренируемые глубокими врезами русел логов.

Область затрудненного оттока представляют лессовые террасы нижнего яруса, широкая долина Джаловашсая, многочисленные днища более узких логов и выположенные равнины предгорных шлейфов.

Аллювиальные равнины дельты Кашкадарьи отнесены к области, где глубина залегания и режим грунтовых вод формируются в зави-

симости от местных условий питания и оттока, связанных с орошением.

Зональность минерализации грунтовых вод, обусловленная гипсометрическими переходами, существенно нарушалась воздействием орошения, а также фильтрацией из естественных и искусственных водотоков, что привело к пестроте минерализации по степени и химическому составу.

Ввод оросительных систем в эксплуатацию оказал влияние на формирование водного и солевого режимов территории. Несмотря на значительное увеличение коэффициентов полезного действия всех звеньев оросительной системы, неизбежные потери воды при бороздковой технике полива вызвали, как и было предусмотрено проектом, подъем уровня грунтовых вод и изменение гидрогеологических условий. На большей части территории коренным образом изменился гидрогеологический режим почв - от автоморфного к полугидроморфному.

Все вышесказанное не могло не отразиться на количестве и качестве возвратного стока. Материалы многолетних исследований института "Средазгипроводхлопок" позволяют проследить во времени ход изменения ряда его показателей.

Приводимый рисунок иллюстрирует динамику минерализации и объемов годового стока с рассматриваемой территории по мере ее освоения. Эти данные свидетельствуют, что к моменту, когда практически завершено строительство гидромелиоративных систем и введены в эксплуатацию проектные площади земель, объем среднегодового стока по коллекторной сети стабилизировался, среднегодовая минерализация дренажно-сбросного стока за 1971...1982 гг. снизилась под влиянием освоения и орошения с 15 до 7 г/л и в последующие годы сохранялась на этом уровне.

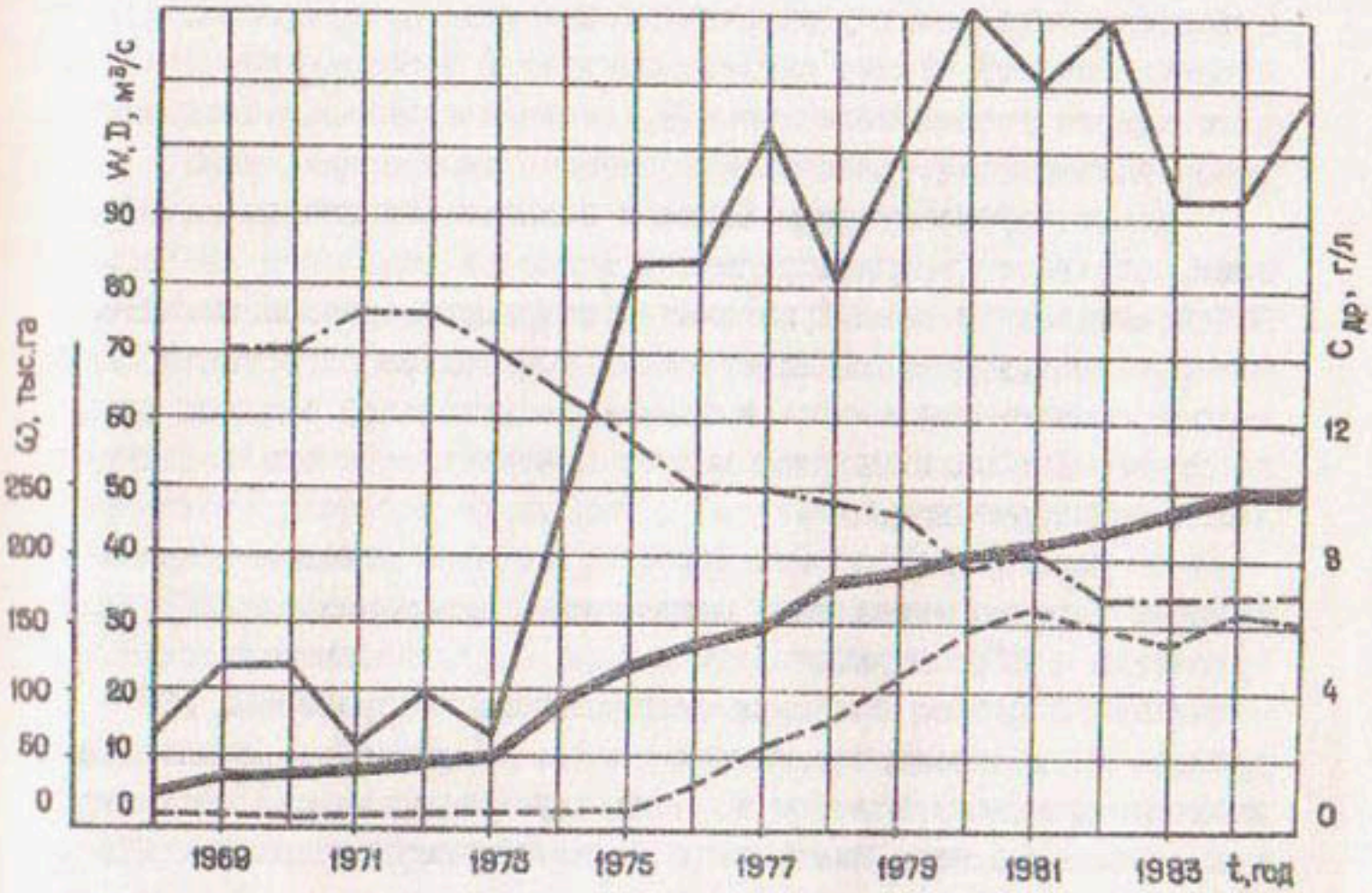
Материалы ежедекадных наблюдений за стоком и минерализацией ДСВ крупных коллекторов (ЮК, Дашт, ЮК-4, ЮК-5, ЮК-6, ЮК-7 и СВ-1), проведенных в 1981-1985 гг., позволили выявить ряд закономерностей:

- стоки коллекторов тесно связаны с размером водоподачи в оросительную систему и имеют явно выраженный сезонный характер;

- максимумы стока ДСВ в коллекторах наблюдаются в начале и конце вегетации, когда оросительная вода менее дефицитна;

- максимумы минерализации ДСВ отмечаются в межсенные периоды и во время наибольшего водопотребления-в середине вегетации,

минимумы приходятся на начало и конец ее;



Составляющие водного баланса территории I очереди освоения Каршинской степи: —— водоподача (W), м³/с ,-- - дренажно-сбросной сток (D), м³/с; —·—· минерализация дренажно-сбросного стока $(C_{др})$, г/л; ═══ орошаемая площадь (ω), тыс.га

– доля оросительной воды в стоке ДСВ, рассчитанная гидрохимическим методом, максимальна в начале и конце вегетации.

Наиболее высокая минерализация дренажно-сбросных вод (6...8 г/л) формируется на осваиваемых целинных землях, характеризующихся высокой минерализацией грунтовых вод; на землях с грунтовыми водами, опресненными орошением (современная дельта Кашкадарьи) она ниже на I...2,5 г/л.

По химическому составу дренажно-сбросные воды довольно однотипны на всей территории. Соотношение анионов гидрокарбоната, хлора и сульфата находится в пределах I:5...I3:I5...27, а катионов натрия, кальция и магния – I:0,2...0,3:0,4...0,8.

Значение показателя $Na/\sqrt{Ca+Mg}$, который отражает ка-

чество ДСВ /8/, достигает 8...10 в зоне нового орошения и 5...6 в зоне старого орошения, причем в первом случае прослеживается тенденция к улучшению их качества со временем, во втором - наоборот, что свидетельствует о формировании некоторого нового уровня качества ДСВ, соответствующего складывающимся условиям на оросительной системе инженерного типа.

Анализ существующего водного баланса территории показывает, что в современных условиях головной водозабор на 15...30% превышает проектный за счет высоких фильтрационных потерь на нереконструированных системах в зоне старого орошения, низкого уровня эксплуатации систем, нерациональной техники полива и из-за дополнительных затрат оросительной воды на пополнение грунтовых вод.

На перспективу прогнозируется, по мере доведения оросительных норм до проектных, возрастание минерализации ДСВ по сравнению с существующей примерно до 8 г/л и снижение объема стока почти вдвое. По более оптимистическим прогнозам /3/ уровень минерализации снизится до 4,4 г/л, а объем стока ДСВ увеличится вдвое. В любом из этих случаев можно рассчитывать только на использование довольно высокоминерализованных ДСВ в смеси с оросительными.

При прогнозной минерализации оросительной воды в Амударье около 0,75 г/л доля использования ДСВ с минерализацией 5...8 г/л составит 11...17% для смеси с концентрацией 1,5 г/л и соответственно 17...30, 31...55 и 45...78% - для смесей с концентрацией 2; 3 и 4 г/л.

Специальными исследованиями, проведенными нами в Голодной степи на делянках (см.стр.53-62), а также в Каршинской степи в условиях хозяйств, на делянках и в лаборатории, установлено, что для тяжелосуглинистых почв при проектном режиме орошения и дренированности возможно сколь угодно долгое, без признаков осолонцевания использование смеси дренажных и сбросных вод с минерализацией не выше 1,5 г/л.

На орошение почв среднего и легкосуглинистого гранулометрического состава исходя из этого же условия можно использовать воду с минерализацией до 3 г/л, а для супесей - до 4 г/л.

Эти предельные величины минерализации оросительной воды установлены по значениям минерализации и химического состава почвенных растворов, формирующихся в результате расходования

оросительной воды на суммарное испарение, так как почва в полевых и лабораторных условиях находится в контакте именно с почвенными растворами и лишь верхние ее слои периодически промываются более пресной (неупарившейся) водой. Такой подход позволяет гарантировать почву от осолонцевания.

Ранее разработанные критерии качества оросительной воды /9,10/ следует применять не к самой оросительной воде, а к почвенным растворам, которые формируются при фактическом или проектном водно-солевом режиме и находятся в контакте с почвой. Безопасная минерализация воды для промывок может быть принята выше, чем для орошения, поскольку доля расходования ее на испарение значительно меньше, а следовательно, и концентрация почвенного раствора будет ниже. Результаты опытов в Голодной степи /5/ и наши расчеты для условий Каршинской степи показывают, что допустимая минерализация воды для промывок глинистых почв может составить 2,5 г/л, а супесчаных 8...10 г/л.

По условиям сохранения водно-солевого режима почв на уровне, близком к проектному, для пресных оросительных вод прогнозами установлены размеры увеличения оросительных норм нетто и дренированности в зависимости от минерализации поливной воды /11,12/.

Использование ДСВ с разбавлением оросительной водой для орошения или промывки, по-видимому, будет целесообразно тогда, когда объем затрачиваемой оросительной воды в составе смеси не превысит объема чистой оросительной воды без использования ДСВ при сохранении одинаковых мелиоративных условий.

В этом случае должно соблюдаться неравенство

$$M_o > M_c \alpha , \qquad (1)$$

где M_o – оросительная норма при минерализации чистой оросительной воды C_o ; $M_c = M_o K_c$ – оросительная норма, обеспечивающая такой же водно-солевой режим, что и M_o , но при минерализации смеси, равной $C_п$; α – доля чистой оросительной воды с минерализацией C_o в составе смеси; K_c – коэффициент увеличения оросительной нормы M_o при переходе от минерализации C_o к $C_п$.

Неравенство (1) может быть преобразовано к виду

$$1 > K_c \alpha . \qquad (2)$$

Значения коэффициента K_c для различных почвенно-мелиоративных условий могут быть приняты по /4, 11, 12/, а при промывке-по /5/.

Коэффициент α определяется уровнем минерализации головного питания на оросительной системе (C_o) и минерализацией ДСВ (C_g). Он рассчитывается из простого балансового соотношения:

$$C_n = C_o\alpha + C_g(1-\alpha), \quad (3)$$

откуда $$\alpha = \frac{C_g - C_n}{C_g - C_o}. \quad (4)$$

Доля экономии пресной воды (ΔM_o) от головного забора на систему в случае использования ее в смеси с ДСВ на орошение может быть определена по зависимости

$$\Delta M_o = 1 - K_c\alpha. \quad (5)$$

Эта величина при минерализации головного питания 0,75 г/л, предельно допустимой минерализации смеси I,5 г/л и минерализации ДСВ 5...8 г/л составит соответственно I2...4% для почв среднего и тяжелого гранулометрического состава и несколько выше - для легкого.

Известно, что предусмотренные проектом оросительные нормы брутто-поле, рассчитанные на полив по бороздам, включают, кроме затрат на суммарное испарение и дренажный сток, составляющие для компенсации неравномерности увлажнения по длине борозд и других непроизводительных потерь, что позволяет переключить составляющую глубинного сброса на создание дополнительного промывного эффекта и тем самым без увеличения оросительной нормы брутто-поле поднять минерализацию оросительной воды. Сопоставление принятых в проекте норм брутто-поле с прогнозными нормами нетто, рассчитанными для различных минерализаций поливной воды, показывает, что возможно повысить минерализацию поливной воды до I,5 г/л без увеличения проектных оросительных норм брутто-поле за счет улучшения техники и технологии полива.

Одной из наиболее доступных схем использования ДСВ в условиях I очереди освоения Каршинской степи является их нормированная перекачка из крупных коллекторов в магистральные каналы, в основном в Ульяновский. Предельная минерализация в концевых частях каналов должна быть ограничена самыми жесткими требованиями по качеству для почв тяжелого гранулометрического состава (I,5 г/л) исходя из условий недопущения осолонцевания, поскольку раздельное орошение почв различного гранулометрического состава при этой схеме невозможно.

Общий водозабор ДСВ в магистральные каналы будет ниже предельно возможного, составляющего II...I7% от головного водо-

забора речной воды и обеспечивающего указанную выше допустимую минерализацию, из-за: ограниченности ресурсов ДСВ в зоне выше командования Каршинского магистрального канала в пределах территории I очереди освоения Каршинской степи и невозможности смешения ДСВ со всем объемом головного водозабора в Ульяновский магистральный канал. Остальная часть ДСВ в рамках, обеспечивающих условие недопущения осолонцевания почв и условие (2) целесообразности их привлечения на орошение и промывку, может быть использована децентрализованно преимущественно на супесчаных почвах, площадь которых занимает около 30% территории, а также за пределами рассматриваемого массива на землях II и III очередей освоения Каршинской степи.

Использованная литература

I. Ковда В.А. Проблема использования минерализованных вод.- Науч. тр. В/О" Союзводпроект". Вопросы проектирования мелиоративных и водохозяйственных объектов с использованием подземных и дренажных вод. - М., 1980, с.3-8.

2. Глухова Т.П., Стрельникова Г.А. Минерализованные воды Узбекистана как резерв орошения. - Ташкент: ФАН, 1983. - 136с.

3. Трунова Т.А. Ирригационный возвратный сток, его качество и использование в бассейне Амударьи. - Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1984. Обоснование параметров гидромелиоративных систем и сооружений в проектах орошения и освоения крупных земельных массивов, с.17-31. (Издающая организация - САНИИРИ).

4. Усманов А.У., Паренчик Р.И. К методике обоснования эффективности использования дренажных вод на орошение. - Науч.тр. САНИИРИ им. В.Д.Журина, вып.169. Ташкент, 1983, с.47-52.

5. Кривовяз С., Рамазанов А., Широкова Ю. Минерализованная вода для промывных поливов. - Хлопководство, 1983, № 4, с.30-34.

6. Кашкадарьинская область. Т.I. Природа. - Науч.тр. САГУ, вып.155. - Ташкент: Изд-во САГУ, 1959. - 280с.

7. Ходжибаев Н.Н., Нейман Б.Я. Гидрогеологическое обоснование ирригационно-мелиоративных мероприятий. - Ташкент: ФАН, 1982. - 130с.

8. Гамаюнов Н.И. Ионный обмен в почвах. - Почвоведение, 1985, № 8, с.38-44.

9. Антипов-Каратаев И.Н., Кадер Г.М. К методике мелиоративной оценки оросительной воды. - Почвоведение, 1959, № 2, с.96-101.

10. Антипов-Каратаев И.Н., Кадер Г.М. К мелиоративной оценке поливной воды, имеющей щелочную реакцию. - Почвоведение, 1961, № 3, с.60-65.

11. Злотник В.А., Морозов А.Н. Опыт расчетов режимов орошения минерализованными водами. - Гидротехника и мелиорация, 1983, № 10, с.62-65.

12. Морозов А.Н., Злотник В.А. Оценка применимости вод повышенной минерализации для орошения хлопчатника. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1983. Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем. с.80-91. (Издающая организация - САНИИРИ)

УДК 631.452:551.451.8:631.67

Г.Г.Решетов, канд. с.-х. наук, гл.спец. (Средазгипроводхлопок)

О ПЛОДОРОДИИ АРИДНЫХ ПОЧВ И ЕГО РАСШИРЕННОМ ВОСПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

На октябрьском (1984 г.) Пленуме ЦК КПСС и УП съезде Всесоюзного общества почвоведов (Ташкент, 1985 г.) подчеркивалась необходимость бережного отношения к орошаемым землям и применения таких прогрессивных систем земледелия, которые предусматривали бы не только восстановление, но и расширенное воспроизводство почвенного плодородия. Курс на ускорение научно-технического прогресса требует углубления знаний о почвенном плодородии и факторах его образования, более полного выявления внутренней сущности почвообразования, создания целостной концепции плодородия как особой формы организации материи и свойственных ей процессов и тем самым научного обоснования более совершенных систем повышения плодородия почв, их защиты и рационального использования [1, с.3].

Эти вопросы затронуты в предлагаемой работе.

Исследователями [2] выделяются три группы взаимосвязанных факторов формирования и развития плодородия: биологические,

агрофизические и агрохимические.

Основным общепринятым показателем почвенного плодородия служит мощность биологически активного слоя с благоприятными водно-физическими и агрохимическими свойствами при оптимальном для каждого типа почв содержании гумуса. Эти показатели почвенного плодородия являются главными для почв аридной зоны.

Естественное плодородие новоосваиваемых земель Средней Азии различно и связано с нарастанием интенсивности развития почвообразовательных процессов от почв пустынной равнины к почвам гор. Возрастание мощности аккумулятивно-гумусового горизонта и его потемнение происходят постепенно от почв пустыни к светлым, типичным и темным сероземам. Подобная же картина наблюдается и при переходе автоморфных почв в полугидроморфные и гидроморфные (луговые). Поэтому наиболее плодородными с этой точки зрения являются луговые почвы пояса сероземов, далее, согласно многочисленным исследованиям, по убывающей следуют типичные сероземы, светлые сероземы, полугидроморфные почвы пояса сероземов и зоны пустыни, такырные, пустынно-сероземные, серобурые и пустынные песчаные почвы.

При распашке новоосваиваемых земель поверхностные горизонты подвергаются разрушению, увеличивается их аэрация, возрастает минерализация органических веществ и как следствие снижается содержание гумуса в пахотном горизонте.

Заметные изменения в содержании и распределении гумуса в почвах происходят при орошении: констатируется /3/ уменьшение количества гумуса в верхних горизонтах орошаемых почв Узбекистана, более глубокое его проникновение и относительно равномерное распределение по профилю.

Изменения в содержании и распределении гумуса при орошении зависят от типа почвы. Так, по наблюдениям М.И.Кочубея /4/, орошение типичных сероземов вызывает заметное снижение запасов гумуса в новоорошаемых (на 16,4%) и староорошаемых почвах (на 11,4%), тогда как в новоорошаемых и староорошаемых светлых сероземах отмечается увеличение гумуса соответственно на 11,4% и на 28,7%. Изменения, аналогичные орошаемым светлым сероземам и, пожалуй, даже более значительные происходят и во всех почвах пустынной зоны: при орошении количество гумуса в них увеличивается.

На образование и накопление гумуса в почвах аридной зоны

ощутимое влияние оказывает механический состав верхних почвенных горизонтов. В легких почвах из-за повышенной аэрации происходит более интенсивная минерализация растительных и других органических остатков, а в тяжелых этот процесс протекает медленнее. Поэтому легкие почвы и автоморфные, и ряда грунтового увлажнения как пустынной зоны, так и вертикальных поясов менее гумусированы по сравнению с аналогичными почвами более тяжелого механического состава. Эти закономерности прослеживаются во всех типах почв и при орошении, даже при соблюдении высокой культуры земледелия.

Из сказанного следует, что содержание одинакового количества гумуса будет для каких-то почв высоким, а для других окажется низким. Согласно /5/ высокоплодородными окультуренными почвами считаются типичные сероземы с содержанием гумуса около I,5%, светлые сероземы, такырные, серо-бурые и пустынные песчаные почвы с содержанием гумуса соответственно I,0; 0,8; 0,7%. Эти показатели могут служить ориентиром при решении задачи поднятия почвенного плодородия с учетом зональности и механического состава почв.

Почвы с высоким содержанием гумуса в орошаемой зоне Средней Азии занимают незначительную долю - лишь 7% /5/. Связано это с тем, что ежегодно с хлопкового поля для производства тонны хлопка выносится около 300...400 кг/га гумуса, в почву же возвращается в виде опавших листьев и стеблей, а также корневых остатков лишь четвертая часть вынесенной органики. Следовательно, при монокультуре хлопчатника без систематического внесения в почву органических удобрений плодородие почв постепенно снижается. Полностью возместить количество выносимых веществ лишь внесением навоза не представляется возможным. Это осуществимо только при возделывании трав. Данные исследований /6/ показывают, что после распашки трехлетней люцерны в почве остается большая масса корней, из которой образуется более 4 т/га гумуса. Аналогичные результаты можно получить и при возделывании сидератов в смеси с шабдаром. Очень показателен в этом отношении длительный (более 50 лет) опыт СоюзНИХИ /6/, который доказал, что урожай хлопка-сырца на вариантах неудобренной монокультуры составил I4,7 ц/га, при применении минеральных удобрений под монокультуру - 32,4 ц/га, при монокультуре с ежегодным внесением только навоза (30 т/га) -

30,7 ц/га, в хлопково-люцерновом севообороте, прошедшем пять ротаций, - 41,2 ц/га. Из этого можно заключить, что производительная способность почв хлопковой зоны Средней Азии наивысшая при соблюдении хлопково-люцерновых севооборотов, возделывании сидератов и систематическом внесении в почву минеральных и органических удобрений.

При оценке почв аридной зоны для целей орошаемого земледелия большое значение придается их агрофизическим свойствам. В связи с тем, что современная культура орошаемого земледелия способна полностью удовлетворить потребность растений в основных питательных элементах и воде, общепринятое представление о плодородии следует изменить [7], так как в условиях орошаемого земледелия возникает необходимость более эффективно использовать не природное плодородие почвы, а вносимые удобрения и воду. И как считает автор исследования [7], необходимо учитывать не общие запасы элементов питания растений (бедность которых в основных почвах аридной зоны не вызывает сомнения), а их мобильность и доступность растениям, связанные с физическими свойствами почвы, которые в основном зависят от свойств почвообразующей породы.

Определяющими в агрофизической группе факторов почвенного плодородия в условиях орошения являются механический состав и плотность сложения почвенного профиля. В последние годы предпочтение при освоении отдается легким (легкосуглинистым, супесчаным) почвам, обладающим наиболее благоприятными условиями водного, воздушного, теплового и питательного режимов при орошении и создающим оптимальный фон для сельскохозяйственных растений. Легкие почвы меньше подвержены уплотнению, в связи с чем в них складываются наиболее благоприятные условия для развития почвенных микроорганизмов, которые в тяжелых почвах отмечаются при объемной массе не выше 1,2...1,3 г/см^3 [8]. Поддерживать такую плотность в тяжелых почвах при существующей системе механизированных обработок земель очень трудно.

Из новоосваиваемых и перспективных для орошения почв Средней Азии наиболее благоприятными водно-физическими свойствами обладают типичные и светлые сероземы, развитые на лессах, такырные почвы нетяжелого механического состава, залегающие на облегчающихся книзу литологических профилях, пустынно-сероземные, легкосуглинисто-супесчаные и др. К почвам с небла-

приятными агрофизическими свойствами относятся прежде всего тяжелосуглинисто-глинистые такыры, полугидроморфные и гидроморфные почвы с наличием на глубине 30...50 см плотных слабоводопроницаемых гипсоносных или карбонатных горизонтов. Сюда же относятся почвы, подверженные интенсивной ветровой эрозии, - пустынные песчаные, стабилизация поверхности которых представляется весьма важным условием их эффективного освоения. Тяжелые с поверхности (глинистые) почвы нуждаются в улучшении соотношения между песчаными, пылеватыми и илистыми фракциями либо в серьезном оструктуривании.

Плодородие некоторых почв: серо-бурых и пустынно-серозем-ных - при наличии в них шестоватых форм гипса очень трудно реализовать, особенно в первые годы освоения, из-за развития на них суффозионных и просадочных явлений при проведении вегетационных поливов. На этих почвах необходимо осуществление комплекса мер по устранению названных нежелательных процессов.

Естественная повышенная плотность сложения некоторых почв (например такыры и плотные гипсоносные почвы) или приобретенная в результате орошения (плужная подошва в орошаемых почвах) отрицательно сказываются на их производительной способности: при неблагоприятных условиях, прежде всего ухудшении водного режима, задерживается развитие корневой системы растений. Улучшению физических свойств почвенного профиля, имеющего плотные горизонты, способствуют глубокая (на 45...60 см) вспашка или рыхление на глубину 60...120 см. Глубокие рыхление и вспашка обеспечивают оптимальную влажность почвенного профиля, способствуют развитию мощной корневой системы. Биологические процессы в этом случае направлены на окультуривание глубоко обрабатываемого слоя почвы и в конечном счете на увеличение запасов гумуса /97.

Рассмотрим агрохимические факторы почв аридной зоны.

По содержанию основных элементов питания описанные почвы относятся к слабообеспеченным. Почти во всех отмечается недостаток азота и фосфора, местами - и калия. Наибольший дефицит в этих основных элементах питания прослеживается в пустынных почвах - серо-бурых, такырах и пустынных песчаных. Некоторые почвы содержат избыток вредных солей, подлежащих удалению с помощью промывок.

Емкость поглощения наименьшая в пустынных песчаных и се-

ро-бурых почвах (2...5 мг•экв на 100 г); в сероземах и такырных почвах она выше - 7...10 мг•экв, а в такырах достигает 12...14 мг•экв.

Почвенный поглощающий комплекс насыщен в основном двухвалентными катионами - кальцием и магнием, лишь некоторые почвы (такыры, солончаки Шорсая и Обручевского понижения) имеют повышенное содержание натрия. Орошение почв, насыщенных кальцием и магнием, при благоприятном качестве поливных вод и низкой емкости поглощения (обычно не более 10...12 мг.экв на 100 г), не вызывает отрицательных последствий даже при длительном использовании земель, о чем свидетельствует тысячелетний опыт земледелия в оазисах Узбекистана. Для улучшения свойств солонцеватых почв необходимо использовать химмелиоранты.

Вместе с тем, применяя специальные приемы для улучшения определенных почвенных свойств, во избежание нежелательных последствий необходимо иметь в виду, что длительные промывки большими нормами могут привести к ухудшению водно-физических свойств почв и вымыву питательных веществ, внесение сверх установленных норм минеральных удобрений отрицательно сказывается на качестве сельскохозяйственной продукции, к тому же эти вещества мигрируют в грунтовые и дренажные воды, изменяя их качество, и др.

Из сказанного следует, что расширенное воспроизводство почвенного плодородия в хлопковой зоне осуществимо только при строгом соблюдении рекомендуемого комплекса мероприятий: культивирование хлопчатника должно сочетаться с периодическим возделыванием люцерны и сидератов, что послужит основой для развития животноводства и получения потребного количества органических удобрений; систематическое внесение органических и минеральных удобрений в почву; соблюдение агротехники и режима орошения сельскохозяйственных культур; применение периодической глубокой вспашки и рыхления уплотняемых почв; создание необходимой дренированности территории.

Таким образом, перспективные для орошения земли Средней Азии характеризуются пониженным и низким естественным почвенным плодородием как в биологическом, агрофизическом, так и в агрохимическом отношении. Вместе с тем применением соответствующих приемов мелиоративной подготовки почв и современной высокой культуры земледелия можно обеспечить подъем плодоро-

дия и расширенное его воспроизводство.

Ставя задачу ускорения процесса окультуривания почв и получения на них высоких урожаев, следует помнить, что при равной водообеспеченности и одинаковой агротехнике возделывания на почвах с высоким плодородием получают больший урожай. Поэтому проблема повышения плодородия почв решается параллельно с задачами по экономии воды на единицу производимой продукции.

Следовательно, положительное решение вопросов расширенного воспроизводства почвенного плодородия создает тот благоприятный фундамент, на котором можно интенсивно развивать расширенное сельскохозяйственное производство при экономном расходовании воды, что весьма важно в условиях нарастающего водного дефицита в среднеазиатском регионе.

Использованная литература

I. Егоров В.В. Теория и практика повышения плодородия почв. - Значение почвенных исследований в решении Продовольственной программы. Доклады Генерального симпозиума УI съезда ВОП. - Тбилиси, I98I, с.3-I4.

2. Каштанов А.Н., Лыков А.М., Кауричев И.С. Теоретические и методологические аспекты проблемы воспроизводства почвенного плодородия. - Доклады симпозиумов УП Делегатского съезда ВОП, ч.6. - Ташкент: Мехнат, I985, с.89-I0I.

3. Горбунов Б.В. Орошаемые почвы Средней Азии. - География и классификация почв Азии. - М.: Наука, I965, с.39-49.

4. Кочубей М.И. Изменения запасов гумуса в почвах пустынной и полупустынной зон при богарном и орошаемом освоении. - Почвоведение, I982, № 8, с.I06-III.

5. Рабочев И.С., Имамалиев А.И. Мелиорация и плодородие орошаемых почв Средней Азии. - Доклады симпозиумов УП Делегатского съезда ВОП, ч.6. - Ташкент: Мехнат, I985, с.3-I3.

6. Турсунходжаев З.С., Королева И.Е., Семергей К.И. Научные основы повышения плодородия орошаемых почв и урожайности хлопчатника. - Там же, с.55-65.

7. Рыжов С.Н. Почвам высокое плодородие. - Хлопководство, I973, № I, с.35-37.

8. Турсунходжаев З.С., Сорокин М.А., Торопкина А.Л. -

Производительная способность сероземов в севообороте и при монокультуре хлопчатника. - Ташкент: ФАН, 1977.

9. Мухамеджанов М.В. Новая система по коренному повышению плодородия орошаемых почв. - Ташкент: ФАН АН УзССР, 1973. - 78с.

УДК 626.84:626.87:631.445.52:551.451.8

Г.Г.Решетов, гл.спец., канд. с.-х. наук

Р.А.Муксимов, руководитель группы (Средазгипроводхлопок)

Б.Нуритдинов, дир. совхоза "Пахтакор" Мехнатабадского района Сырдарьинской области

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПРОМЫВОК ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ФОНЕ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ

Освоение засоленных гипсоносных почв аридной зоны вызывает необходимость исследования приемов их промывки и определения комплекса мероприятий для успешного сельскохозяйственного использования.

Исследования с целью проверки в производственных условиях проектных решений и известных рекомендаций по промывке и сельскохозяйственному освоению засоленных гипсоносных почв, а также с целью выявления более рациональных способов их освоения, разработанных в последнее время специалистами института "Средазгипроводхлопок", проводились в совхозе "Пахтакор" Мехнатабадского района Сырдарьинской области.

Значительная площадь рассматриваемого района Голодной степи представлена лугово-сероземными сильнозасоленными гипсоносными почвами с осложненным рельефом местности. Полугидроморфные почвы территории, находящиеся в зоне выклинивания хлоридно-сульфатных грунтовых вод, содержат в своем профиле плотные сильногипсованные слои с глубины 30...70 см. Гипсонакопление здесь имеет гидроморфную природу. Максимум гипса находится в верхней части капиллярной каймы - в зоне наиболее интенсивного выноса и концентрации растворов. Местами гипсовый слой подступает к поверхности.

Содержание гипса в плотном горизонте достигает 30...50%. По принятой классификации рассматриваемые почвы относятся к сильно- и очень сильногипсованным.

Гипсоносный слой в средней части профиля почв отрицательно влияет на их водно-физические, агрохимические и другие свойства, что затрудняет мелиорацию и последующее сельскохозяйственное использование этих земель.

Исследования, проведенные Почвенным институтом имени В.В.Докучаева, ВНИИГиМом, МГМИ, СоюзНИХИ, Средазгипроводхлопком и другими организациями, выявили, что только промывки засоленных гипсоносных земель, даже длительные, грузными нормами и различными способами (по чекам, бороздам, боковые, строительные и проч.), оказались недостаточными для их успешного освоения, равно как не дали положительного результата электрорассоление и промывки омагниченной водой.

Суть низкого плодородия и мелиоративного неблагополучия земель совхоза связана не только с присутствием токсичных легкорастворимых солей, но и с наличием плотного гипсоносного горизонта, отрицательно сказывающегося на водно-физических свойствах всего профиля почв.

Следовательно, при освоении засоленных гипсоносных земель необходимо осуществление сложного комплекса взаимосвязанных мелиоративных и агротехнических мероприятий, составляющими которого являются промывка от вредных солей и возделывание сельскохозяйственных культур-освоителей (сидерация) в межпромывной и послепромывной периоды в увязке с мерами борьбы с неблагоприятным влиянием близкозалегающего гипсоносного горизонта.

Для проверки сказанного нами были проведены дополнительные исследования.

Методика их предусматривала:

- изучение промываемости почв на мелких делянках (30 $м^2$);
- изучение различных способов промывки и дальнейшего сельскохозяйственного освоения данных почв на двух опытно-производственных участках (ОПУ).

На одном опытно-производственном участке были заложены две площадки для изучения процесса промывки затоплением чеков. На одной проведена обычная вспашка на глубину 25...30 см, на другой - глубокое рыхление почвы на глубину 80 см. Цель опыта заключалась в исследовании влияния глубокого рыхления на промываемость засоленных гипсоносных почв. Графики изменения содержания натрия после промывки заданными нормами

иллюстрируют ход вытеснения солей (рис.I). Сравнительный анализ вымыва солей с двух площадок показывает, что глубокое

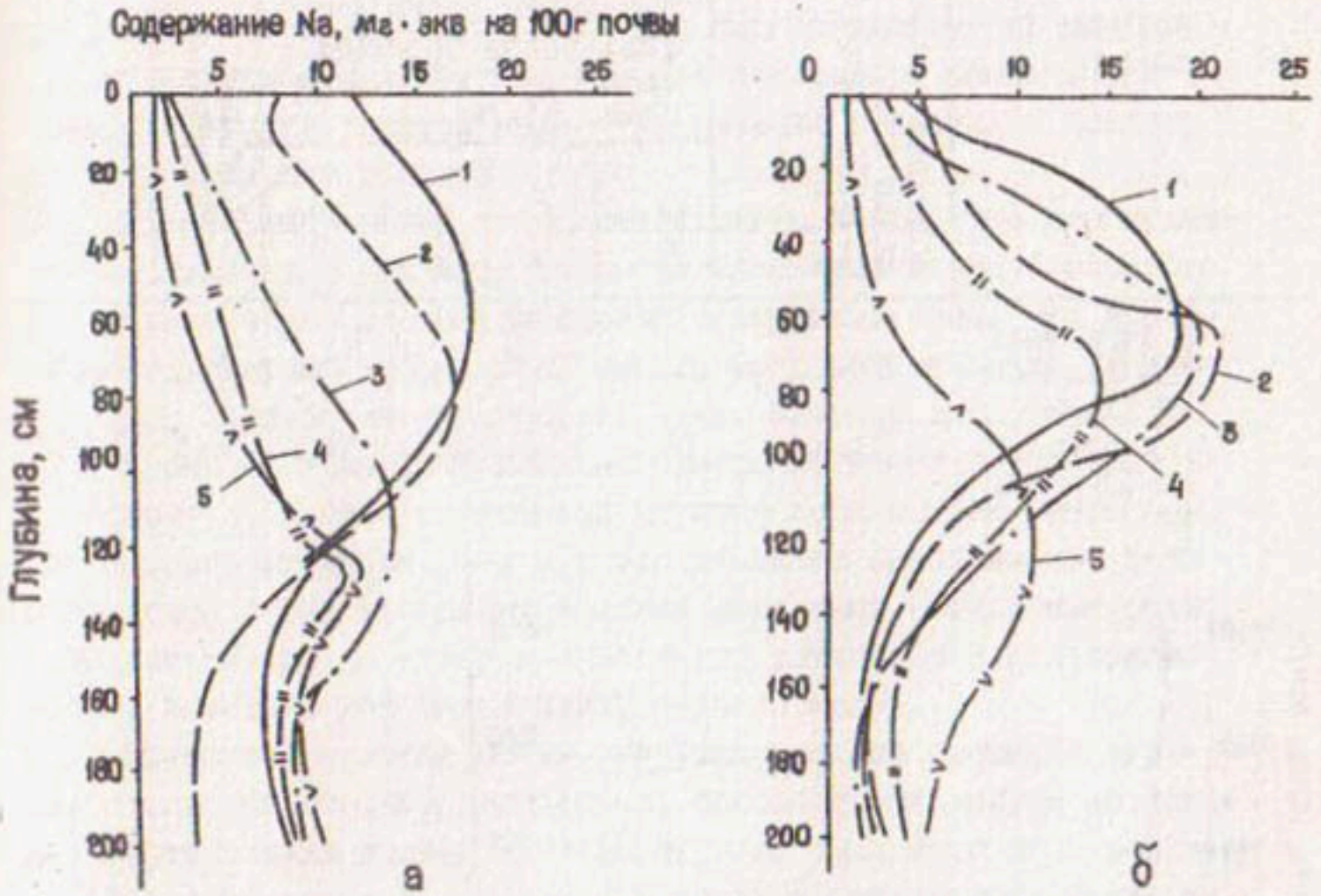


Рис.I. Рассоление профиля сильнозасоленных гипсоносных почвогрунтов Голодной степи при промывках: а - с применением глубокого (на 80 см) рыхления почв; б - на фоне обычной вспашки; I - исходное засоление; 2 - после промывки нормой 2,5 тыс. $м^3$/га; 3 - нормой 5 тыс.$м^3$/га; 4 - нормой I0 тыс.$м^3$/га; 5 - нормой I5 тыс.$м^3$/га

рыхление способствует увеличению солеотдачи почв: эффективность промывной воды увеличивается примерно в I,5 раза. Изменяются также коэффициенты солеотдачи (α) и конвективной диффузии (D^*), что отражено в нижеприведенной таблице.

В процессе промывки уменьшалась и скорость фильтрации (рис.2). Причем существенной разницы между скоростями установившейся фильтрации в вариантах с глубоким рыхлением и при обычной вспашке не наблюдалось. На площадке с глубоким рыхлением шло повсеместное интенсивное впитывание воды при первом поливе, затем оно резко сократилось и после первого так-

Усредненные данные промываемости почв на делянках при поливах затоплением

Вариант опыта	Исходное засоление слоя 0...100 см по Na, мг·экв	Засоление по Na (мг·экв) после промывки слоя 0...100 см нормами, м³/га				Коэффициент солеотдачи, α	Коэффициент диффузии (D^*), м²/сут
		2500	5000	10000	15000		
С глубоким рыхлением – на 80 см	15,8	12,5	6,6	3,7	2,4	1,6	0,132
С вспашкой на 25...30 см	13,3	13,1	13,7	9,1	3,3	2,5	0,052

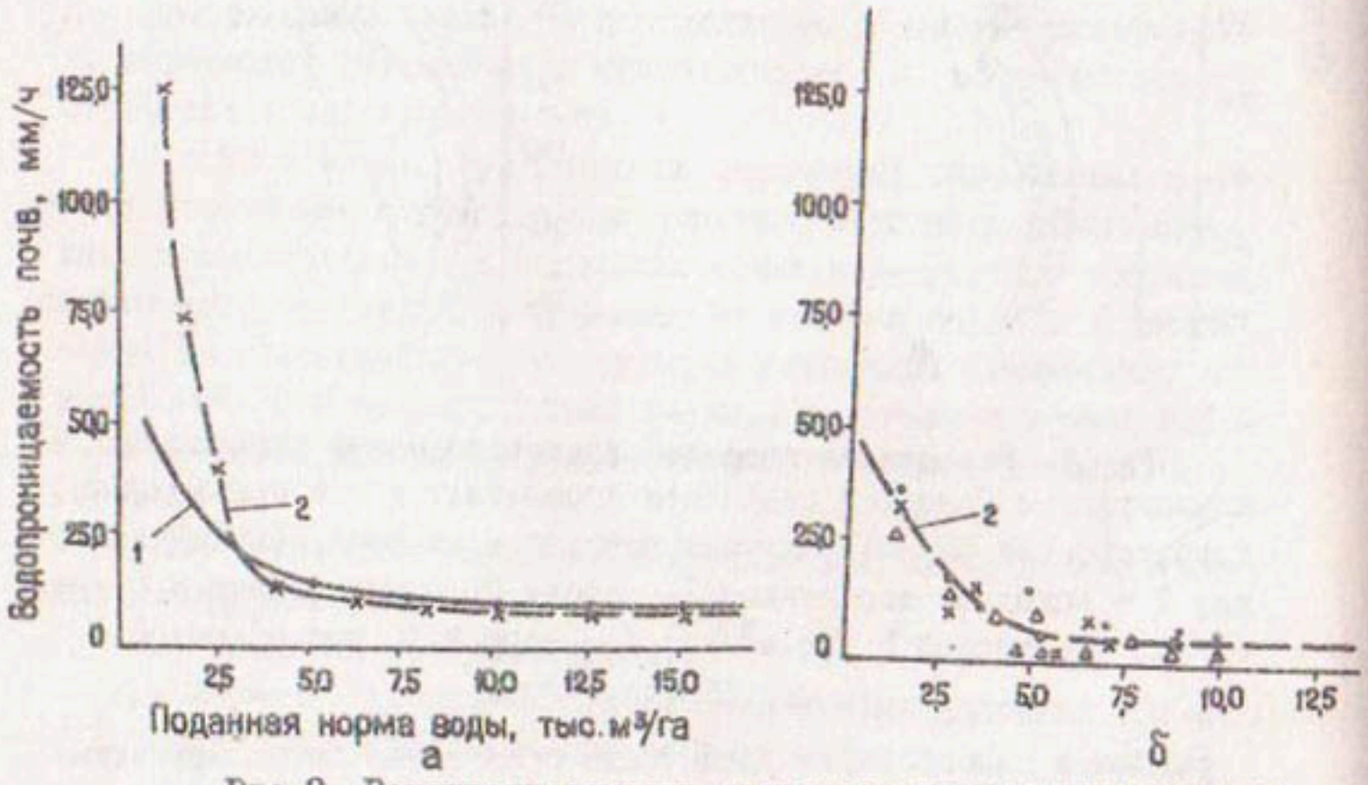


Рис.2. Водопроницаемость сильнозасоленных гипсоносных почв Голодной степи: а – полив затоплением делянки; б – полив по бороздам; I – на фоне обычной вспашки; 2 – после глубокого (на 80 см) рыхления почвы; $\dot{x}$ Δ – варианты и повторность опытов

та промывки скорость фильтрации установилась на уровне 0,18... 0,20 м/сут, или 7,5...8,3 мм/ч. Известно, что увеличение скорости фильтрации промывной воды способствует уменьшению промывной нормы, т.е. чем выше скорость, тем выше солеотдача почв. Разрушение верхних слоев плотного гипсоносного горизон-

та с помощью глубокого рыхления должно было способствовать повышению (причем, как предполагалось, значительному) скорости фильтрации, а вместе с ней и солеотдачи почв. Вопреки ожиданиям глубокое рыхление увеличило водопроницаемость почв лишь при первом поливе. Однако, как показывают данные, удалось достигнуть главной цели - увеличения солеотдачи каждого такта и промывки в целом.

Тщательный анализ позволяет сделать вывод, что на площадке без глубокого рыхления не наблюдалось равномерной скорости фильтрации через промываемый слой вследствие того, что вспашка на глубину 25 см не способна нарушить естественное плотное сложение горизонтов гипсоносных почв. Плотный гипсоносный слой пронизан немногочисленными отмершими корнями растений - солеросов. Часто встречаются крупные поры и ходы землероев как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Ходы и отмершие корни заполнены рыхлыми пористыми органо-минеральными остатками, по которым происходит интенсивная фильтрация воды и вместе с ней интенсивный перенос солей.

Глубокое рыхление почвы, нарушая плотное сложение верхних слоев гипсоносных горизонтов, способствует закупорке крупных вертикальных ходов. Впитывание воды рыхлыми слоями верхнего горизонта ведет к кольматации ходов, и интенсивная фильтрация через них практически прекращается. В дальнейшем вода просачивается более равномерно по всей толще промываемого почвогрунта. При этом идет интенсивное растворение солей и перенос их в нижележащие горизонты.

Согласно рекомендациям /I/ глубокое рыхление уплотненного гипсоносного горизонта повышает эффективность промывок. По данным САНИИРИ и СоюзНИХИ, водопроницаемость и солеотдача аналогичных почв после проведения глубокого рыхления увеличиваются в 2,2 раза. Таким образом, глубокое рыхление гипсоносных почв увеличивает солеотдачу, что позволяет сократить промывную норму и время проведения промывок.

До последнего времени для опреснения засоленных почв широко применялись промывки затоплением чеков. При промывке сильнозасоленных почв необходимо подать достаточную промывную норму, превышающую 10 тыс.$м^3$/га. Ограниченность сроков промывки по организационно-хозяйственным причинам и почвенно-мелиоративным условиям требует создания необходимой скорости

отвода промывных норм через систему постоянных и временных дрен, создания надежных земляных сооружений для поддержания довольно высокого уровня воды в чеках. Недостатки этого способа - большой объем земляных работ, низкий процент промываемой площади (65...60%), быстрый подъем уровня грунтовых вод, снижение плодородия почв.

Для отработки более эффективных способов промывки засоленных земель необходимо было решить главную проблему - сокращение промывных норм. В настоящее время эта задача решается за счет увеличения скорости отвода промывных вод с помощью постоянного и дополнительного временного дренажа в процессе проведения промывок. В основе расчетов лежат требования создания необходимой скорости отвода промывных вод (V_o) и подачи соответствующих норм промывки (N) в определенные сроки (t) (V_o, N, t связаны между собой) для обеспечения устойчивого опреснения почв на глубину ниже корнеобитаемого слоя [2].

Опыты на мелких делянках показали, что задачу сокращения промывных норм можно решить путем подготовки почв к промывке с помощью глубокого рыхления, что позволит отказаться от строительства временных дрен и оросителей, увеличит процент промываемой площади. Для решения этих вопросов были проведены исследования на опытно-производственном участке (80 га), где осуществлялись промывки почв по чекам.

Перед нарезкой чеков выполнялось глубокое (на 60...80 см) рыхление почвы. При опытно-производственных промывках были приняты следующие варианты:

- промывка на фоне глубокого постоянного и мелкого временного дренажа;
- промывка на фоне постоянного дренажа.

По первому варианту опыта вода подавалась тактами перепуском из чека в чек. Такт продолжался до тех пор, пока вода в последнем чеке не достигала контрольной отметки 0,4 м. Следующий полив начинался после впитывания воды в первом чеке. По второму варианту промывная вода подавалась тактами по временному оросителю в каждый чек отдельно. Водоподача в чеки варьировалась от 2 до 16 тыс.$м^3$/га (рис.3). В одно междренье вода не подавалась вообще. Неравномерность подачи воды обусловила и неравномерность рассоления почв опытного участка.

Исследованиями установлено, что после подачи 7...10 тыс. $м^3$/га почвы чеков опреснились на глубину 0,8...1,0 м до по-

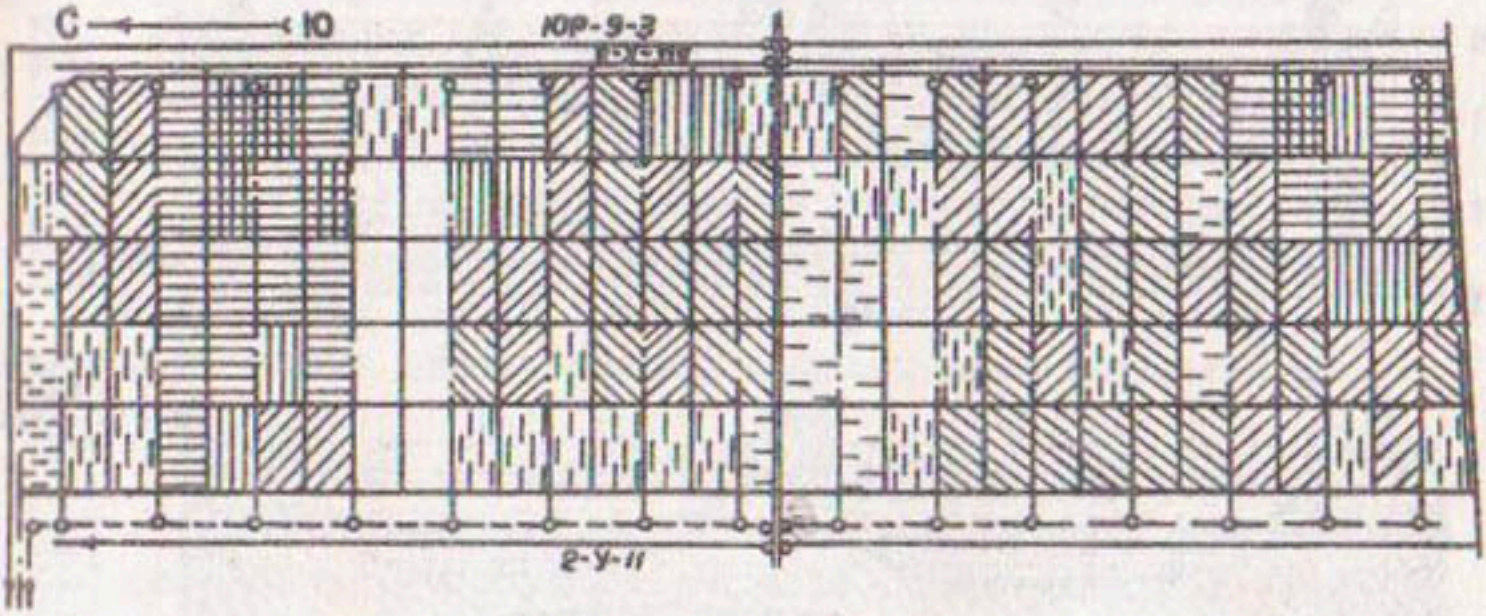


Рис.3. Фактическая водоподача на участок промывки почв по чекам (тыс.$м^3$/га): <2; 2...4; 4...6; 6...8; 8...10; 10...12; 12...14; 14...16; ◂лотковый ороситель; o——постоянная дрена; – – –временная дрена

рога токсичности. При этом наблюдалось накопление солей на валиках. Максимальное их скопление происходило на оградительных валиках временных дрен (рис.4). Следует отметить, что общая площадь, занятая валиками, временными дренами и наддренными полосами, составляла 30...35% участка и более.

В полном соответствии с неравномерностью рассоления почв были получены и всходы сельскохозяйственных культур (рис.5). Так, из общей площади 30 га, засеянной хлопчатником, всходы появились на 14 га. Хлопчатник не взошел на 16 га в местах наддренных полос, бывших оградительных валиков, между чеками и отчуждений под временные дрены и оросители. Урожайность на чеках составила от 6,7 до 9,4 ц/га в зависимости от опреснения почв. Однако в пересчете на общую площадь она оказалась очень низкой.

Следует также отметить, что в наших опытах в период вегетации оросительная норма была ниже проектной. На новоосваиваемых землях, особенно в первые годы их сельскохозяйствен-

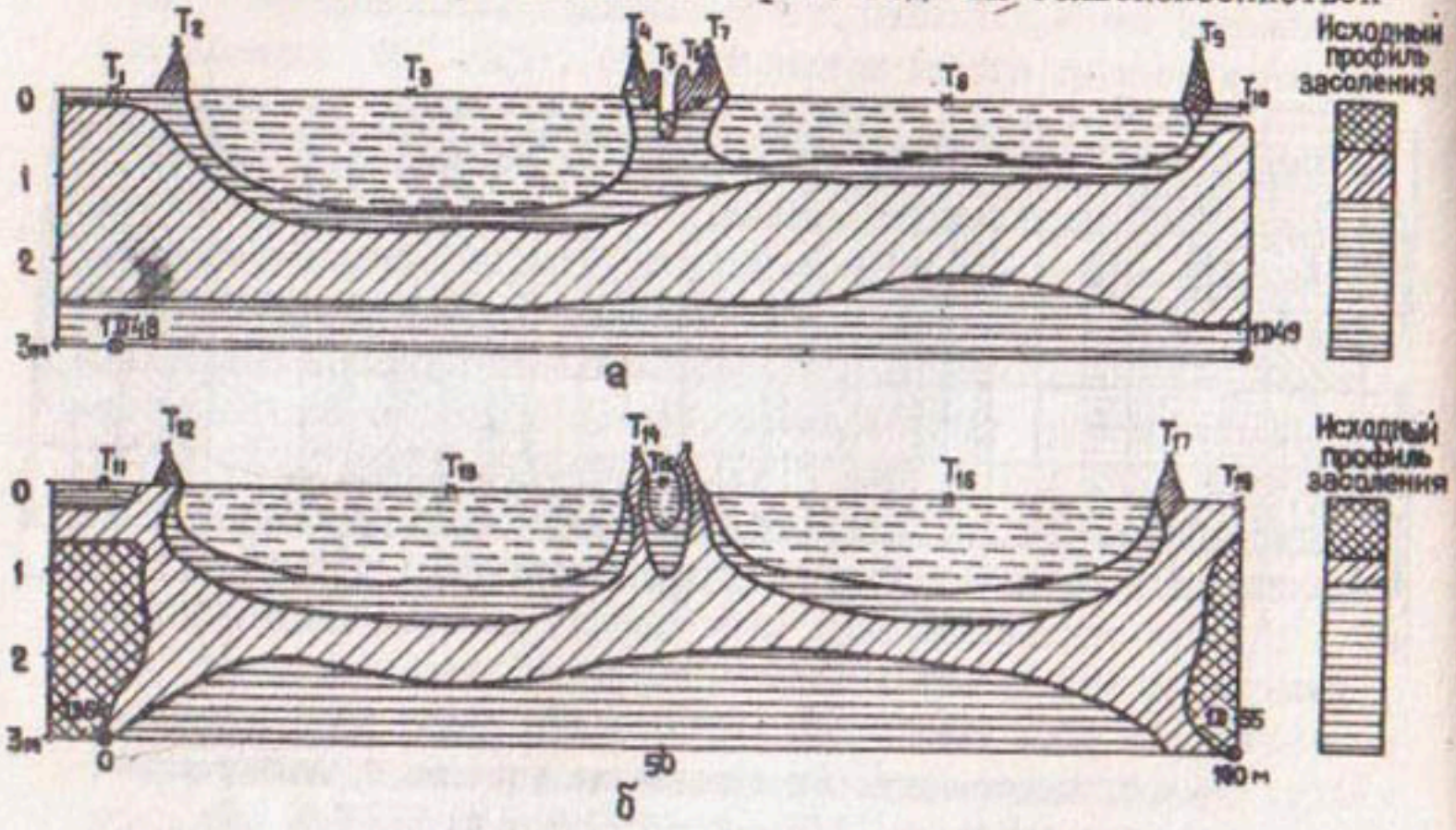


Рис.4. Засоленность почв после промывок: а – междренье с временной дреной; б – междренье с временным оросителем: ⊗ $^{ID_{54}}$ постоянная дрена; x $^{T_{18}}$ скважина солевой съемки. Засоление по *Na* (мг.экв на 100 г почвы): <2; 2...6; 6...12; >12

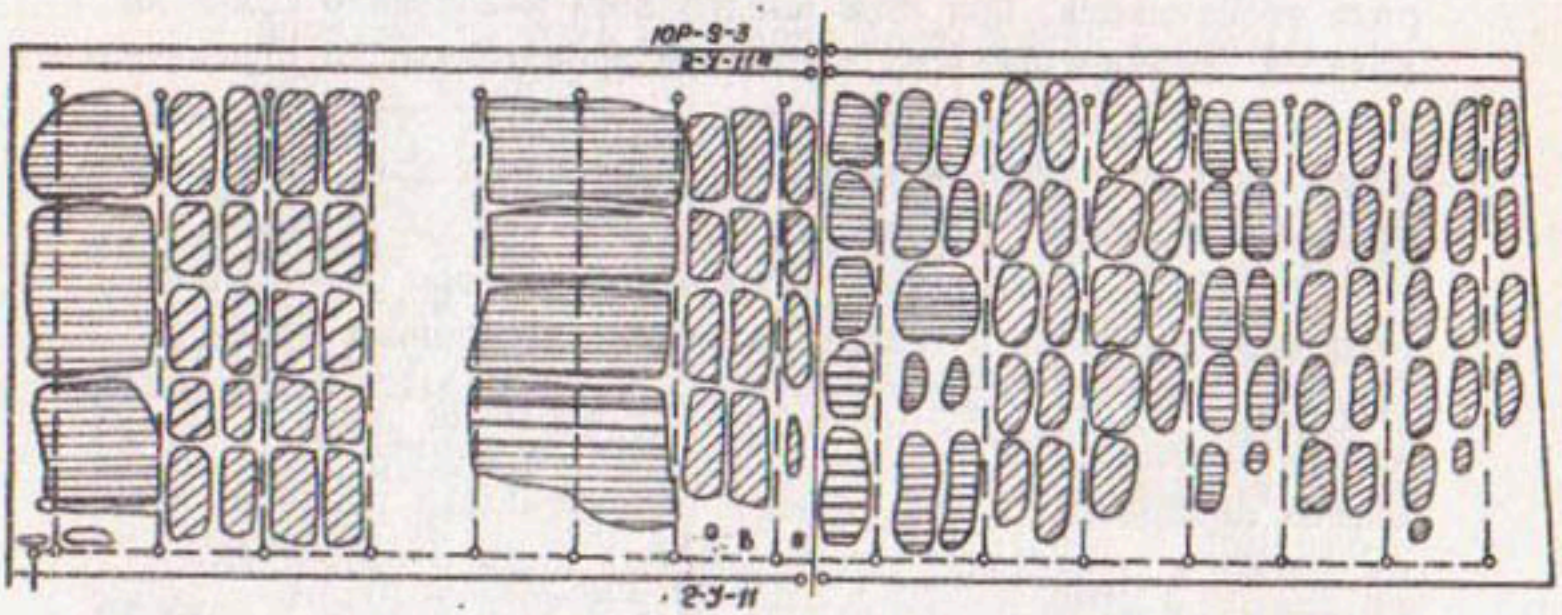


Рис.5. Всходы сельскохозяйственных культур на ОПУ в совхозе "Пахтакор": хлопчатника; суданской травы

ного использования, как правило, нехватает поливальщиков и потому не выполняются проектные рекомендации по соблюдению режима орошения, что также существенно сказывается на урожайности возделываемых культур. Тем не менее в вегетацию на фоне постоянного дренажа шло дальнейшее опреснение почв опытного участка. Местами, где удалось подать поливами по бороздам достаточную оросительную норму (6...8 тыс.$м^3$/га), опреснились участки под поперечными валиками.

Таким образом, исследованиями установлено, что на фоне глубокого рыхления достаточно подачи 7...I0 тыс.$м^3$/га воды для опреснения почв до порога токсичности, причем опыты в период вегетации доказывают, что промывки можно осуществлять и по бороздам.

Разработка оптимальных технологических схем промывок требует учета изменения свойств почв (в частности увеличения их солеотдачи) при глубоком рыхлении. Кроме того, разрабатываемая технология промывок должна свести до минимума вышеперечисленные недостатки промывок по чекам.

В связи с этим институтом "Средазгипроводхлопок" предложена промывка почв поливами по бороздам [3]. Этот способ изучался и ранее [4], однако по объективным причинам исследования не были доведены до практического внедрения. В настоящее время появились новые технические возможности (глубокое рыхление, гибкие трубопроводы, глубокая коллекторно-дренажная сеть), позволяющие реализовать этот технологически простой, мелиоративно и экономически эффективный способ промывок.

Для более детального изучения вымыва солей поливами по бороздам нами были поставлены опыты на мелких делянках. Цель исследований - изучение интенсивности промываемости почв при поливах по бороздам с междурядьями 45, 60 и 90 см.

В ходе подготовки опытов на делянках проводились агромелиоративные мероприятия, близкие к производственным, в частности глубокое рыхление почв выполнялось рыхлителем РН-I2I на глубину I м. После нарезки борозд на делянках была проведена исходная солевая съемка. Точки отбора образцов располагались на гребне и в борозде в четырехкратной повторности. Подача воды осуществлялась тактами без сброса до наполнения тупиковых борозд (5...I0 см от вершины гребня).

После промывки нормой 5 тыс.м^3/га профиль борозд с междурядьями 60 и 90 см опреснялся до глубины 75 см, при этом наблюдалось заметное увеличение засоления на гребнях в сравнении с исходным. На делянке с междурядьями 45 см значительное соленакопление имело место только после промывки нормой 2,5 тыс.м^3/га. Далее, после норм 5; 8 и 10 тыс.м^3/га на всех делянках происходил вымыв солей из гребня вниз по профилю на глубину I м до значения среднего и слабого засоления, при этом на делянке с междурядьем 45 см 0,7...0,8-метровый слой полностью опреснялся после промывки нормой 8 тыс.м^3/га (рис.6).

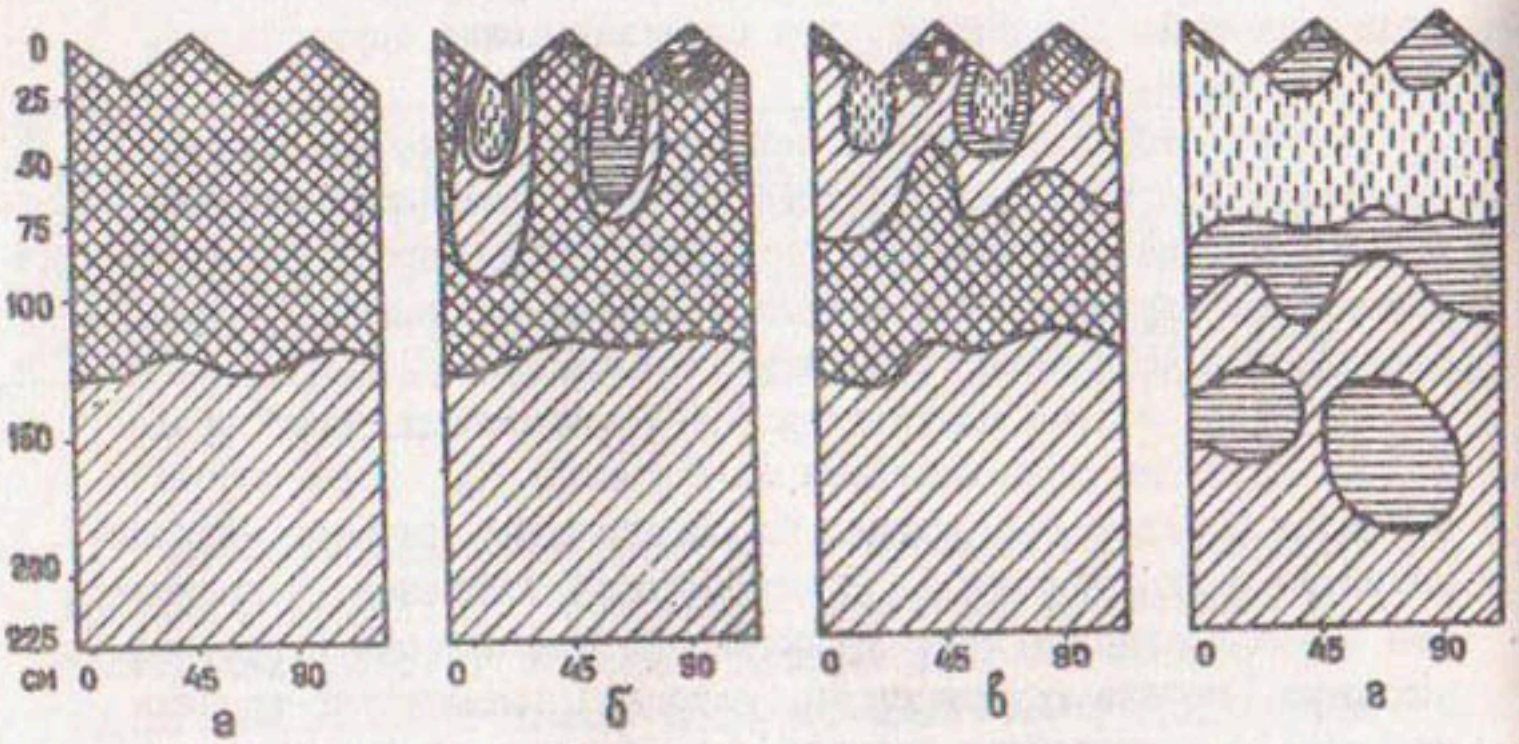


Рис.6. Изменение профиля засоления почв при промывках по бороздам с междурядьями 45 см (П-3): а - исходное засоление; б - после подачи нормы 2,5 тыс.м^3/га; в - после подачи 5 тыс. м^3/га; г - после подачи 8 тыс.м^3/га. Содержание *Na* (мг.экв на 100 г почвы): I...3; 3...6; 6...12; 12...28; >28

Солевая корка на поверхности гребней всех делянок сохранялась после окончания промывок.

При промывке без сброса по тупиковым бороздам идет интенсивное насыщение их гребней до значения ППВ и выше. Создаются условия для интенсивного солеобмена, имеет место не только конвективный перенос солей под бороздами, но и вынос их из гребней, создается разность концентраций почвенного

раствора, которая вызывает движение растворенных солей из области с большей концентрацией (из гребней) в область с меньшей (в борозды). Процесс рассоления гребней при промывках зависит от многих факторов, как-то: степень засоления, водно-физические свойства почв, норма промывки, перерывы между тактами, время промывки, глубина наполнения борозд и т.д.

Особо следует остановиться на таком факторе, как глубина залегания грунтовых вод, или уровень грунтовых вод (УГВ). УГВ является одним из определяющих показателей водного и солевого режимов почв и мелиоративного благополучия территории. Глубокое стояние грунтовых вод создает достаточную свободную емкость в зоне аэрации ниже проектного корнеобитаемого слоя основных сельскохозяйственных культур, что позволяет опреснить при промывках этот слой нисходящими токами промывных вод.

Не затрагивая вопросов проектирования и строительства дренажа, здесь следует только отметить, что все описанные в статье опыты проводились на фоне дренажа, заложенного на глубину 3,0...3,5 м и поддерживающего УГВ перед началом промывки на глубине более 3 м.

Анализ результатов промывок по бороздам на мелких делянках показал, что наиболее оптимальными с точки зрения процесса выноса солей и наименьшего накопления их на гребнях были 45-сантиметровые междурядья. Однако опыты на мелких делянках не могут полностью дать ответ на такие вопросы, как зависимость ширины междурядья от длины борозды, время промывки, расход оросителя и борозды, максимально возможная норма одного такта.

Для решения этих проблем были выполнены опытно-производственные исследования на участке площадью 40 га, где проводились промывки по коротким (50 м) бороздам с междурядьями 0,9 м. Вода подавалась комплектом гибких трубопроводов КП-160, что позволило отказаться от устройства временных оросителей, вызывающих быстрый подъем УГВ. Уровень грунтовых вод в течение всего периода промывки с помощью КП-160 не поднимался выше 1,8 м. Промывки осуществлялись тактами по 1500...2000 $м^3$/га и в среднем на участок было подано 6...8 тыс.$м^3$/га промывной воды.

Данные солевой съемки свидетельствовали о том, что почвы

под бороздами опреснились до порога токсичности, в то время как на гребнях происходило накопление солей. По окончании промывок была проведена вспашка опытного участка с оборотом пласта на глубину 35...40 см и в оптимальные сроки - в начале апреля - высеяны кукуруза, многоукосное сорго, зерновые и хлопчатник. Всходы получились дружные. Характерно, что после промывок по бороздам отмечаются равномерные всходы на всей площади, за исключением полосы, где проходит закрытый собиратель. Даже при повторном севе на этой полосе не было всходов. Но данный факт не связан с промывками. Технология строительства закрытых собирателей не предусматривает операций по сохранению плодородия верхнего слоя почв. Как показывает опыт освоения земель, на подобных полосах не удается получить всходы много лет без специальных мероприятий по восстановлению их плодородия.

К концу вегетации посевы хлопчатника сохранились на 70% площади. Из-за плохой планировки поверхности невозможно было подать воду на повышенные элементы рельефа, что сказалось на урожайности хлопчатника. По данным фенологических наблюдений, она колебалась от 5 до 15 ц/га и в пересчете на общую площадь составила около 7 ц/га.

Таким образом, при промывках по бороздам происходит первичное опреснение почв за счет осаждения солей из верхних горизонтов в нижние при глубоких (ниже 3 м) грунтовых водах, создающих достаточную свободную емкость для эффективного проведения этого приема. С целью повышения солеотдачи промываемого слоя, равномерного распределения воды на поверхности и меньшего накопления солей на гребнях рекомендуются три-четыре полива (такта) по коротким бороздам (50...100 м) с междурядьями 45 и 60 см и нормой одного такта 2...3 тыс.$м^3$/га, что позволит значительно повысить коэффициент использования воды при промывках.

Промывки по бороздам с применением гибких трубопроводов не требуют устройства и разравнивания оградительных валиков и временных оросителей, строительства и засыпки временных дрен, устройства перепускных сооружений.

Рекомендуемая система мероприятий по опреснению засоленных почв предполагает значительное сокращение объемов земля-

ных работ за счет простоты подготовки земель под промывки, экономию водных ресурсов, заметное повышение коэффициента использования земли, исключение недопустимых нагрузок на дренаж за счет уменьшения общей промывной нормы в I,5...2 раза и подачи ее дробными порциями (тактами).

Уменьшение объемов земляных работ и малые промывные нормы способствуют сохранению естественного плодородия осваиваемых почв, что служит благоприятной основой для его последующего повышения.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать следующие мероприятия, позволяющие значительно повысить эффективность промывок почв, экономнее расходовать промывную воду и сохранить естественное плодородие:

- перед промывкой почв необходимо проводить глубокое рыхление расчетного слоя (на 0,6...I,2 м), что повышает промывное действие воды в I,5...2 раза;

- промывки почв нормой до I0 тыс.м^3/га следует проводить в три-четыре приема прерывистой подачей воды дробными (2... 3 тыс.м^3/га) нормами на фоне глубокого постоянного дренажа без дополнительного мелкого - временного, что дает возможность рассолять почвы на 85...90% промываемой площади при промывках по чекам и на 95% - при промывках по бороздам;

- на землях, прошедших промывку, в первый год следует выращивать однолетние культуры-освоители при промывном режиме орошения. Затем на два-три года поля надлежит отвести под посевы люцерны. Хлопчатник предлагается возделывать на третий-четвертый год освоения.

Использованная литература

I. Рекомендации по мелиоративной оценке, освоению и использованию гипсированных почв под орошаемое земледелие. - М., I979. - 4Ic.

2. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель.- М.: Колос, I978, с.66-75.

3. Решетов Г.Г. Эффективность промывок сильнозасоленных почв Голодной степи. - В сб.: Почвы Узбекистана и пути повышения их плодородия. - Ташкент: Мехнат, I985, с.I22-I27.

4. Федоров Б.В. Промывка солончаков по бороздам. - ДАН УзССР, 1954, № 5, с.49-53.

УДК 631.559:582.796:631.452:001.18

Ф.В.Серебренников, канд. техн.наук, нач.отд. (Средазгипроводхлопок)

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ

К обоснованию плановых показателей урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур на момент достижения мелиоративной системой проектной мощности в проектах орошения и освоения земель должны предъявляться самые высокие требования. По сути дела эти показатели представляют собой тот конечный результат, по которому судят об эффективности сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях. Одновременно они являются определяющими при оценке экономичности и целесообразности строительства новых мелиоративных объектов или реконструкции существующих.

Обстоятельный обзор современных моделей планирования и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур приводится в работах /1...3 и др./. В настоящее время достаточно четко определились две главные сферы приложения различных методов обоснования урожайности:

- перспективное планирование развития орошаемого земледелия, включая проектные проработки разного уровня;
- программирование урожаев, когда речь идет об управлении факторами внешней среды, которыми определяется жизнедеятельность агроценоза.

Применяемые в первом случае методы входят в инструментарий, разработанный в рамках эмпирико-статистического подхода /1/.

Представляется перспективным использование так называемых производственных функций при обосновании проектных показателей урожайности сельскохозяйственных культур. Как известно, производственные функции дают количественную характерис-

тику влияния различных показателей-факторов на результат производства [4]. Поэтому они находят широкое применение в экономико-математическом моделировании [5].

К аналитической форме записи производственной функции предъявляются определенные требования [6, с.12], которым в рассматриваемом случае отвечает функция вида

$$y = \alpha \prod_{i=1}^{J} x_i^{\beta_i} \exp(-\gamma_i x_i), \qquad (1)$$

где y – урожайность сельскохозяйственной культуры, ц/га; $\{x_i\}$ – вектор факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на урожайность; $\alpha, \beta_i, \gamma_i$ – параметры функции; $i = \overline{1, J}$.

Значения факторов x_i могут меняться со временем, поэтому в общем случае $x_i = x_i(t)$.

Преимуществом функции (1) является то обстоятельство, что ее структура позволяет учесть особенности влияния факторов внешней среды на процессы развития растений, которые подчиняются закону минимума и закону совокупного действия факторов роста и развития растений.

Для анализа производственных процессов на основе производственных функций разработан ряд расчетных показателей. К их числу относится предельная эффективность (производительность, отдача) i-го ресурса, представляющая собой частную производную $\partial f / \partial x_i$, на которую накладывается ограничение

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} \geqslant 0, \qquad i = \overline{1, J}. \qquad (2)$$

В случае производственной функции вида (1) предельная эффективность i-го ресурса определяется по выражению

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} = \alpha(\beta_i x_i^{-1} - \gamma_i) \prod_{i=1}^{J} x_i^{\beta_i} \exp(-\gamma_i x_i). \qquad (3)$$

Предельная эффективность в данном конкретном случае характеризует отношение прироста урожайности сельскохозяйственной культуры к малому увеличению количества используемого ресурса.

Условие (2) может и не соблюдаться. В связи с этим вводится понятие экономической области, включающее множество сочетаний ресурсов x, для которых выполняется ограничение (2) [5, с.71]. Принято считать, что подмножество сочетаний ресурсов, не вошедшее в экономическую область, не заслуживает внимания, так как именно здесь находятся заведомо проигрышные варианты.

Другим важным показателем является эластичность выпуска по отношению к изменению затрат i-го ресурса:

$$\mathcal{E}_i(x) = \frac{x_i}{f(x)} \frac{\partial f}{\partial x_i}. \qquad (4)$$

Для производственной функции (I) эластичность выпуска по отношению к изменению затрат находится из зависимости

$$\mathcal{E}_i(x) = \beta_i - \gamma_i x_i. \qquad (5)$$

Этот показатель позволяет оценить прирост урожайности в процентах в случае увеличения затрат одного из ресурсов на I%.

При математическом моделировании экономических процессов в качестве исходной посылки принимается, что предельная эффективность использования i-го ресурса не должна безгранично возрастать с увеличением потребления одного из ресурсов при неизменном количестве использования других ресурсов. Применительно к рассматриваемому случаю это означает, что с увеличением использования отдельных видов ресурсов (например удобрений или водных ресурсов) урожайность продолжает расти, но темпы ее роста постепенно замедляются. Тем самым для второй производной функции (I) должно выполняться условие

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x_i^2} = \left[\left(\beta_i x_i^{-1} - \gamma_i\right) - \beta_i x_i^{-2}\right] \prod_{i=1}^{J} x_i^{\beta_i} \exp\left(-\gamma_i x_i\right) \geq 0. \qquad (6)$$

Используемые ресурсы могут быть взаимозаменяемы. Так, например, недостаток удобрений можно возместить увеличением объема водоподачи. Разумеется, подобная компенсация возможна лишь в довольно ограниченных интервалах изменения применения отдельных видов ресурсов. Чтобы количественно оценить возможность замещения одного ресурса другим, при математическом моделировании экономических процессов оперируют показателем, названным предельной нормой замещения j-го ресурса i-м ресурсом. Этот показатель равен взятому со знаком минус отношению предельных эффективностей соответствующих ресурсов. Следовательно, с учетом выражения (3) предельная норма замещения j-го ресурса i-м ресурсом может быть определена по формуле

$$\gamma = \frac{\partial x_2}{\partial x_1} = -\frac{\beta_1 x_1^{-1} - \gamma_1}{\beta_2 x_2^{-1} - \gamma_2}. \qquad (7)$$

Предельная норма замещения берется со знаком минус, так как с уменьшением затрат второго ресурса по условию должно расти расходование объемов первого при фиксированной урожай-

ности.

Представляет интерес выполнить анализ производственной функции (I) на основании перечисленных выше показателей. С этой целью из общего числа факторов, оказывающих воздействие на формирование урожайности, выделим следующие: x_1 – содержание токсичных солей в активном слое почвы; x_2 – норма минеральных удобрений; x_3 – водообеспеченность сельскохозяйственных культур, выраженная в долях от оптимальной оросительной нормы, которая принимается в соответствии с физиологической потребностью растений.

Именно такой набор факторов был принят на том основании, что орошение и освоение новых земель ведется на базе создания технически совершенной гидромелиоративной системы в пределах территории, не отличающейся существенно по климатическим условиям, а создаваемые в ходе освоения специализированные хозяйства обладают равными объемами основных производственных фондов и парком сельскохозяйственной техники, что предполагает использование одинаковых трудовых ресурсов. Следовательно, принимается гипотеза об идентичности влияния остальных факторов на урожайность.

Для определения параметров α, β_i, γ_i в формуле (I) были использованы экспериментальные данные СоюзНИХИ и данные института "Средазгипроводхлопок". Следует уточнить, что исследования проводились на почвах, представленных сероземами и отличающихся высоким потенциальным плодородием. В результате обработки опытных данных на ЭВМ по специальной программе, составленной А.Батыровым, были получены значения параметров из формулы (I) для случая возделывания хлопчатника.

С целью большей наглядности на рис.I показаны графики зависимости урожайности хлопчатника от факторов x_1 и x_2 при условии, что $x_3 = 0{,}95$. Кривые на рис.I были построены по зависимости

$$y = 1{,}816 \cdot 10^{-4} x_1^{0{,}215} x_2^{2{,}189} \exp(-0{,}215 x_1 - 0{,}0025162 x_2). \qquad (8)$$

Было признано полезным провести сравнение результатов расчетов по производственной функции с опубликованными в литературе данными о зависимости относительной урожайности хлопчатника от степени засоления активного слоя почвы (рис.2).

Как и следовало ожидать, имеет место вполне удовлетво-

рительная сходимость. Отметим, что расчетная кривая была получена при x_2 = 320 кг/га (*NPK*, действующее начало) и x_3 = = 0,95.

Анализ производственной функции (I) следует начать с оценки выполнения условия (2) для отдельных производственных факторов x_i .

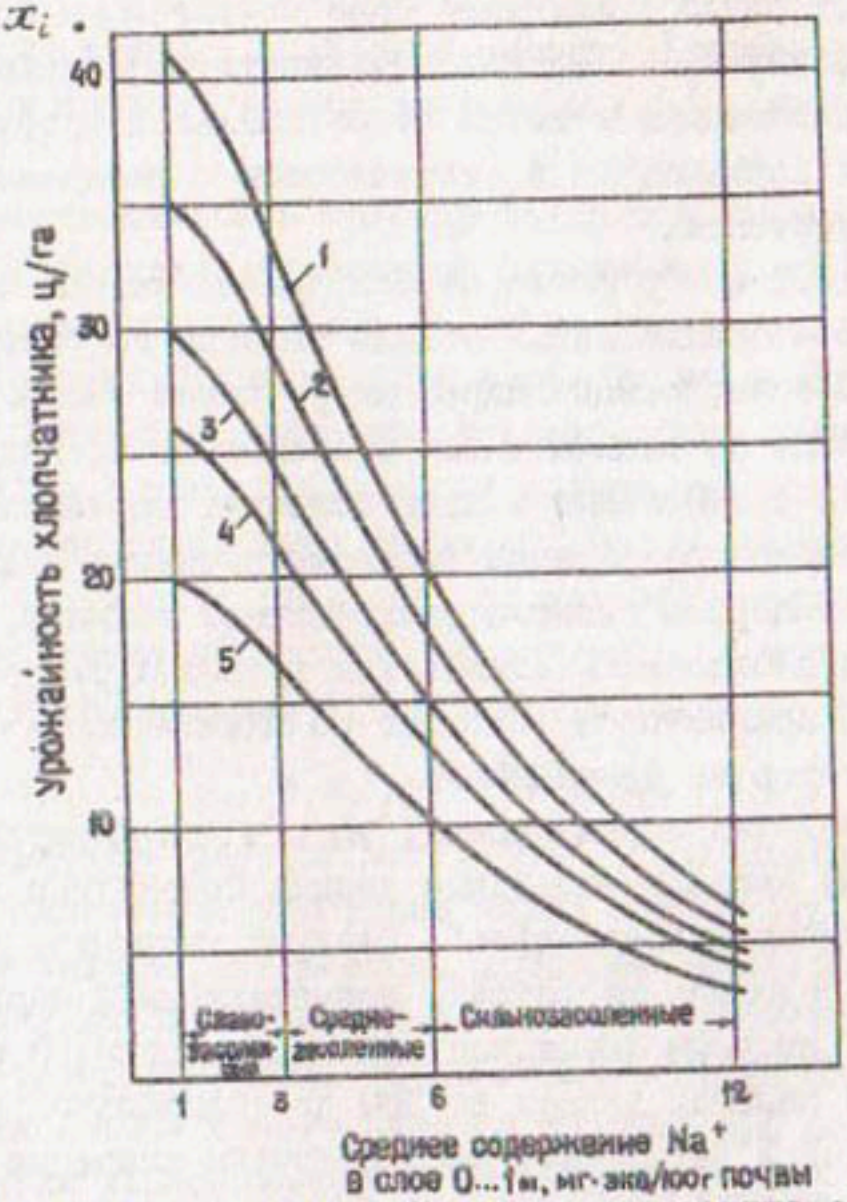


Рис.I. Зависимость урожайности хлопчатника от среднего содержания катиона натрия в слое 0...I м и вносимых доз минеральных удобрений (*NPK*): I- 640; 2- 520; 3- 440; 4- 390; 5- 320 кг/га

Для фактора x_1 знак производной найдем при условии, что содержание токсичных солей в активном слое почвы выражается через содержание катиона натрия. Пусть x_1 = 2 мг.экв на I00г почвы (слабое засоление), $\beta_1 = \gamma_1 = 0{,}215$, тогда $\beta_1 x_1^{-1} - \gamma_1 = 0{,}215 \cdot 2^{-1} - 0{,}215 < 0$, следовательно, $\partial f / \partial x_1 < 0$ и тем самым фактор x_1 и любые его сочетания с другими факторами не входят в экономическую область (см. выше). Полученный результат имеет вполне реальное объяснение. Фактор x_1, отражающий со-

держание токсичных солей в активном слое почвы, будучи включенным в производственную функцию, рассматривается в качестве ресурса. В то же время увеличение фактора x_1 ведет не к

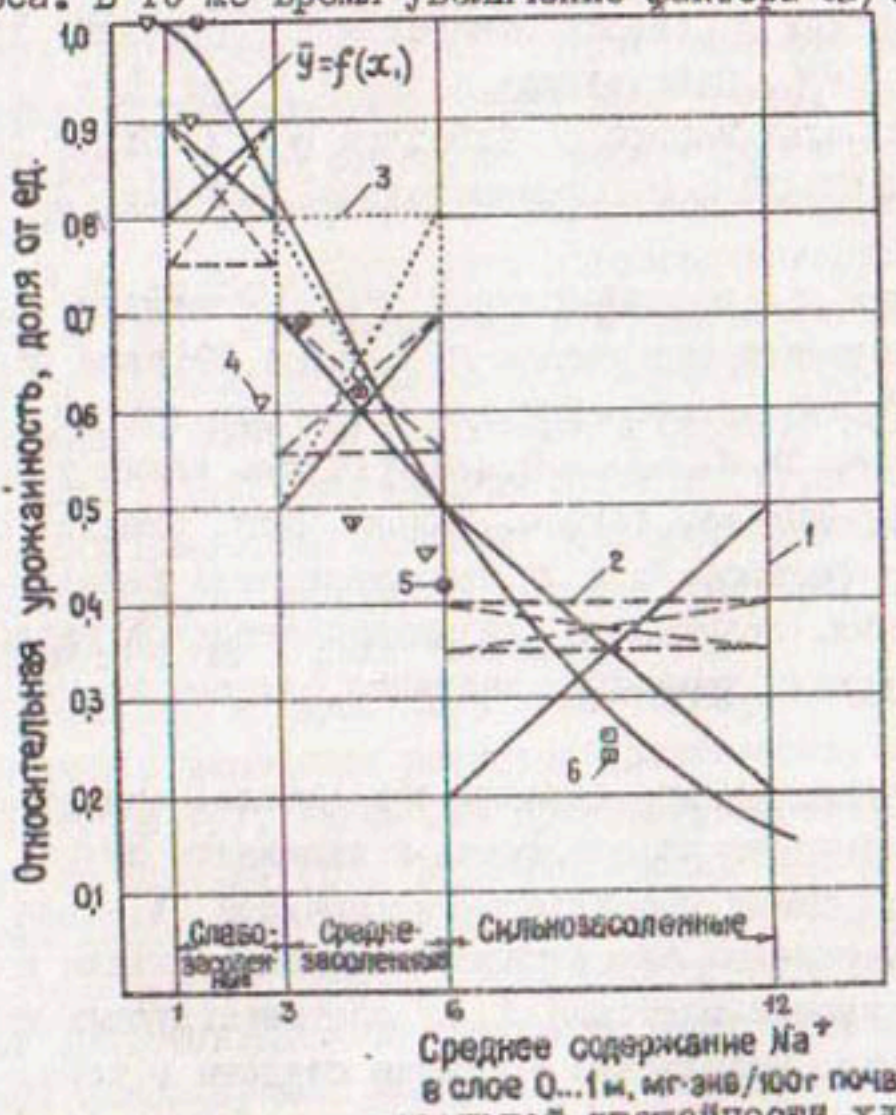


Рис.2. Зависимость относительной урожайности хлопчатника, полученная на основе производственной функции $[\bar{y}=1,24x_1^{0,215}exp(-0,215x_1)$, x_1 – среднее содержание катиона натрия в слое 0... 1м]: I – По В.А.Ковде (1961, табл.6, с.77); 2 – По А.Е.Нерозину (1974, с.20); 3 – По М.А.Панкову (1974, табл.42, с.147); 4 – По С.Н.Рыжову (1970, табл.3, с.29; 1979, табл.2, с.382); 5 – По А.Х.Наязбекову и Б.Сапарову (1975, табл.1, с.77); 6 – По Н.Пулатову (1981, с.16)

росту производства (урожайности), а к его снижению, что подтверждается всем имеющимся опытом возделывания сельскохозяйственных культур на засоленных землях. Отметим, что в точке $x_1 = 1$ $\partial f/\partial x_1=0$, вследствие чего граница экономической области находится на переходе от слабозасоленных к землям незасоленным. Следовательно, существо вопроса в данном случае заключается в том, что для оценки влияния фактора x_1 нельзя без определенных оговорок применять показатели, разработанные в рамках экономико-математического подхода. Поэтому фактор x_1 в силу его объективного характера вполне можно интерпретировать как "антиресурс" и с этой точки зрения

воспринимать те или иные показатели, служащие для анализа производственных функций.

Проверим далее выполнение условия (2) для факторов x_2 и x_3. Для фактора x_2 (норма минеральных удобрений) при x_2= = 320 кг/га (NPK, действующее начало) и при $\beta_2 = 2{,}122$, $\gamma_2 = 0{,}0025162$ знак первой производной $\partial f/\partial x_2$ будет равен $\beta_2 x_2^{-1} - \gamma_2 = 0{,}00412 > 0$. Следовательно, условие (2) выполняется.

Для фактора x_3 (водообеспеченность хлопчатника) при $x_3 = 0{,}9$ и значениях параметров $\beta_3 = \gamma_3 = 4{,}035$ знак первой производной $\partial f/\partial x_3$ устанавливается с помощью той же зависимости, а именно: $\beta_3 x_3^{-1} - \gamma_3 = 0{,}448 > 0$, тем самым условие (2), как и в предыдущем случае, выполняется. Следует отметить, что хотя факторы x_2 и x_3 принимали лишь некоторые частные значения, полученные результаты остаются верными для всего интервала изменения значений каждого из указанных факторов.

Перейдем далее к определению показателя, называемого эластичностью выпуска по отношению к изменению затрат i-го ресурса. С этой целью воспользуемся формулой (4). Для анализа тенденции изменения эластичности выпуска зададим не одно, а несколько значений факторов x_i из соответствующих интервалов их изменения. Результаты расчетов сведены в табл. I.

Таблица I

Результаты определения расчетных значений эластичности выпуска по отношению к изменению затрат i-го ресурса

№ п/п	x_1, мг.экв на 100 г	$\varepsilon_1(x)$, %	x_2, кг/га	$\varepsilon_2(x)$, %	x_3, доля от ед.	$\varepsilon_3(x)$, %
I	2	-0,215	320	I,384	0,75	I,009
2	5	-0,860	440	I,082	0,85	0,605
3	8	-I,505	640	0,579	0,95	0,202

Согласно данным табл.I по мере роста засоленности земель доля потерь урожайности возрастает при изменении содержания токсичных солей на I%. Следует подчеркнуть, что отмеченная тенденция действительно имеет место при возделывании

сельскохозяйственных культур на засоленных землях.

Для остальных двух факторов прослеживается характерная тенденция снижения темпов роста урожайности пропорционально увеличению затрат используемых ресурсов. Так, например, если оптимальная оросительная норма, соответствующая физиологической потребности хлопчатника, равна 6000 $м^3$/га, то при водообеспеченности 0,85 (оросительная норма 5100 $м^3$/га) увеличение водоподачи на 1% (51 $м^3$/га) будет сопровождаться ростом урожайности на 0,605%. Если же водообеспеченность достигнет 0,95 (5700 $м^3$/га), то увеличение водоподачи на 1% (57 $м^3$/га) вызовет рост урожайности всего лишь на 0,2% (см.табл.1).

Обращаясь в связи с изложенным к формуле (6), приходим к выводу, что вторая производная функции (I) положительна на интервалах изменения значений факторов x_2 и x_3 и отрицательна на интервале изменения значений фактора x_1, так как последний выступает в роли "антиресурса".

Представляет интерес дать количественную оценку возможности взаимного замещения ресурсов (разумеется, с учетом природы фактора x_1), когда для прогнозирования урожайности используется формула (I). Соответствующий показатель - так называемая предельная норма замещения j-го ресурса i-м ресурсом - находится с помощью зависимости (7). Этот показатель дает представление об отношении между малыми изменениями объемов используемых ресурсов при фиксированной урожайности, если значения факторов x_i и x_j заданы. Для иллюстрации сказанного следует обратиться к табл. 2...4, в которых приведены значения предельной нормы замещения для трех различных пар сочетания ресурсов. Упомянутые таблицы и пояснения к ним следует рассматривать в контексте с данными табл.1. Такое совместное рассмотрение позволяет заключить, что эффективность использования одних и тех же объемов водных ресурсов и норм минеральных удобрений снижается или, что то же самое, для обеспечения одинакового прироста урожая требуется привлечение все больших объемов затрачиваемых ресурсов.

Таблица 2

Предельная норма замещения $(\gamma_{z,1})$

x_2, кг/га / x_1, мг·экв/100 г	320	440	640
2	24,9(2,49)*	43,7(4,37)	II8,9(II,89)
5	39,8(3,98)	70,0(7,00)	I90,2(I9,02)
8	43,5(4,35)	76,5(7,65)	208,I(20,8I)

*В скобках приводится норма минеральных удобрений (кг/га), внесение которой компенсирует увеличение содержания катиона натрия в активном слое почвы на 0,I мг·экв/I00 г.

Таблица 3

Предельная норма замещения $(\gamma_{3,1})$

x_3, доля от ед. / x_1, мг·экв/100 г	0,75	0,85	0,95
2	0,080(48)*	0,I5I(9I)	0,506(303)
5	0,I28(77)	0,242(I45)	0,8I0(486)
8	0,I40(84)	0,264(I58)	0,886(532)

*В скобках приводится дополнительный объем водоподачи ($м^3$/га), которым компенсируется увеличение содержания катиона натрия в активном слое почвы на 0,I мг·экв/I00 г, при условии, что оптимальная оросительная норма равна 6000 $м^3$/га.

Таблица 4

Предельная норма замещения $(\gamma_{3,2})$

x_3, доля от ед. / x_2, кг/га	0,75	0,85	0,95
320	0,00322(I9)*	0,00607(36)	0,02024(I2I)
440	0,00I83(II)	0,00345(2I)	0,0II58(69)
640	0,00067(4)	0,00I27(8)	0,00426(26)

*В скобках приводится дополнительный объем водоподачи ($м^3$/га), компенсирующий уменьшение нормы минеральных удобрений на I кг/га, при условии, что оптимальная оросительная норма равна 6000 $м^3$/га.

Выполненный анализ дает основание рекомендовать формулу (I) для определения проектной урожайности. Но, кроме того, необходимо учитывать уровень почвенного плодородия тех земель, на которых ведется сельскохозяйственное производство.

Плодородие - объективное свойство почвы. В настоящее время под плодородием принято понимать способность почвы на основе ее физических, химических, физико-химических и биологических свойств служить культурным растениям средой обитания, источником и посредником в обеспечении их земными факторами жизни, а также создавать условия для индустриального ведения производства [7, с.61]. Для количественной оценки плодородия используются специальные показатели - баллы бонитета, дающие представление о сопоставимой продуктивности земель, обладающих разным почвенным плодородием. Балльные коэффициенты устанавливаются согласно единым шкалам бонитировки почв, разработанным в нашей стране для основных районов земледелия с учетом возделывания ведущих сельскохозяйственных культур [8]. Необходимо отметить, что для агроэкономической оценки земельного фонда в бассейне Аральского моря получила распространение специализированная методика института "Средазгипроводхлопок" [9].

Почвенное плодородие, с одной стороны, предопределяет урожайность, а с другой - характеризует уровень интенсивности земледелия, так как функционально зависит от факторов, которые ранее уже упоминались (водоподача, питательные элементы, засоленность, затраты труда в расчете на I га и др.). Именно в таком аспекте рассматривался принцип первичности плодородия как условия формирования урожая при обсуждении методологических основ воспроизводства почвенного плодородия в интенсивном земледелии [7].

В связи с изложенным плодородие нельзя включать в качестве фактора в формулу (I). Вместе с тем было бы неверным отказываться от количественного учета почвенного плодородия при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому в настоящее время определение урожайности в рамках эмпирико-статистического подхода ведется с использованием баллов бонитета.

Таким образом, для практических расчетов может быть рекомендована следующая формула:

$$y_{jt} = b_t \alpha \prod_{i=1}^{j} x_i^{\beta_i}(t) \exp(-\gamma_i x_i(t)), \qquad (9)$$

где b_t – балл бонитета почвы в t-й год ирригационно-хозяйственного освоения земель; остальные обозначения указаны выше.

Запись члена b_t в формуле (7) отражает тот факт, что почвенное плодородие меняется со временем и зависит от уровня интенсивности земледелия согласно принципу развития плодородия, возможности его воспроизводства и программированного управления им [7].

При агроэкономической оценке земельного фонда мелиорируемой территории принято различать [10, с.94-96]:

- природное плодородие почв к началу осуществления мелиораций;

- эффективное (или экономическое) плодородие почв, которое обусловлено существующим уровнем интенсивности земледелия и, следовательно, характеризует действенность мелиораций;

- потенциальное плодородие почв, которое может быть достигнуто на данном уровне развития производительных сил общества при условии применения в сельскохозяйственном производстве наиболее прогрессивных технологий, сортов культурных растений, агротехнических приемов и поддержания устойчиво благоприятного мелиоративного состояния земель.

При агроэкономической оценке земельного фонда выделяется эффективное плодородие почв, которое достигается к концу периода ирригационно-хозяйственного освоения земель после осуществленного комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий.

С учетом сказанного при выборе зависимости для определения b_t представляется обоснованным исходить из следующих положений:

- почвы, обладающие повышенным природным плодородием и относительно легко поддающиеся окультуриванию, к концу ирригационно-хозяйственного освоения земель ($t = t_p$) достигают эффективного плодородия, которое характеризуется баллом бонитета, равным единице;

– при той же интенсивности земледелия почвы, обладающие пониженным плодородием и требующие значительных усилий при их окультуривании, к концу ирригационно-хозяйственного освоения земель ($t = t_р$) достигают эффективного плодородия, отвечающего баллу бонитета $в_t < 1$;

– в длительной перспективе почвы пониженного плодородия даже при существующей интенсивности земледелия могут достигнуть

$$в_t = 1 \ (t = t_о > t_р);$$

– при росте интенсивности земледелия сроки достижения значений $в_t = 1$ для почв пониженного плодородия сокращаются, но при прочих равных условиях остаются всегда большими по сравнению со сроками, которые характерны для почв более высокого плодородия.

В свете изложенного оценку изменения баллов бонитета по годам ирригационно-хозяйственного освоения и на более отдаленную перспективу предлагается вести с помощью следующей зависимости, структура которой принята по аналогии с формулой (I):

$$в_t = a t^m \exp(-nt), \quad 1 \leqslant t \leqslant t_о, \qquad (10)$$

где a, m и n – параметры, которые зависят от значений баллов бонитета, отнесенных к началу ($t = 1, в_t = в_н$) и концу ($t = t_р, в_t = в_э$) периода ирригационно-хозяйственного освоения.

Для почв пониженного плодородия, когда балл бонитета достигает значения $в_э = 1$ за время $t = t_о > t_р$, соответствующие параметры в формуле (10) могут быть найдены подбором с помощью следующей системы уравнений:

$$m = \frac{\ell n (в_э / в_н)}{\ell n\, t_р - (t_р - 1)/t_о}, \quad a = в_н \exp(m/t_о), \qquad (11)$$

$$t_о = \left(\frac{1}{a} \exp m\right)^{1/m}, \quad n = m/t_о.$$

Если почвы обладают повышенным плодородием и на момент времени $t = t_р$ значение балла бонитета равно $в_t = в_э = 1$, то уравнение (11) упрощается:

$$m = \frac{\ell n\, в_н}{\ell n\, t_р - 1 + 1/t_р}, \quad a = в_н \exp(m/t_р), \quad n = m/t_р. \qquad (12)$$

Ниже приводится пример, показывающий некоторые особенности расчетов по формулам (10)...(12). В качестве исходных

данных для I-го однородного контура, в который включены высокоплодородные земли, были приняты t = I год, $\beta_н$ = 0,8 и $t_р$ = 5 лет, $\beta_э$ = I. Для 2-го однородного контура, в границах которого были объединены земли пониженного плодородия, на те же сроки значения баллов бонитета составили $\beta_н$ = 0,3 и $\beta_э$ = 0,8.

Для I-го однородного контура в результате вычислений по формулам (I2) были найдены значения параметров, входящих в формулу (I0): m = 0,2758, a = 0,8453, n = 0,055I. Для 2-го однородного контура по формулам (II) сначала подбором было найдено значение $t_о$ = I2 лет, а затем m = 0,7686, a = 0,3I98, n = 0,064I. Результаты расчетов по формуле (I0), полученные для каждого однородного контура при известных значениях параметров m, a, n, в графической форме представлены на рис.3. Характер кривых на этом рисунке хорошо согласуется с опытными данными, полученными при освоении земель Голодной степи (хлопчатник) и обобщенными в работе [II, с. I08, I09].

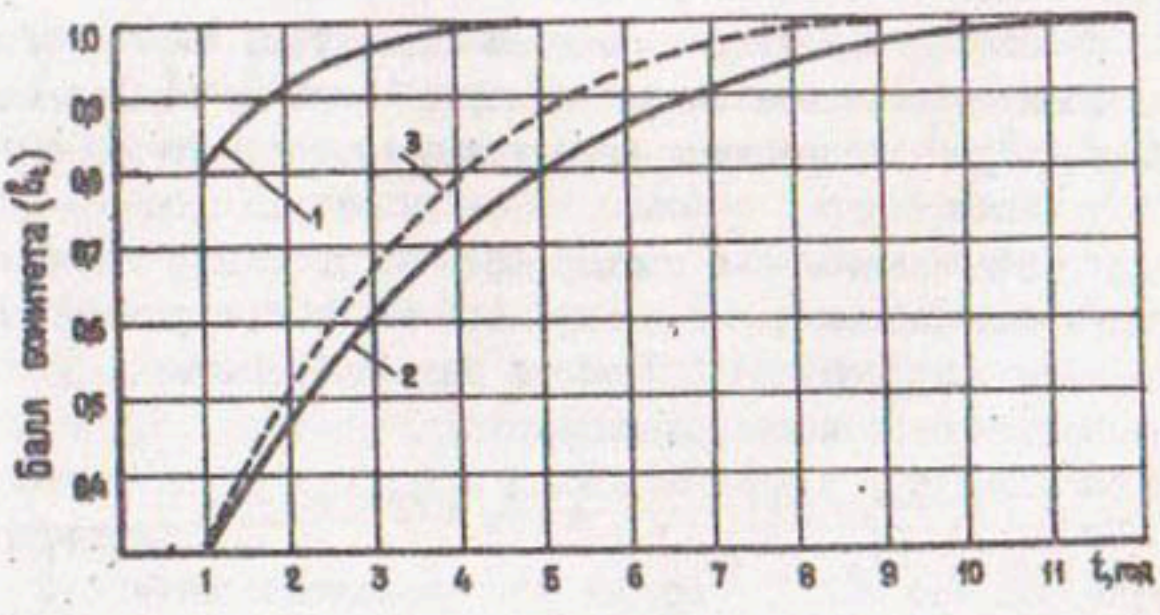


Рис.3. Расчетные кривые роста баллов бонитета для почв, обладающих разным уровнем плодородия: I - земли повышенного почвенного плодородия ($\beta_н$ =0,8; $t_р$ =5 лет); 2 - земли пониженного почвенного плодородия ($\beta_н$ =0,3; $t_о$ = I2 лет); 3 - то же, при увеличении NPK с 320 до 520 кг/га (действующее начало)

Кривые роста баллов бонитета на рис.3 построены в предположении, что интенсивность земледелия соответствует современному уровню [12]. Если условиться ставить нормы минеральных удобрений в соответствии уровню интенсивности земледелия, то в среднем по зоне хлопководства норма удобрений в пересчете на действующее начало составит 320 кг/га (NPK). С ростом нормы удобрений сроки выхода на значения $\beta_э = 1$ особенно ощутимо будут сокращаться для земель пониженного плодородия. С целью иллюстрации сказанного на рис.3 построена кривая 3, отвечающая случаю, когда норма минеральных удобрений с 320 кг/га возросла до 520 кг/га. При этом в качестве рабочей гипотезы было принято, что сроки выхода на значения $\beta_э = 1$ ($t_o^{(520)} < t_o^{(320)}$) изменяются обратно пропорционально установленной экспериментально зависимости урожая хлопка-сырца от доз азотных удобрений [12, с.42].

Если же отказаться от перенесения сроков t_o в связи с внесением повышенных норм минеральных удобрений, то в определение урожайности с использованием зависимостей (1) и (10) вносится некоторый "запас", оцениваемый согласно выполненным расчетам в размере 10...15%, что, в частности, следует из рис.3 (сравните кривые 2 и 3).

Следовательно, полученные выше зависимости вполне могут быть рекомендованы для определения эффективности капитальных вложений в мелиорацию земель в зоне хлопкосеяния.

Использованная литература

1. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 320с.

2. Галямин Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981.– 272с.

3. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 167с.

4. Терехов Л.Л. Производственные функции.– М.: Статистика, 1974. – 128 с.

5. Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моде-

лирование. (Под ред. Н.Н.Моисеева) - М.: Наука, 1984. - 392с.

6. Воропаев Г.В., Исмайылов Г.Х., Федоров В.М. Исследование и оценка эффективности функционирования крупных водохозяйственных систем. - Водные ресурсы, 1983, № 2, с.3-31.

7. Каштанов А.Н., Лыков А.М., Кауричев Н.С. Плодородие почвы в интенсивном земледелии: теоретические и методологические аспекты. - Вестн. с.-х. науки, 1983, № 2, с.60-68.

8. Карманов И.И. Комплексная агрономическая характеристика почв для более эффективного использования почвенных ресурсов. - Вестн. с.-х. науки, 1981, № 5, с.16-24.

9. Решетов Г.Г., Шредер В.Р. Бонитировка почв аридной зоны для целей орошения. - Почвоведение, 1977, № 3, с.103-107.

10. Плюснин И.И., Голованов А.И. Мелиоративное почвоведение. - М.: Колос, 1983. - 318с.

11. Духовный В.А. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. Формирование, развитие. - М.: Колос, 1984. - 255с.

12. Разыков К.М. и др. Современное состояние плодородия почв и основные направления исследований в зоне орошаемого хлопководства. - Вестн. с.-х. науки, 1980, № 2, с.37-45.

УДК 626.84:621.643.2

Н.Г.Лучинин, нач.отд.
В.В.Райх, гл.спец.
Б.А.Тресков, руковод.группы
(Средазгипроводхлопок)

ВОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА ПРИ БОЛЬШИХ УКЛОНАХ И СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ

Строительство закрытых оросительных систем создает предпосылки значительного расширения орошаемых земель в южных зонах за счет освоения предгорий с преобладающими уклонами до 0,2. Существующий опыт орошения в таких условиях традиционным бороздковым способом полива выявляет весьма низкие показатели. Коэффициент использования воды (КИВ) на поливе не превышает 30...35%, производительность труда по-

ливальщика - 0,3...0,5 га/сут. Почвенный покров подвержен ирригационной эрозии. Коэффициент земельного использования (КЗИ) составляет 0,9...0,92. Доля ручного труда на поливе достигает 70...80%, а в отдельных случаях и 100%.

Практика поливов и расчеты оптимальных сочетаний элементов техники полива показывают, что в подобных условиях наилучших показателей добиваются при малой длине борозд (50 ...100 м), небольших расходах в борозду (0,02...0,1 л/с) и междурядьях 0,3...0,6 м. Однако и в этом случае КПД полива не превышает 0,6...0,7. Основная доля потерь (до 95%) приходится на поверхностный сброс из-за того, что время добегания струй до конца борозд мало по сравнению со временем доувлажнения, необходимым для внесения поливной нормы, а для создания оптимальных условий впитывания по всей длине борозды приходится подавать в нее постоянный расход, несмотря на образовавшийся поверхностный сброс.

Такие элементы техники полива не отвечают современным требованиям к размерам поливных делянок, предъявляемым сельскохозяйственной техникой, а поверхностный сброс не только снижает КПД полива, но и вызывает дополнительные затраты на его сбор и организацию.

Оптимальные элементы техники полива и требования послеполивной обработки могут быть увязаны с помощью специальных технологической схемы и технологии полива.

Отделом техники орошения института "Средазгипроводхлопок" для условий сложного рельефа местности и больших уклонов были разработаны технологические схемы, водосберегающая технология многоярусного полива и поливной инвентарь, позволяющие достигнуть КПД полива 0,86...0,94, длины гона сельскохозяйственной техники 200...400 м, КЗИ - 0,97... 0,98, производительности труда на поливе до 1,5...2,5 га/сут на одного поливальщика. Впервые они были использованы в проекте орошения массива земель междуречья Кугарт-Карауигур в Ошской области Киргизской ССР.

Суть их заключается в следующем. На всю длину склона нарезаются сквозные борозды. При продольной схеме полива они параллельны закрытому оросителю (рис.1), на котором установлены гидранты на расстояниях оптимальной длины поливной

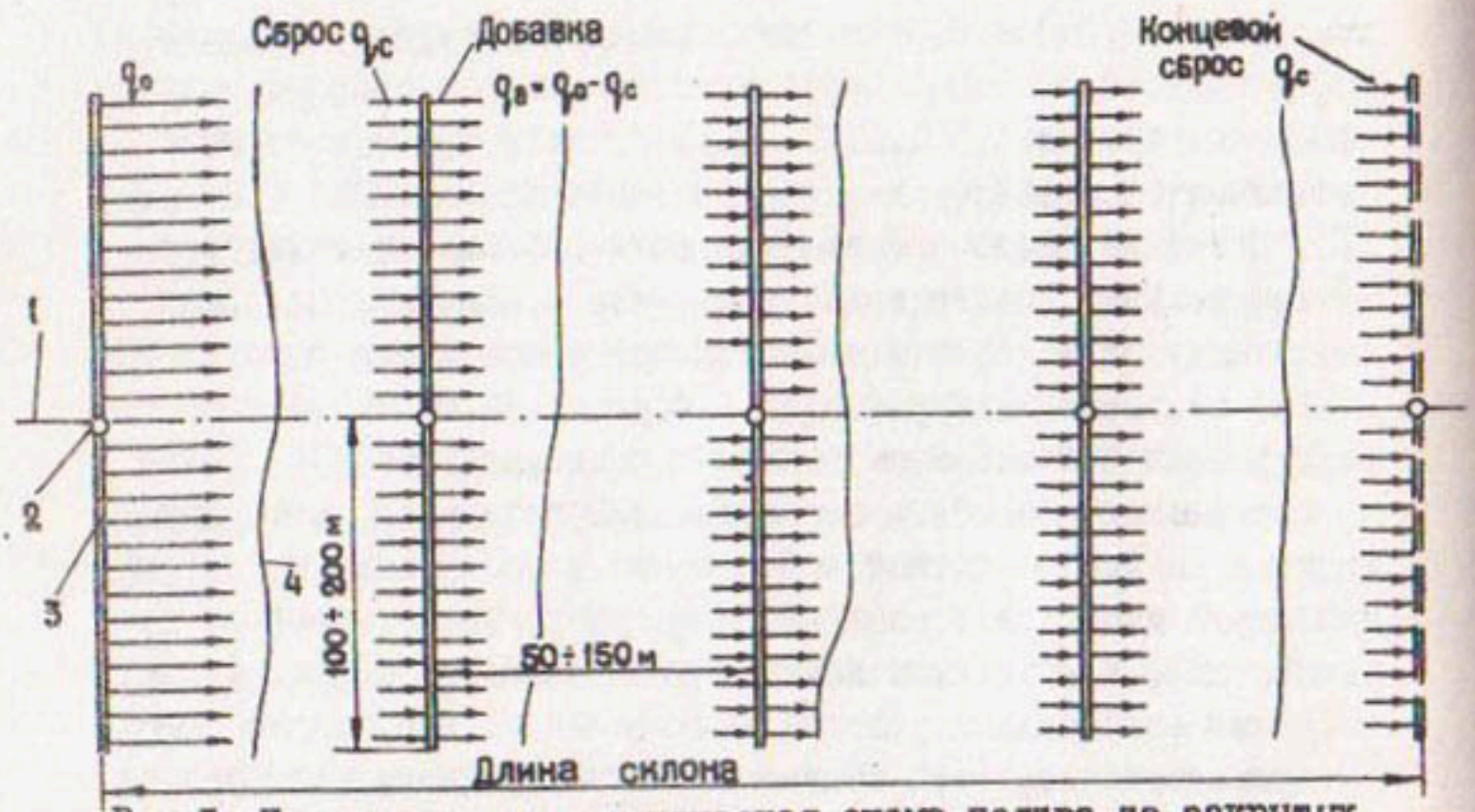


Рис.I. Продольная технологическая схема полива из закрытых оросителей при уклонах 0,005...0,15 и однообразном рельефе: I - закрытый ороситель; 2 - гидрант; 3 - поливной трубопровод; 4 - горизонталь

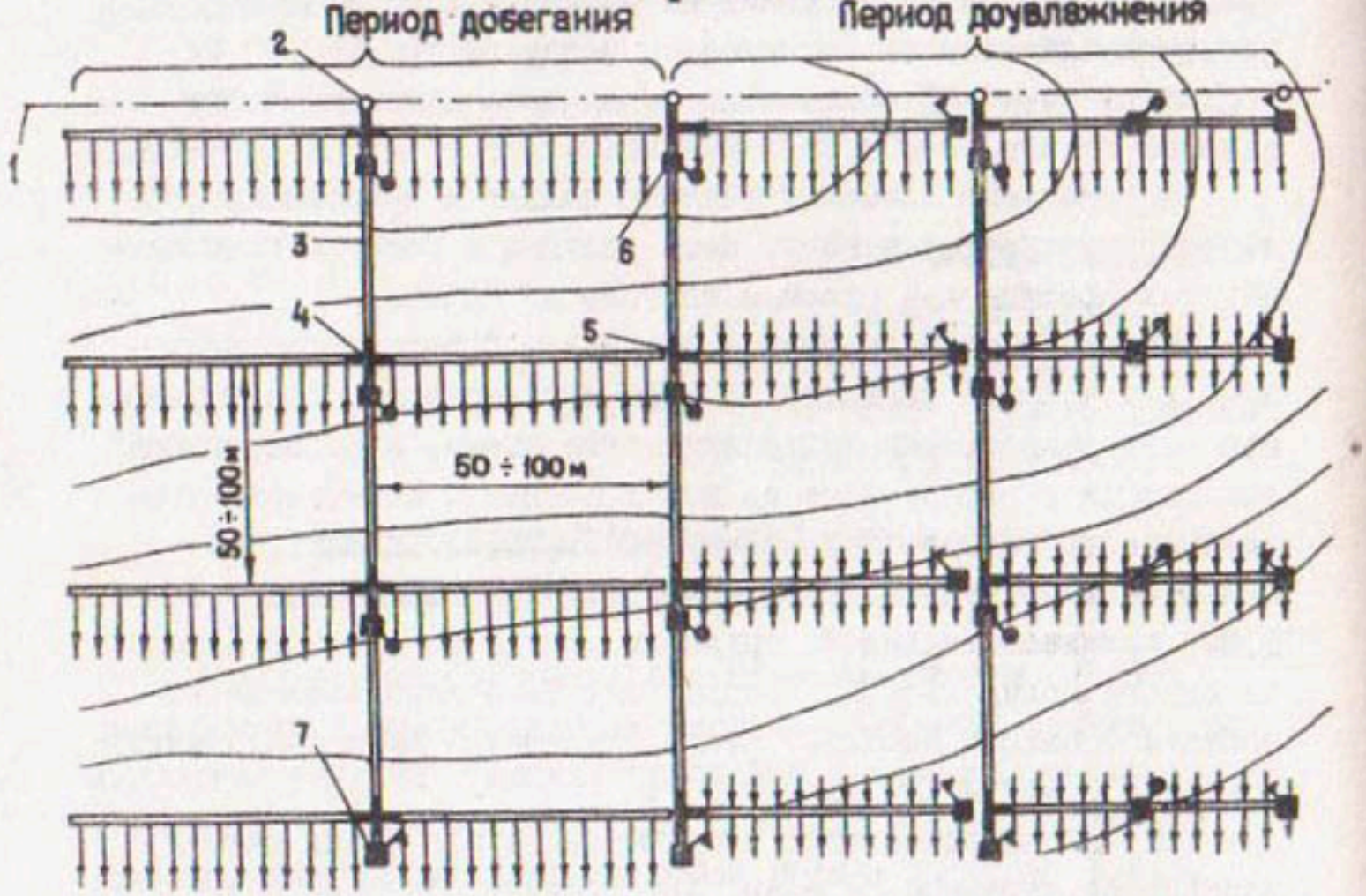


Рис.2. Поперечная технологическая схема полива из закрытых оросителей при уклонах 0,05...0,2 и пересеченном рельефе: I - закрытый ороситель; 2 - гидрант; 3 - поливной трубопровод; 4 - крестовина; 5 - тройник; 6 - стабилизатор напора; 7 - ограничитель напора

борозды (80...120 м при уклонах 0,15...0,05). Поперек борозд раскладываются гибкие поливные трубопроводы диаметром 120...160 мм, имеющие регулируемые водовыпуски в каждую борозду. Трубопроводы подключаются ко всем гидрантам закрытого оросителя. Таким образом, они делят борозду на ряд равных поливных отрезков оптимальной длины, а поливные делянки располагаются ярусами.

При поперечной схеме поливные борозды перпендикулярны закрытому оросителю (рис.2). В этом случае вдоль борозд укладывается транспортирующий трубопровод диаметром 120...160 мм, к которому через специальные тройники и крестовины подключаются поливные трубопроводы диаметром 80...120 мм на расстоянии оптимальной длины отрезка борозды. Поливные делянки, как и в первом варианте, располагаются ярусами.

Технология полива для продольной и поперечной схемы одинакова. Одновременно из всех поливных трубопроводов данного закрытого оросителя или транспортирующего трубопровода в борозды подается рекомендованный бороздковый расход (q_o) до момента добегания струй до конца поливных отрезков и возникновения поверхностного сброса. После образования перетока сбросного расхода с вышележащего отрезка борозды на нижележащий бороздковые расходы на самом верхнем ярусе полива оставляют неизменными, а на всех нижележащих ярусах уменьшают с помощью регулируемых водовыпусков на величину, приблизительно равную образовавшемуся сбросу. При этом суммарный сброс в конце склона получается минимальным.

Такая технология позволяет обойтись на всех промежуточных ярусах полива весьма грубой и малотрудоемкой регулировкой бороздковых расходов, так как ошибка в подаче расхода в верхнем ярусе может быть исправлена при регулировке следующего. Свести к минимуму сбросной расход можно на последнем ярусе полива за счет более тщательного подбора расхода каждой из борозд в зависимости от величины сброса, поступающего в нее сверху.

Таким образом, на всех ярусах полив производится практически не меняющейся во времени струей, а сбросной расход с верхнего яруса, не увеличиваясь, проходит через все ярусы и в конце склона поступает в водосборную сеть. Очевидно,

чем больше ярусов, тем более высокого КПД полива можно достичь. КПД полива по предлагаемой технологии вычисляется из формулы

$$\eta_0 = \frac{n\,\eta}{\eta\,(n-1)+1},$$

где η – КПД полива на одном поливном отрезке борозды;

n – количество ярусов полива на склоне.

Практически регулировка расходов на поливном участке производится двумя поливальщиками. На промежуточных ярусах каждый поливальщик регулирует водовыпуски одного поливного трубопровода: проходя вдоль него и ориентируясь на поступающий сверху сбросной расход, устанавливает подачу из гибкого трубопровода таким образом, что сумма сбросного расхода и добавки из трубопровода становится приблизительно равна рекомендованному расходу в борозду. На последнем ярусе они действуют совместно – один регулирует водовыпуски, другой наблюдает за сбросными расходами в конце склона и сообщает первому, как надо изменить расход очередной борозды.

Полевыми наблюдениями установлено, что регулировка водовыпусков на трубопроводе длиной 200 м занимает у одного поливальщика около 40 мин. При шести ярусах полива на регулировку требуется два часа работы двух поливальщиков.

По окончании полива гибкие поливные трубопроводы снимаются и переносятся на другой участок. Послеполивную обработку можно проводить на всю длину склона.

При использовании на сложном рельефе местности особые требования предъявляются к прочности гибких поливных трубопроводов из мелиоративной ткани. Они должны выдерживать напоры от 3 до 5 м. Для предохранения их от избыточного давления и поддержания напоров по длине постоянными применяются ограничители и стабилизаторы напора, конструкция которых предложена отделом техники орошения института "Средазгипроводхлопок" и прошла лабораторные испытания. Длина поливного трубопровода в зависимости от условий местности может достигать 200 м. Он составляется из отрезков длиной 50 м каждый, соединенных с помощью колец ГСКБ по ирригации. Трубопроводы оснащаются простейшими регулируемыми водовыпусками в борозды на расход 0,05...0,1 л/с.

Опыт показал, что гибкие поливные трубопроводы малых диаметров при напоре в них от 0,3 м и более не перекрывают

русла борозд и свободно пропускают под собой сбросной расход. Было установлено, что для трубопровода необходимо устраивать в бровках борозд выемки по трассе его укладки примерно на половину глубины борозды. Такая трасса сохраняется в течение всего поливного периода и предохраняет трубопровод от скатывания по склону.

Технология многоярусного полива уже при выпускаемом в настоящее время поливном оборудовании способна не только реально экономить оросительную воду, но и предохранить склоны от эрозии почвы, облегчить и сделать более престижным труд поливальщика.

УДК 626.84:633.5II:626.8I/.84:00I.2

В.В.Райх, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО МЕТОДА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА

Опыт многолетних исследований техники полива на водохозяйственных объектах в Голодной и Каршинской степях был обобщен Средазгипроводхлопком и в I975 г. Г.Н.Павловым и Д.Ф.Солоденниковым создан оригинальный метод расчета элементов бороздкового полива.

Метод включает: способ получения и обработки исходных данных, аналитические расчетные зависимости, программу решения на ЭВМ "М-222" прямой задачи полива и рекомендации по выбору оптимального сочетания элементов техники полива для данных природных условий.

При расчете процесса полива по борозде использовались исходные параметры, характеризующие борозду и впитывание.

Параметры, определяющие борозду: i - уклон; n - коэффициент шероховатости; b_0 - ширина борозды по дну, м; m_0 - заложение откоса борозды; a - ширина междурядья, м; $\mathcal{L}$ - длина борозды, м; q - расход борозды, $м^3/ч$.

Коэффициент шероховатости был принят равным 0,04, а форма поперечного сечения борозды считалась трапецеидальной (b_0 = 0,05 м; m_0 = I,0).

Параметры, которые характеризуют впитывание: $K_б$ - коэф-

фициент влагопроводности, м/ч; β - показатель изменчивости впитывания во времени, $ч^{1/2}$.

Использовались два способа получения параметров впитывания: обработка данных по впитыванию на опытной площадке и расчет по формулам С.Ф.Аверьянова [1]. Расчетные зависимости содержат некоторые величины, характеризующие водно-физические свойства почвы. Оба способа основываются на результатах почвенно-мелиоративных изысканий.

Зависимость объема воды, впитавшейся на опытной площадке, от времени аппроксимировалась формулой С.Ф.Аверьянова

$$W = K_\beta (\tau + 2\beta\sqrt{\tau}). \qquad (I)$$

Для вычисления K_β и β применялись не все данные наблюдений, а лишь характеризующие только некоторые точки зависимости $W = f(\tau)$. Как правило, в качестве таких точек брались объемы при τ_1 =1ч и τ_2 =3ч.

Что касается значений величин, по которым можно судить о водно-физических свойствах почвы: коэффициент фильтрации, влажность, порозность, высота капиллярного поднятия, - все они практически определимы лишь для конкретного почвенного разреза. Для борозды, а тем более для большого количества борозд на мелиоративной единице площади достоверные показатели почвенных характеристик могут быть вычислены лишь при использовании методов статистического анализа, в то время как применение, например, регрессивного анализа ограничивается недостатком экспериментального материала статистических наблюдений.

Стремление к быстрейшему получению результата вынуждает упрощать установленные физические зависимости впитывания. Аналитические расчетные зависимости, отображающие процесс полива по борозде, были найдены путем совместного решения уравнений С.Ф.Аверьянова и А.Н.Костякова, которые имеют наиболее простой вид. Время добегания поливной струи до конца борозды определялось по формуле А.Н.Костякова [2], причем в качестве функции впитывания использовалась зависимость С.Ф.Аверьянова:

$$T_к = \left(\frac{\Sigma \chi N K_\beta (1 + 2\beta)}{q} \right)^2, ч \qquad (2)$$

где χ - смоченный периметр борозды, м; N - коэффициент, учитывающий накопление воды в борозде. Его устанавливали из

балансового уравнения объема воды в борозде в момент добегания.

Указанные зависимости составили основу математической модели процесса полива по борозде, которая первоначально была реализована в виде программы расчета на ЭВМ "М-222". Один вариант полива, т.е. какое-либо сочетание длины и расхода борозды, рассчитывался примерно за три минуты.

Оптимальный вариант выбирался на основании следующих положений:

- КПД полива должен быть не меньше 0,7;
- время полива не должно превышать трех суток;
- расход в борозду не должен быть больше допускаемого по условию неразмываемости;
- длина борозды не должна превышать 400 м;
- принятое сочетание элементов техники полива должно обеспечивать плановую производительность труда на поливе и послеполивной обработке почвы, удовлетворять условию кратности относительно планового положения и расчетного расхода оросителя и поливного устройства.

В дальнейшем программа без каких-либо изменений была переписана для ЭВМ "ЕС-1033". Возможности ЭВМ позволили просчитывать за десять минут 340 вариантов полива, т.е. рассматриваются практически все возможные сочетания длин и расходов борозды.

Сопоставление расчетных и фактических, замеряемых в поле значений элементов техники полива выявило наличие значительных расхождений, в высшей степени проявляющихся при больших уклонах и сильнопроницаемых грунтах. Самое высокое различие обнаружилось в значениях времени добегания. Стало очевидным, что в методе расчета имеются серьезные недостатки.

В настоящее время установлены некоторые причины неудовлетворительных результатов расчета. Это прежде всего некорректность способа получения и обработки исходных данных, чрезмерная упрощенность гидравлических расчетов и наличие допущений в расчетных зависимостях.

Совершенствование способа обработки исходных данных заключалось в использовании метода наименьших квадратов /3/,

который применительно к зависимости (I) реализуется следующим образом:

$$K_B = \frac{C_1 C_5 - C_3 C_4}{C_2 C_5 - C_3 C_3}, \quad (3)$$

$$B = \frac{C_2 C_4 - C_1 C_3}{2(C_1 C_5 - C_3 C_4)}, \quad (4)$$

где $C_1 = \sum_{i=1}^{n} W_i T_i$; $C_2 = \sum_{i=1}^{n} T_i^2$; $C_3 = \sum_{i=1}^{n} T_i^{3/2}$;

$C_4 = \sum_{i=1}^{n} T_i^{1/2}$; $C_5 = \sum_{i=1}^{n} T_i$ (n - число наблюдений в опыте; W_i - слой воды, впитавшейся на момент времени T_i, м).

Были внесены значительные изменения в гидравлический расчет борозды. Вместо "жесткой" трапецеидальной формы поперечного сечения борозды предложено параболическое сечение с переменным значением параметра параболы. Коэффициент шероховатости также принят переменным, и, соответственно, меняется значение показателя степени у гидравлического радиуса в формуле Н.Н.Павловского для определения коэффициента Шези.

Величина гидравлического радиуса при бороздковом поливе изменяется в пределах 0,005...0,05 м. В этом диапазоне нами установлены зависимости изменения коэффициента шероховатости, параметра параболы и показателя степени у гидравлического радиуса от величины модуля расхода борозды:

$$n = -0,2K + 0,045, \quad (5)$$

$$p = 1,67K + 0,05, \quad (6)$$

$$y = -1,4K + 0,39, \quad (7)$$

где: p - параметр параболы $x^2 = 2ph$; (8)

x - горизонтальная координата, м; h - глубина наполнения борозды, или вертикальная координата, м; y - показатель степени в формуле $C = \frac{1}{n} R^y$, (9)

C - коэффициент Шези, $м^{1/2}/с$; R - гидравлический радиус, м; K - модуль расхода, $м^3/с$:

$$K = \frac{q}{\sqrt{i}}, \quad (10)$$

q - расход борозды, $м^3/с$; i - уклон борозды.

После внесения указанных изменений в гидравлический расчет борозды получаемые расчетные значения площади живого сечения ширины уреза воды и другие элементы борозды стали

соответствовать данным многочисленных полевых опытов, представленным в виде полуэмпирических формул [4...8].

В качестве критерия правильности результатов расчетов, полученных на математической модели процесса полива по борозде, использовались табличные значения элементов техники полива, предлагаемые Н.Т.Лактаевым [9].

Модель полива дополнена способом решения обратной задачи, позволяющим установить параметры впитывания по фактическим, измеренным в поле элементам конкретного полива. Это, в свою очередь, дает возможность выявить корелляционную связь между значениями указанных параметров, полученных на опытной площадке и вычисленных при решении обратной задачи.

Выполненное совершенствование существующего метода расчета элементов техники полива позволило получать достоверные, не расходящиеся с фактическими расчетные значения времени добегания, общего времени полива, величин поверхностного и глубинного сброса. Стало возможным использование усовершенствованной программы для обоснования типовых элементов стандартных технологических схем полива. Эти схемы, основанные на принципах водосбережения, высокой производительности труда и применения современных поливных устройств, могут эффективно использоваться в практике проектирования мелиоративных систем.

Использованная литература

I. Аверьянов С.Ф. О водопроницаемости почвогрунтов при неполном их насыщении. - Инженерный сборник Института механики АН СССР, т.УП. - М.- Л.: Изд-во АН СССР, I950, с.II-25.

2. Костяков А.Н. Основы мелиораций. - М.: Сельхозгиз, I938, с.83-84.

3. Райх В.В., Филатов Л.М. Способы получения и обработки исходных данных для расчета элементов техники полива. - Мелиорация и водное хозяйство. Экспресс-информация. Серия 9. Изыскания и проектирование гидромелиоративных систем, вып.5.- М., I985, с.5-7.

4. Методические указания по расчету техники полива (для хлопковой зоны). - Ташкент, I963, с.6 Ин-т Средазги-

проводхлопок).

5. Лактаев Н.Т. Проект методических указаний для проведения полевых опытов по изучению техники бороздкового полива, камеральной обработке результатов и обоснование этих указаний. - Ташкент: "Наука" УзССР, I965 , с.3I.

6. Ляпин А.Н., Челюканов М.Д. Изучение техники полива по бороздам (методические указания). - Ташкент: УзИНТИ, I965, с.7-9.

7. Носенко В.Ф. Особенности и пути улучшения техники бороздкового полива пропашных культур в предгорьях Казахстана. - М.: ВНИИГиМ, I962, с.I2.

8. Данильченко Н.В., Гаврилов М.Б. Особенности техники поверхностных поливов на песчаных почвах пустынь Южного Казахстана. - Науч.тр. КазНИИ водного хозяйства, т.У.- Алма-Ата: Кайнар, I970, с.86-87.

9. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос, I978, с.32.

УДК 626.84:633.5II:626.8I/.84:00I.2

В.В.Райх, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПОЛИВА

Метод расчета элементов бороздкового полива, используемый Средазгипроводхлопком в практике проектирования мелиоративных систем, включает математическую модель процесса полива по борозде. Основой ее является зависимость скорости впитывания воды почвой от времени, полученная С.Ф.Аверьяновым:

$$V_t = K_в \left(1 + \frac{B}{\sqrt{t}}\right), \qquad (I)$$

где V_t - скорость впитывания, т.е. расход воды, впитывающейся единицей площади в момент времени t после начала впитывания, м/ч; $K_в$ - коэффициент влагопроводности, м/ч; B - параметр, характеризующий изменчивость впитывания во времени, $ч^{I/2}$.

В математическую модель полива по борозде необходимо

ввести время добегания длины X как один из элементов при расчете бороздкового полива. Оно рассчитывается по функциональной зависимости А.Н.Костякова:

$$t_x = \left(\frac{\chi N K_0 X}{q}\right)^{1/\alpha}, \qquad (2)$$

где t_x - время добегания длины X, ч; χ - смоченный периметр борозды, м; N - коэффициент, учитывающий накопление воды в борозде; $K_0 = \frac{K_1}{1-\alpha}$ - скорость впитывания, средняя за первую единицу времени, м/ч; K_1 и α - параметры в формуле А.Н.Костякова

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}, \qquad (3)$$

где K_t - скорость впитывания в момент времени t после начала впитывания, м/ч.

В существующей математической модели использовалась зависимость (2), при этом было принято, что $\alpha = 0{,}5$, а $K_0 = K_6(1+28)$. Расчетные значения времени добегания, определенные по такой зависимости, значительно расходились с фактическими, замеряемыми в поле величинами, особенно в условиях больших уклонов и сильнопроницаемых грунтов. В силу чего возникла необходимость в изменении зависимости для времени добегания.

В настоящей работе приводятся основные положения по выводу другой зависимости для времени добегания.

Скорость и расход воды в борозде определены по формулам равномерного движения:

$$V = 3600\, C\sqrt{RI}, \qquad (4)$$

$$q = \omega V, \qquad (5)$$

где V - скорость течения воды в голове борозды, м/ч;

$$C = \frac{1}{n}R^y = \frac{1}{n}\sqrt{R}\; R^{y-0.5}, \; м^{1/2}/с \qquad (6)$$

R - гидравлический радиус, м; n - коэффициент шероховатости; q - расход борозды, $м^3/ч$; ω - площадь живого сечения борозды, $м^2$.

Для упрощения вводим

$$M = \frac{3600}{n} R^{y-0.5} I^{0.5}, \; м^{1/2}/ч. \qquad (7)$$

Тогда $V = MR$, м/ч.

Представим гидравлический радиус как функцию глубины:

$$R = \xi h. \qquad (8)$$

Тогда (7) примет вид $V = M\xi h$, (9)

$$\omega = \chi R = \chi \xi h \qquad (10)$$

и $$q = \omega V = M \chi \xi^2 h . \qquad (11)$$

Разница расходов в сечениях борозды X и $X+dX$:

$$M_1 \chi_1 \xi_1^2 y^2 - M_2 \chi_2 \xi_2^2 (y - dy)^2 \cong 2M \chi \xi^2 y\, dy, \qquad (12)$$

если принять $M_1 \cong M_2$; $\chi_1 \cong \chi_2$; $\xi_1 \cong \xi_2$ и $(dy)^2 \cong 0$.

Средняя скорость впитывания в момент времени t определяется из формулы

$$V_{ср} = \frac{1}{t} \int_0^t K_в \left(1 + \frac{B}{\sqrt{t}}\right) dt = K_в \left(1 + \frac{2B}{\sqrt{t}}\right). \qquad (13)$$

Средняя скорость впитывания и накопления воды в борозде на единицу ее длины находится из выражения

$$W_{ср} = N K_в \chi \gamma \left(1 + \frac{2B}{\sqrt{t}}\right), \ м^3/г, \qquad (14)$$

где γ – коэффициент, учитывающий неравномерность впитывания воды по смоченному периметру.

На базе (12) и (14) составляем дифференциальное уравнение баланса воды в борозде:

$$2M \chi \xi^2 y\, dy = -N K_в \chi \gamma \left(1 + \frac{2B}{\sqrt{t}}\right) dx. \qquad (15)$$

После интегрирования и определения постоянной из условий при $X = \mathcal{L}_б$, $y = 0$ уравнение баланса примет вид:

$$M \chi \xi^2 y^2 = N K_в \chi \gamma \left(1 + \frac{2B}{\sqrt{t}}\right)(\mathcal{L}_б - x). \qquad (16)$$

Учитывая, что при $X = 0$, $y = h$, получим:

$$q = M \chi \xi^2 h^2 = N K_в \chi \gamma \left(1 + \frac{2B}{\sqrt{t}}\right) \mathcal{L}_б . \qquad (17)$$

Отсюда $$t = \left(\frac{2B N K_в \chi \gamma \mathcal{L}_б}{q - N K_в \chi \gamma \mathcal{L}_б}\right)^2 . \qquad (18)$$

Функциональная зависимость (18) использована в математической модели полива как непосредственно при определении времени добегания, так и в качестве исходной функции при выводе зависимости для объема впитывания по длине борозды.

Сопоставление результатов решения прямой задачи полива по усовершенствованному методу с натурными данными и с табличными значениями элементов техники полива (Н.Т.Лактаев, САНИИРИ) показало их вполне удовлетворительную сходимость.

Усовершенствованная математическая модель позволяет определять оптимальные для данных природно-хозяйственных условий значения элементов техники полива. Эти элементы

используются при составлении проектных технологических схем полива, отвечающих требованиям водосбережения и обеспечения плановой производительности труда.

Использованная литература

I. Аверьянов С.Ф. О водопроницаемости почвогрунтов при неполном их насыщении. - Инженерний сборник Института механики АНСССР, т.УП. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, I950, с. II-25.

2. Костяков А.Н. Основы мелиораций: - М.: Сельхозгиз, I938, с.83-84.

3. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос, I978, с.32.

УДК 626.82:62I.643.2:62I.646:63I.6I

В.С.Попов, нач.отд.
Т.Я.Саушкина, руковод. группы
(Средазгипроводхлопок)

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЗАКРЫТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ В ДЖИЗАКСКОЙ И КАРШИНСКОЙ СТЕПЯХ

Применение закрытых трубопроводов в качестве водоводов оросительных систем на территории УзССР началось с освоением земель Голодной, Каршинской, а впоследствии и Джизакской степей. Неоспоримы преимущества закрытой оросительной сети (ЗОС) из трубчатых водоводов перед открытой (из облицованных каналов), как-то:

- значительная экономия оросительной воды за счет уменьшения непроизводительных сбросов и повышения коэффициента полезного действия оросительной системы;
- облегчение внедрения в водное хозяйство автоматизации управления;
- существенное - вдвое - повышение сроков службы системы;
- снижение объемов ремонтно-эксплуатационных работ;
- увеличение коэффициента земельного пользования такой системы до 0,9I...0,92.

Несмотря на сравнительно высокую стоимость труб, дока-

зана целесообразность применения подземных трубопроводов, особенно в условиях самонапорной оросительной сети - на участках с уклонами местности не менее некоторой критической величины, равной 0,001...0,003 [1].

В материалах, подготовленных институтом "Средазгипроводхлопок" для павильона "Мелиорация и водное хозяйство" ВДНХ СССР, содержатся показатели, характеризующие закрытые оросительные системы с различных сторон. В частности, приводятся данные о стоимости оросительной сети совхоза № 16 П очереди орошения и освоения Джизакской степи при проектировании ее в двух вариантах: открытая (каналы и лотки) и полностью закрытая (трубопроводы). Вот они. Удельная стоимость полностью закрытой оросительной сети на I га площади нетто на II% выше, чем открытой. Ежегодные удельные эксплуатационные затраты закрытой сети на 23,5% ниже, чем открытой. Общие приведенные затраты на I га орошаемой площади нетто при закрытой оросительной сети на I2% меньше, чем при открытой.

Применение закрытой сети только в одном совхозе № 16 может дать значительную экономию поливной воды, что позволит получить прирост орошаемых земель.

В проработках, которые осуществлялись УкрНИИГиМом по поручению Минводхоза СССР [2], сравниваются варианты закрытой и открытой сети по приведенным затратам. Вот результаты их сравнения:

- для варианта безнапорного закрытого водовода приведенные затраты всего лишь на 6% превышают затраты открытого канала;

- если принять КПД межхозяйственных каналов равным 0,986 (таков КПД закрытой оросительной сети), то за счет эффекта от уменьшения площади отвода земель, пригодных к возделыванию сельхозкультур, приведенные затраты для варианта безнапорного трубопровода лишь на I% превышают аналогичный показатель для канала. Именно с учетом доказанной эффективности применения закрытых оросительных систем издан приказ Минводхоза СССР от 29 ноября I982 г., в котором говорится: "... считать важнейшим направлением научно-технического прогресса внедрение закрытых оросительных систем

из неметаллических низконапорных труб на массивах с уклонами, позволяющими создать требуемый напор для механизированного полива без машинного подъема."

С целью обобщения опыта эксплуатации закрытых водоводов и составления нормативных документов для перехода от лотков к закрытым оросительным системам специалистами института "Средазгипроводхлопок" выполнены натурные обследования части действующих трубопроводов в совхозах Каршинской и Джизакской степей.

Каршинская степь, обладая большими территориями пригодных для сельхозосвоения земель в бассейне реки Кашкадарьи, имеет значительный дефицит оросительной воды. Вода для орошения подается из реки Амударьи с подъемом на высоту I30...200 м каскадом насосных станций и распределяется по открытым и закрытым оросительным системам. Экономное расходование ее с минимальными потерями на фильтрацию является наиглавнейшей задачей сегодняшнего дня. Поэтому в настоящее время закрытые водоводы построены и эксплуатируются во многих хозяйствах зоны нового орошения.

Натурные обследования проведены в хлопксовхозах № I... 9 и 20, а также в садвинсовхозах № 2 и 3.

Источником орошения земель всех перечисленных хозяйств является Каршинский магистральный канал. Средняя площадь совхоза 5500...6500 тыс.га нетто. Уклоны в основном превышают 0,00I, на некоторых участках они достигают 0,0I ...0,03. Протяженность открытых бетонированных каналов от 2 до I5 км, лотковой сети - 70...I00 км, закрытых трубопроводов - 30...50 км. Согласно проектам внутрихозяйственная сеть из трубопроводов должна быть оснащена необходимой арматурой, представляющей собой сборные конструкции сооружений. К сооружениям на трубопроводе относятся: водозаборные сооружения из канала или лотка в трубопровод; задвижки для регулирования напора и расхода; вентили для выпуска поливного расхода; концевые сбросы.

Джизакская степь представляет собой вытянутую в широтном направлении предгорную равнину, расположенную между Южным Голодностепским каналом и предгорьями Туркестанского хребта. Средний уклон с юга на север изменяется от 0,0I до 0,003. Маловодные горные саи не в состоянии удов-

летворить водой и 2% пригодной к сельхозосвоению площади. Основной источник орошения - река Сырдарья, воды которой к орошаемой территории подаются насосными станциями.

Оросительная сеть в Джизакской степи запроектирована с высоким КПД. Как и системы орошения совхозов в Каршинской степи, она представляет собой комбинированную систему бетонированных каналов, железобетонных лотков и подземных водоводов. Состав сооружений на трубопроводах аналогичен тому, что и в Каршинской степи.

Натурными обследованиями охвачена оросительная сеть в совхозах № 11,12 и 13 Зарбдарского района Джизакской области. При проведении обследований обращалось внимание на состояние подводящей лотковой сети, водозаборных сооружений в трубопровод, гидрантов по трассе трубопровода, выполнена нивелировка положения трубопроводов по основаниям стояков гидрантов, путем отбора проб через гидранты исследовано заиление трубопроводов, а также сделаны многочисленные фотографии, иллюстрирующие состояние закрытой сети и сооружений на ней.

Результаты выполненной работы позволяют сделать вывод, что современное состояние закрытой оросительной сети повсеместно еще далеко от совершенства. На землях совхозов Каршинской степи, где ЗОС функционирует с 1977 г., в настоящее время среди обследованных объектов нет ни одного хозяйства, где бы полностью работали построенные трубопроводы. В общей сложности по совхозам функционирует лишь 50...80% их. Такое же положение и в Джизакской степи. Но и на действующих оросительных трубопроводах обнаружены серьезные недостатки. Так, на головном питании трубчатых оросительных систем и лотковой сети встречаются нарушения принципа работы закрытой сети, наблюдаются случаи самодельного водозабора из лотка путем устройства отверстий в стенке его и сбрасывания воды на поле. В результате такого "водозабора" образуются воронки размыва под лотком, иногда наблюдается аварийный подмыв стоек лотка и даже разрушение лоткового канала.

Часто трубопровод засоряется плавающим мусором и другими посторонними предметами из-за отсутствия у водозаборного сооружения мусорозащитной решетки.

Нередко в голове трубопровода не устанавливаются задвижки, необходимые для полного перекрытия его при аварийной ситуации, ремонтных работах и текущих осмотрах. Отсутствие задвижки, а следовательно отключения подачи воды на одном трубоводе при нарушении герметичности стыка между трубами приводит к обширному заболачиванию местности над трубопроводом и устранение аварийного состояния затрудняется из-за сложности прохода механизмов по вязкому грунту.

Заиление или засорение трубопровода вызывает установка водозаборного колодца непосредственно на лотковом распределителе без устройства отводящего звена из одной секции лотка. Дно колодца расположено ниже дна лотка. При отсутствии забора воды в лоток в момент прохождения транзитного расхода колодец выполняет функцию отстойника, где осаждаются взвешенные наносы. Если перед включением трубопровода колодец не очистить, весь накопившийся объем наносов смывается в трубопровод. Промыть такой трубопровод не всегда представляется возможным из-за того, что зачастую он заканчивается последним вентилем-водовыпуском, вслед за которым ставится заглушка на трубе. В таком трубопроводе остается вода, находящаяся на уровне фланца гидранта. Если для сброса используется последний водовыпуск, то сбросной расход, растекаясь, сам создает себе русло в грунте орошаемого поля, вызывая значительные эрозии почвы. Такой сбросной арык тянется до коллектора, и только на пересечении сброса с дорогой вдоль коллектора (или в конце поля) укладывается труба под дорогой для проезда механизмов.

Из вышеизложенного ясно, что говорить о повышении КЗИ в этих случаях не приходится.

Несовершенна и арматура, применяемая на закрытых оросительных системах, например, большинство установленных вентилей-водовыпусков изготовлено для выпуска воды из лотковой оросительной сети и рассчитано на рабочее давление 0,1...0,2 атм. Применение их на ЗОС с рабочим давлением до 3 атм приводит к резкому увеличению пропускной способности и бурному выходу струи при неполном открытии запорного устройства. Неполное гашение энергии струи значительно сокращает срок службы гибкого транспортирующего шланга, предус-

мотренного проектом для доставки поливного расхода в выводные борозды. Диаметр гибкого шланга, надеваемого на патрубок вентиля,- 300...350 мм. Во время полива он заиливается изнутри и покрывается мокрой глиной снаружи. Свернуть в бухту такой шланг после полива весьма непросто. Работники совхоза предлагают использовать более легкие и удобные шланги, имеющиеся в наличии, диаметром I50 мм, но для их применения необходимы переходники с диаметра патрубка 300 мм на диаметр гибкого шланга I50 мм. Таких переходников нет, и конструкции их не разрабатывались.

Дальнейшее совершенствование закрытых оросительных систем невозможно без разработки простой и надежной конструкции самого вентиля-водовыпуска. Ныне выпускаемые вентили часто выходят из строя из-за коррозии винтов и гаек, вызывающей заклинивание или прокручивание винтов. Коррозия внутренних стенок корпуса и клапанов приводит к нарушению герметизации, способствует увеличению протечки. Управление вентилями затруднено из-за необходимости приложения значительных усилий к рукоятке и еще больше осложняется образованием воронок размыва и заболоченностью вокруг гидрантов, на которых установлены вентили.

Натурными обследованиями обнаружено большое количество разбросанных на полях неисправных вентилей чаще всего с сорванной резьбой на гайке, выполненной из более мягкого металла, чем винт подъемника. Вместо того чтобы заменить одну гайку на вентиле, выбрасывается вся конструкция и заменяется новой. Этот факт свидетельствует о бесконтрольности за расходованием материальных ресурсов и о бесхозяйственности руководящего звена совхозов.

Что касается самого трубопровода, несущего воду к поливным гидрантам, то он должен быть выполнен безупречно. Трещины в нем и некачественно заделанные муфтовые соединения приведут к утечке воды из трубопровода. В гипсованных грунтах это вызовет просадку и размыв грунта над трубопроводом, вследствие чего выпадет из севооборота часть площади. Даже если нет размыва, то постоянное наличие воды в почве над трубопроводом ведет к усиленному зарастанию камышом и сорной травой широких полос, которые также

выпадут из севооборота из-за невозможности обработки машинами и механизмами вследствие размягченности грунта.

Кроме того, размывы над трубопроводом при развитии в глубину способны вывести из строя и сам трубопровод.

Обобщая и анализируя результаты проведенных натурных обследований, можно рекомендовать некоторые проектные, строительные и эксплуатационные мероприятия, направленные на улучшение существующего положения и совершенствование эксплуатации закрытых оросительных систем.

Проектировщикам и конструкторам следует:

- разработать простую в управлении, надежную в эксплуатации и долговечную конструкцию вентиля-водовыпуска, отличающегося высокими гидравлическими качествами, способного регулировать расход в широком диапазоне и значительных изменениях рабочего давления в трубопроводе, обеспечивающего максимальное гашение избыточной энергии выходящей из него струи;

- разработать конструкции переходников для использования гибких транспортирующих шлангов различных диаметров;

- создать и внедрить в практику строительства облегченную запорно-регулирующую арматуру для трубопроводов различных диаметров, отличающуюся простотой управления и высокой эксплуатационной надежностью;

- в обязательном порядке предусматривать установку задвижки в голове трубопровода для обеспечения перекрытия его в аварийных ситуациях, при текущих осмотрах и ремонтах;

- не допускать в проектах водозабора из лотка в трубопровод путем установки колодца непосредственно на транзитном лотке;

- тщательно разработать технологические схемы полива, согласно которым необходимо выбирать место установки гидрантов на трубопроводе;

- совершенствовать конструкцию подземного трубопровода, работающего в вегетацию на полив, а в неполивной период - на дренаж.

Строительные работы должны быть самого высокого качества, ибо чаще всего причина аварии заключается в не-

качественном выполнении строительных работ.

Строителям следует:

- качественно заделывать стыки между трубами и в местах присоединения гидранта к трубопроводу;

- водозаборные сооружения из лотка в трубопровод доукомплектовывать затворами и мусорозащитными решетками;

- не допускать отступлений от проекта в части укомплектованности трубопровода сооружениями и арматурой. Больше всего это касается устройства концевых сбросов и задвижек на трубопроводе.

Эксплуатационные мероприятия включают:

- обеспечение внутрихозяйственной службы эксплуатации трубопроводов квалифицированными постоянными кадрами;

- создание механизированной межсовхозной бригады по ремонту и срочному восстановлению вышедших из строя трубопроводов и сооружений на них;

- постоянное наблюдение за закрытой оросительной сетью, проведение профилактических мероприятий и регулярных промывок трубопроводов.

И с п о л ь з о в а н н а я л и т е р а т у р а

I. Зюликов Г.М., Шалина Г.В. Применение самотечно-напорной оросительной сети в зависимости от уклона орошаемых участков. - Науч.тр. ВНИИГиМа, вып.I. - М., I974, с.I28-I33.

2. Марченко Л.С. и др. Область применения крупных закрытых водоводов в мелиоративном строительстве. - Науч. тр. УкрНИИГиМа, Киев, I978, вып.5.Вопросы строительства и эксплуатации мелиоративных систем. - 23с.

3. Зюликов Г.М. Закрытые оросительные системы. - М.: Колос, I966. - I82с.

4. Шейнкин Г.Ю., Сурин В.А.,Горбунова Е.Н. Оросительная сеть с закрытыми трубопроводами. - М.:Колос, I965. - 222с.

5. Туманов А.А. Перспектива применения самотечной закрытой оросительной сети. - Хлопководство, I983, № I0, с.29-32.

6.Рыльнов К.А. Достижения мелиоративной науки и техники. - Гидротехника и мелиорация, I97I, № 5, с.97-I09.

УДК 626.8:627.833

В.С.Попов, нач.отд.
В.К.Архангельский, руковод. группы
(Средазгипроводхлопок)

О ВЫБОРЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ПРИВОДОВ ВИНТОВЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

Ежегодно на строящихся ирригационных каналах возводятся десятки тысяч гидротехнических сооружений, оборудованных плоскими затворами с винтовыми подъемниками различной грузоподъемности ручного и электрического управления. Подъемники имеют достаточно высокую металлоемкость, и сокращение ее даже на 3...5% даст существенную экономию металла. В наших предыдущих работах /I, 2/ освещены проблемы снижения металлоемкости винтов подъемников за счет применения полых конструкций. Это позволяет сократить затраты металла на изготовление винтов более чем на 30%. В настоящей статье рассмотрены возможные пути уменьшения металлоемкости передаточного механизма подъемников грузоподъемностью 5,I0 и 20 т с электрическим приводом и увеличения его коэффициента полезного действия.

Подъемники комплектуются силовыми механизмами (рис.I), включающими: грузовую часть I с винтом 2; редуктор, или передаточный механизм3;асинхронный трехфазный электродвигатель 4 серии 4А (ГОСТ I9523-74), - и вспомогательной оснасткой: кожухом винта 5; грузовым реле 6; указателем подъема 7; рукояткой для ручного привода 8.

Грузовая часть подъемников (рис.2) состоит из чугунного корпуса I, стальной крышки 2, грузовой гайки 3 из антифрикционного чугуна с трапецеидальной резьбой, стального конического зубчатого колеса 4, вращающего гайку, штифтов 5, двух шариковых упорных однорядных подшипников 6 типа 8000 (по ГОСТу 6874-75), резиновой манжеты 7 (по ГОСТу 8752-70), препятствующей вытеканию масла из корпуса.

Грузовая часть устанавливается и крепится на металли-

ческой пластине 9 (рис.I), передающей усилие дожима от винта на грузовое реле, которое контролирует величину

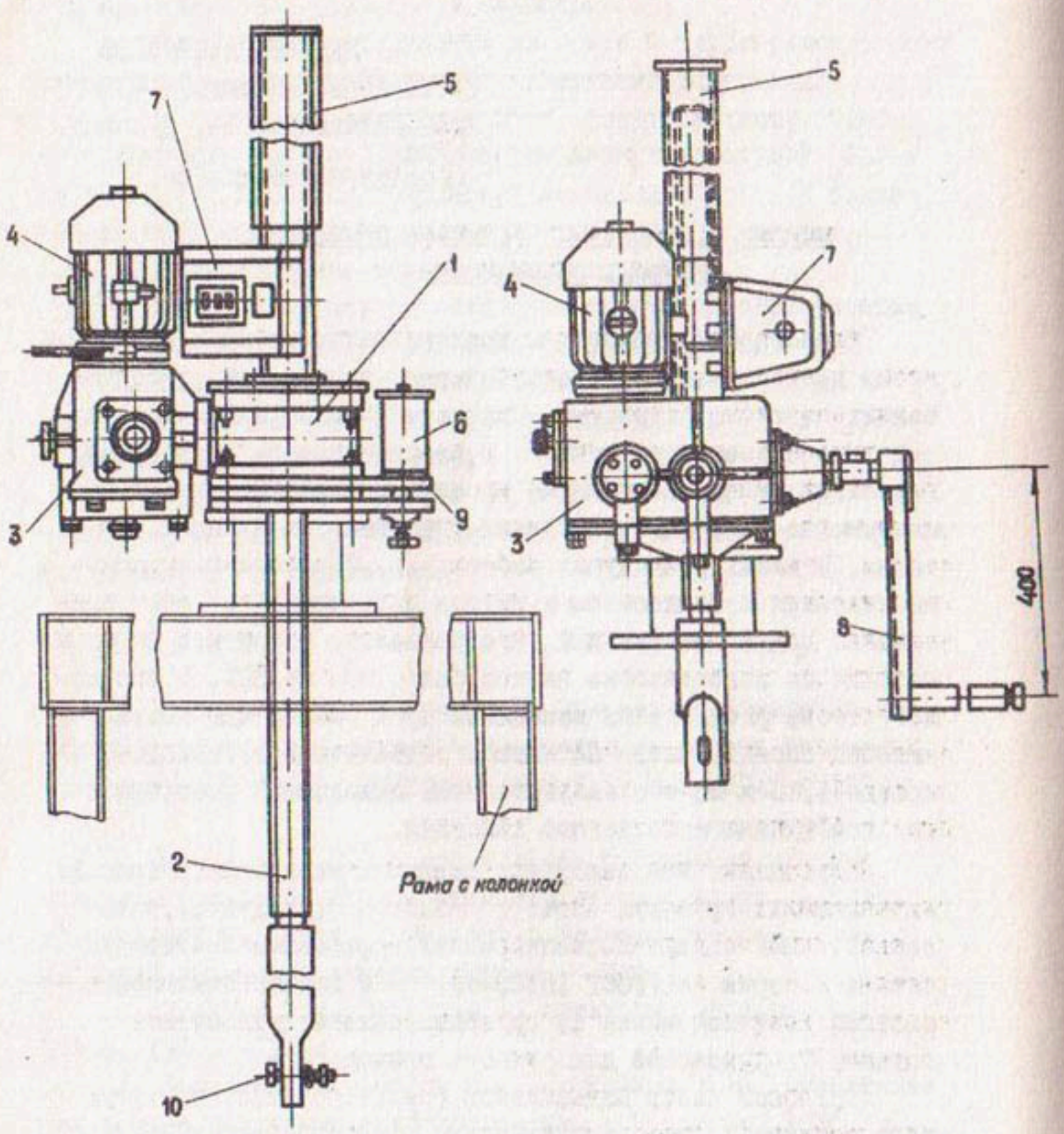


Рис.I. Общий вид подъемника

этого усилия и отключает электродвигатель в случае, когда оно превышает номинал, установленный для подъемника.

Редуктор объединяется с грузовой частью конической шестерней, зубья которой контактируют с зубьями конического колеса.

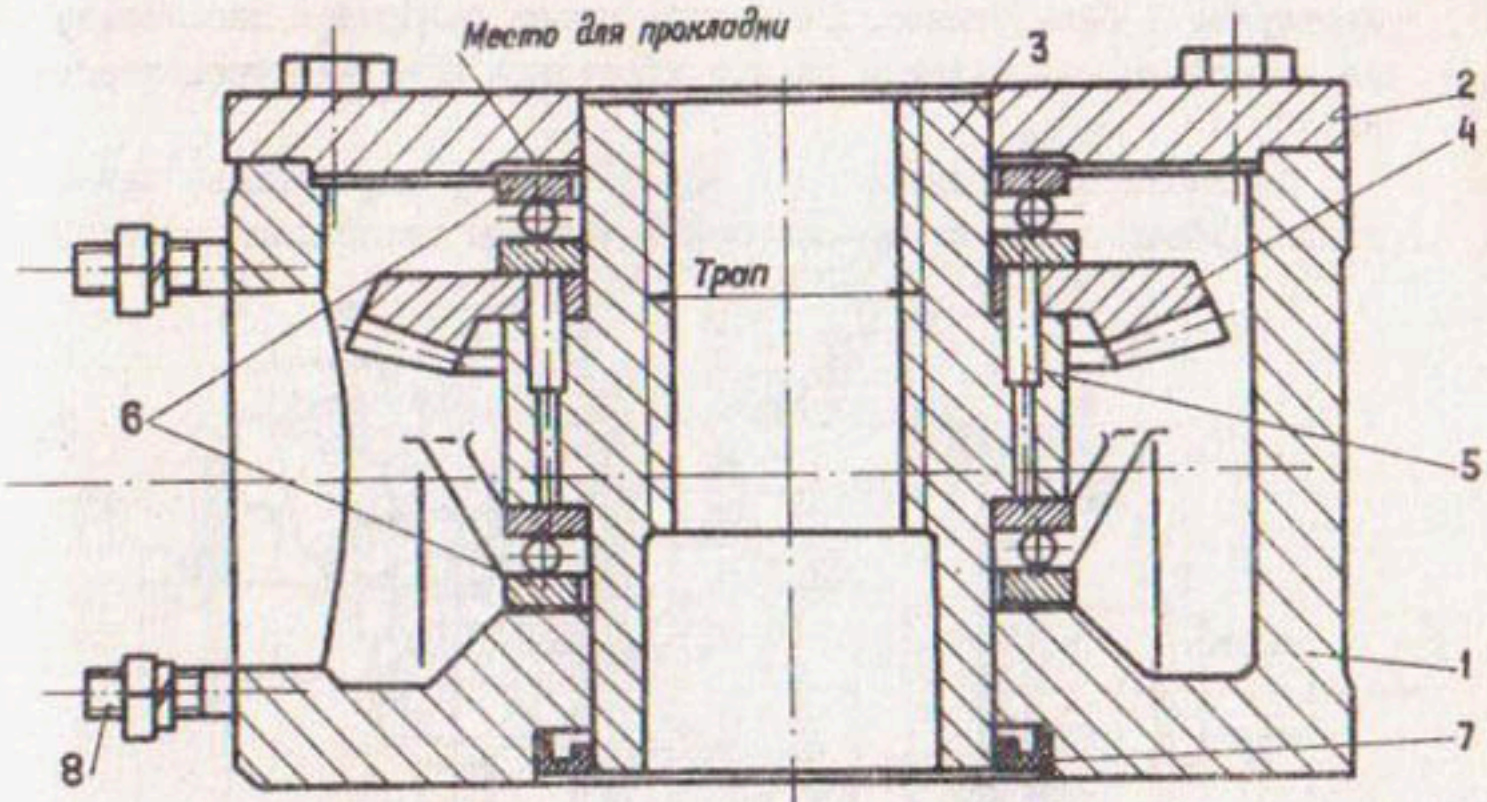


Рис. 2. Грузовая часть подъемника в разрезе

Устройство редуктора (передаточного механизма) приведено на рис.3.

Корпус редуктора I с поддоном 2 отлит из чугуна и имеет прямоугольную форму со скругленными гранями и углами. В боковых стенках корпуса устроены гнезда для подшипников скольжения 3,4 тихоходного вала шестерни I3, выполненных в виде вкладышей из чугуна; шариковых однорядных подшипников 5 № 204 (по ГОСТу 8338-75); отдушины 6.

Пробка 7 расположена в поддоне и служит для опорожнения корпуса от масла.

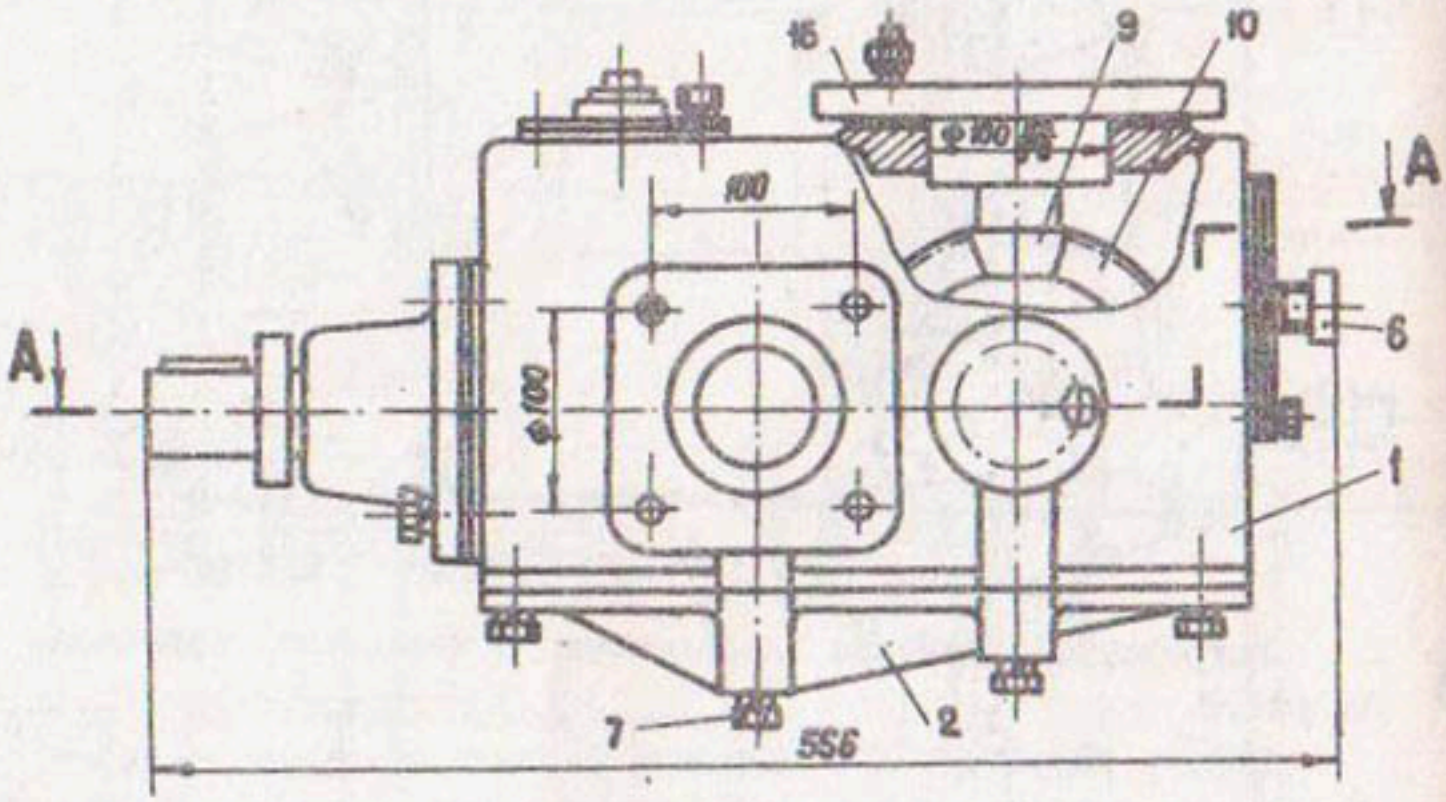
Крепление корпуса редуктора к корпусу грузовой части осуществляется шпильками 8 (рис.2).

Вращательное движение от электродвигателя на грузовую гайку передается зубчатыми парами. Первая считая от электродвигателя пара 9 и I0 коническая прямозубая, вторая II и I2 - цилиндрическая прямозубая, третья - I3 (рис.3) и 4 (рис.2) коническая прямозубая. Вращение от рукоятки осуществляют две зубчатые пары. Первая из них - I4 и I5 - коническая прямозубая. Колесо I5 этой пары вращается на тихоходном валу I3.

Зубчатые зацепления пар в редукторе компонуют три вала - шестерни II,I3 и I4. Соединение двигателя с ведущей конической

шестерней 9 безмуфтовое. Последняя имеет полость в хвостовике со шпоночным пазом, куда входит хвостовик вала электродвигателя.

Шестерня 9 удерживается в положении, обеспечивающем зацепление зубьев с зубчатым колесом, шариковым радиальным однорядн-



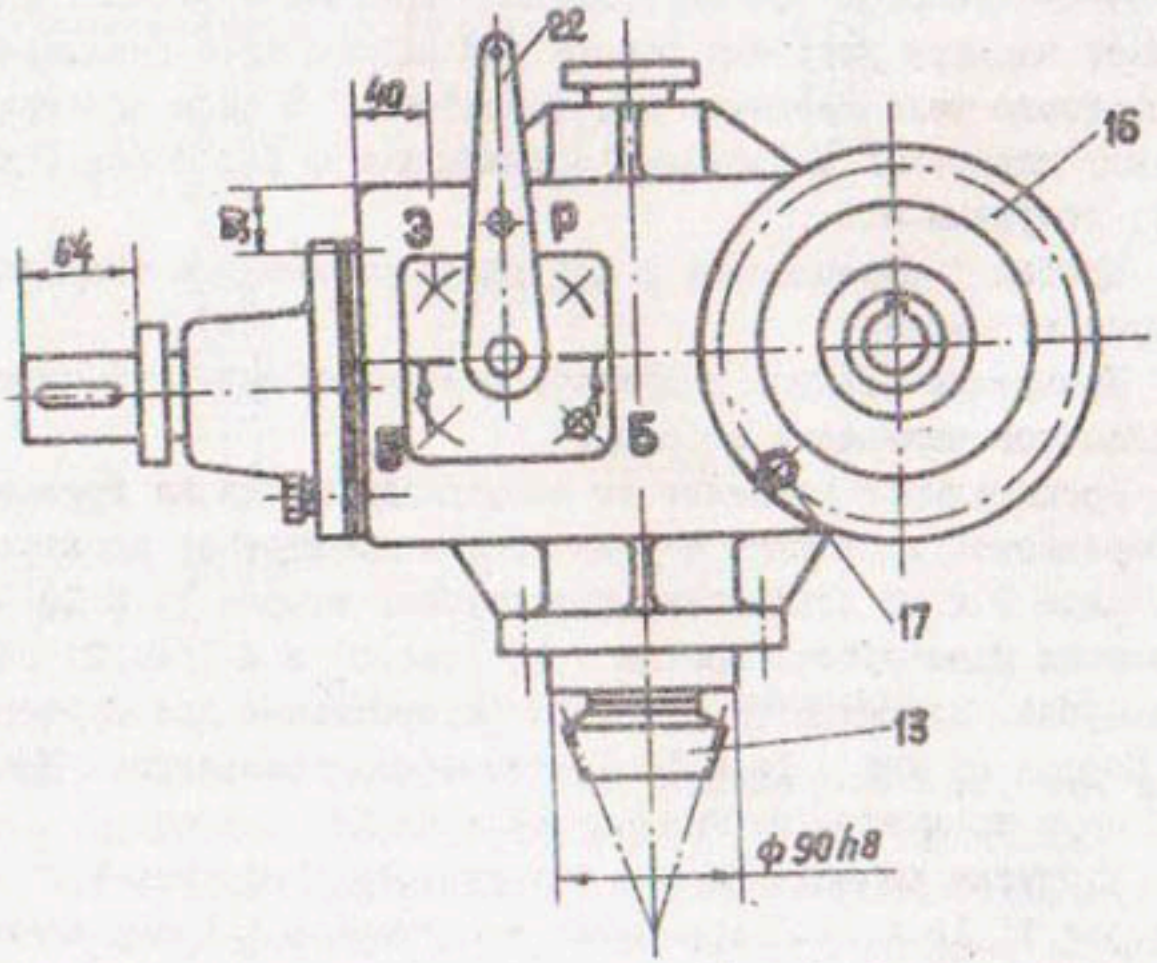
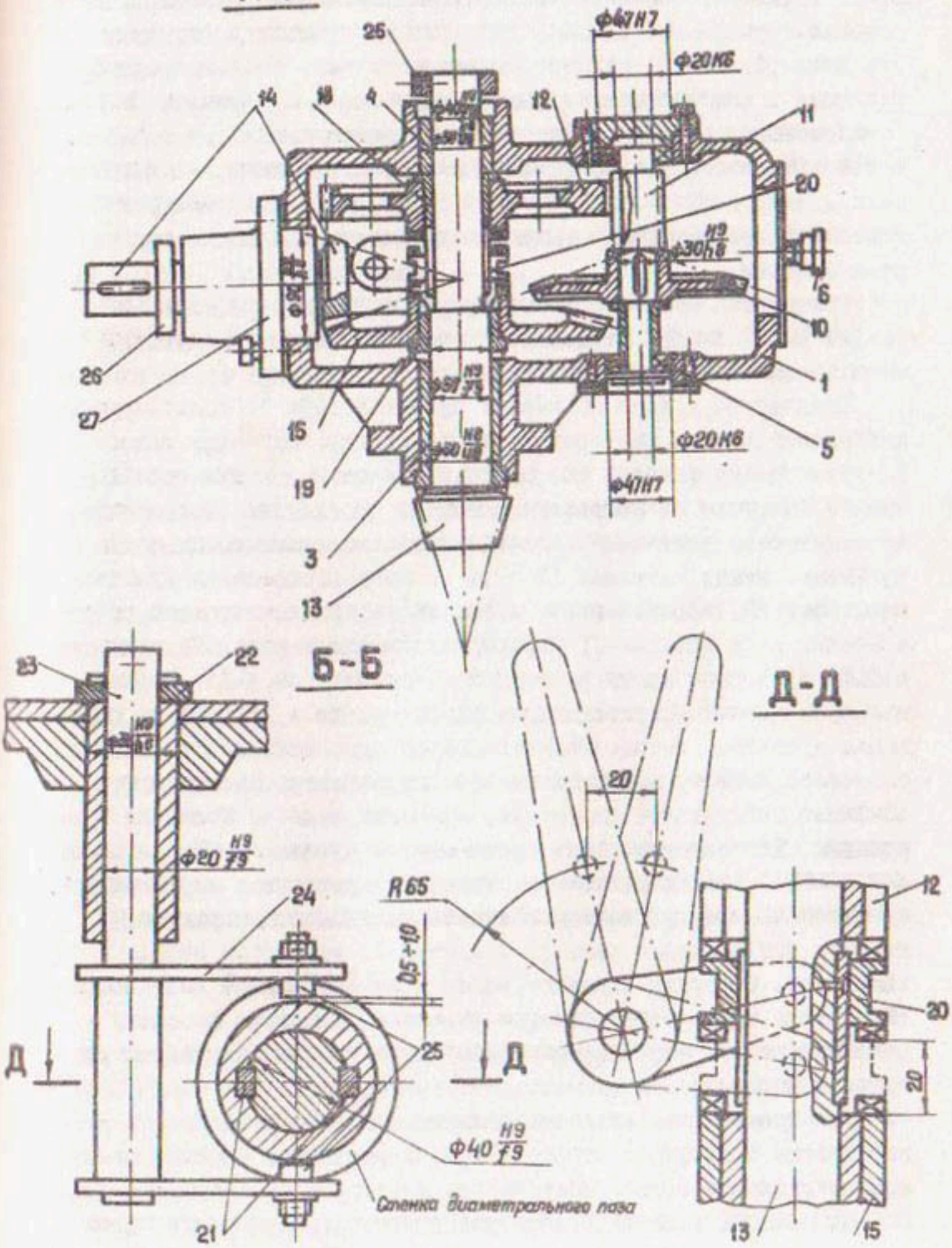


Рис.3. Общий вид редуктора



(передаточного механизма)

ным подшипником № 209 (по ГОСТу 8338-75). Во фланцевом корпусе I6 шарикоподшипник и хвостовик шестерни фиксируется от выпадания пружинными упорными плоскими внутренним и наружным кольцами. Фланец с шарикоподшипником и конической шестерней размещен в отверстии на корпусе редуктора и прикреплен болтами.

Установка электродвигателя выполняется следующим образом. В полость хвостовика конической шестерни вводится хвостовик вала электродвигателя со шпонкой до упора фланца электродвигателя с фланцем корпуса шарикоподшипника, последние скрепляются болтами.

Расположение электродвигателя на корпусе редуктора препятствует распыляемому в редукторе маслу затекать по хвостовику вала на обмотку электродвигателя.

Коническое колесо I0 первой зубчатой пары передает крутящий момент на вал шестерни II через шпонку. Зубчатое колесо I2 установлено на валу I3, опирающемся на подшипник скольжения I8. На этом же валу на подшипнике скольжения I9 закреплено коническое колесо I5. Подшипниковые вкладыши обоих колес чугунные. Между колесами I2 и I5 на валу расположена кулачковая муфта 20, которая имеет возможность на диаметрально расположенных двух шпонках 2I перемещаться вдоль вала. На ступицах колес со стороны муфты размещаются кулачки (см.Д-Д). Перемещая кулачковую муфту то к одному колесу, то к другому до сцепления кулачков, осуществляют передачу вращения либо от цилиндрического, либо от конического зубчатого колеса. Когда муфта занимает нейтральное положение, вращения вала от колес не происходит. Перемещение муфты производится рукояткой 22 при остановленном электродвигателе. Рукоятка крепится к вертикальному штоку 23. На другом конце штока-вилка 24 с сухариками 25, которые при вращении вала I3 с муфтой 20 вращаются вокруг своей оси. Сухарики занимают место в диаметральном пазу посредине муфты. Сухарики с помощью рукоятки, упираясь в стенку диаметрального паза, перемещают муфту в нужное для работы редуктора положение.

Для предотвращения осевого перемещения вала I3 на его хвостовике с наружной стороны корпуса редуктора зафиксировано ограничительное кольцо 26.

Консольный узел вала шестерни ручного привода установлен

на торцовой стенке корпуса редуктора. Узел состоит из чугунного корпуса 27 с фланцем, чугунного вкладыша, запрессованного в корпус вала шестерни I4. На хвостовике вала I4 размещается ограничительное кольцо и шпоночный паз со шпонкой, предназначенной для передачи крутящего момента от рукоятки.

Вращательное движение грузовой гайки преобразуется в поступательное движение винта, который посредством проушины и пальца I0 (рис.I) соединен с затвором.

Осевая сила, действующая на винт от затвора, исключая случаи дожима, направлена вниз.

Гайка, удерживаемая в корпусе, при вращении наворачивается на винт, поднимая или опуская последний. Действующий на гайку реактивный крутящий момент при подъеме винта вычисляется по формуле

$$T_{a.p} = 0{,}5 P d_2 tg(\psi + \varphi), \qquad (I)$$

где P – осевая сила винта; d_2 – средний диаметр резьбы; ψ – угол наклона резьбы или угол наклона развертки винтовой линии по среднему диаметру, выражающийся зависимостью

$$\psi = arctg \frac{nt}{\pi d_2}, \qquad (2)$$

где n – число заходов резьбы; t – шаг резьбы; φ – угол трения в резьбе, определяемый по формуле

$$\varphi = arctg f_{np}, \qquad (3)$$

где $f_{np} = f/\cos\gamma$ – приведенный коэффициент трения в резьбе, учитывающий влияние угла профиля резьбы.

Для ходовой трапецеидальной симметричной резьбы

$$\gamma = 15^\circ, \quad a \quad f_{np} = 1{,}035 f, \qquad (4)$$

где f – усредненный действительный коэффициент трения чугунной гайки по стальному незакаленному винту, равный 0,I5.

При опускании винта реактивный крутящий момент вычисляется по формуле

$$T_{o.p} = 0{,}5 P d_2 tg(\varphi - \psi). \qquad (5)$$

Основной причиной выхода из строя винта и гайки (чаще гайки) является износ резьбы. В качестве критерия износостойкости резьбы винтовой пары принимается давление между гранями резьбы винта и гайки (q). Оно не должно превышать допускаемого давления на рабочие поверхности резьбы $[q]$, зависящего от материалов винтовой пары и условий эксплуатации.

Для антифрикционного чугуна А4В-2, АК4-2 (по ГОСТу I588-70)

следует принимать $[q]$ = (6...7) МПа.

Проверочный расчет винта и гайки на износостойкость резьбы выполняется по формуле

$$q = \frac{2P}{\pi d_2 H} \leqslant [q], \qquad (6)$$

где H - высота резьбы гайки.

Рекомендуется принимать Н резьбы гайки (I,2...2,5)d_1. У гайки подъемника Н = (I,5...I,6)d_2.

Проверочный расчет на износостойкость резьбы гайки сплошных и полых винтов приведен в табл.I.

Таблица I

Технические характеристики и расчетные величины винтовой пары подъемников грузоподъемностью 5,I0 и 20 т

Наименование	Осевая сила винта (Р),тыс.кг					
	5		I0		20	
	сплошной	полый	сплошной	полый	сплошной	полый
Диаметр резьбы (d), мм	70x20(I0)	70xI6(I8)	80x20(I0)	90xI6(8)	90x24(I2)	II0xI6(8)
Средний диаметр резьбы (d_2),мм	65	66	75	86	84	I06
Шаг резьбы(t), мм	I0	8	I0	8	I2	8
Число заходов резьбы	2	2	2	2	2	2
Угол трения в резьбе (φ)	8,82°	8,82°	8,82°	8,82°	8,82°	8,82°
Угол подъема развертки винтовой линии(ψ)	5,60°	4,4I°	4,85°	3,39°	5,20°	2,75°
Реактивный момент ($T_{з.р}$), кгс·см	4I79	3882	9I27	9309	20980	2I7I4
Н, мм	II0	II0	I25	I40	I40	I70
q, МПа	4,45	4,37	6,79	5,29	I0,83	7,07
η	0,38I	0,328	0,349	0,274	0,364	0,235

Диаметр винтов в табл.I подобран из расчета тела стержня винта на устойчивость.

Предпочтение с экономической точки зрения нужно отдать полым винтам, изготавливаемым из стальных бесшовных горячека-

таных труб (по ГОСТу 8732-70). В полых конструкциях можно подобрать такое сечение, которое будет выдерживать как на разрыв, так и на сжатие напряжения, близкие к допустимым, у сплошных же это условие соблюсти невозможно.

КПД винтовой передачи определяется формулой

$$\eta = \frac{tg\,\psi}{tg(\psi+\varphi)}. \qquad (7)$$

Подсчитанный по формуле (7) и приведенный в табл.I КПД винтовых пар колеблется от 0,235 до 0,381, т.е. величины очень низкие, не позволяющие говорить о высоком КПД подъемника, который является произведением КПД винтовой пары и КПД механической передачи. Последний характеризуется отношением полезной работы к затраченной электродвигателем.

По известному крутящему моменту на гайке определяется крутящий момент на валу электродвигателя. Взаимосвязь этих моментов выражается через передаточное число и КПД механической передачи по формуле

$$T_д = T_{з.р}\,\frac{\eta}{i}, \qquad (8)$$

где η - КПД участка кинематической цепи от вала электродвигателя до гайки; $i = n_д/n_г$ - передаточное отношение, $n_д$ - частота вращения электродвигателя ($мин^{-1}$), $n_г$ - частота вращения гайки ($мин^{-1}$).

По крутящему моменту на валу электродвигателя можно определить ориентировочную мощность электродвигателя:

$$N_{эд} = \frac{T_д\,n}{97400\,\eta}, \qquad (9)$$

где η - коэффициент полезного действия вала электродвигателя (полагаем равным I,0).

Уточненный расчет мощности электродвигателя выполняется методом последовательных определений крутящих моментов на валах начиная от грузовой гайки.

При определении полезной мощности не учитываются потери на трение в опорах и зубчатых зацеплениях, а при оценке затраченной мощности - учитываются.

Крутящие моменты на валах создаются через усилия в зубьях зубчатых пар. Каждая пара редуцирует мощность, развиваемую электродвигателем, последовательно увеличивая ее до требуемой гайкой, при этом помимо полезной расходуется мощность на преодоление моментов трения в подшипниковых опорах, которые находятся в прямой зависимости от сил в зубьях зубчатых пар, вра-

щающих валы и гайки. При вращении зубчатых пар на активных поверхностях зубьев существуют потери от трения за счет проскальзывания. Они в расчетах не учитываются для того, чтобы силы между соприкасающимися зубьями были нормальны к их активным поверхностям.

Коэффициенты потерь для различных типов зубьев приводятся в методической и справочной литературе [3, 4].

Силы в зацеплении на контактной линии зубьев по касательной плоскости распределены равномерно. Выполняя расчеты цилиндрической прямозубой передачи, заменяют эти силы сосредоточенной нормальной силой, действующей в среднем сечении зуба (рис. 4). Раскладывая силу F_n вдоль радиуса колеса и перпендикулярно

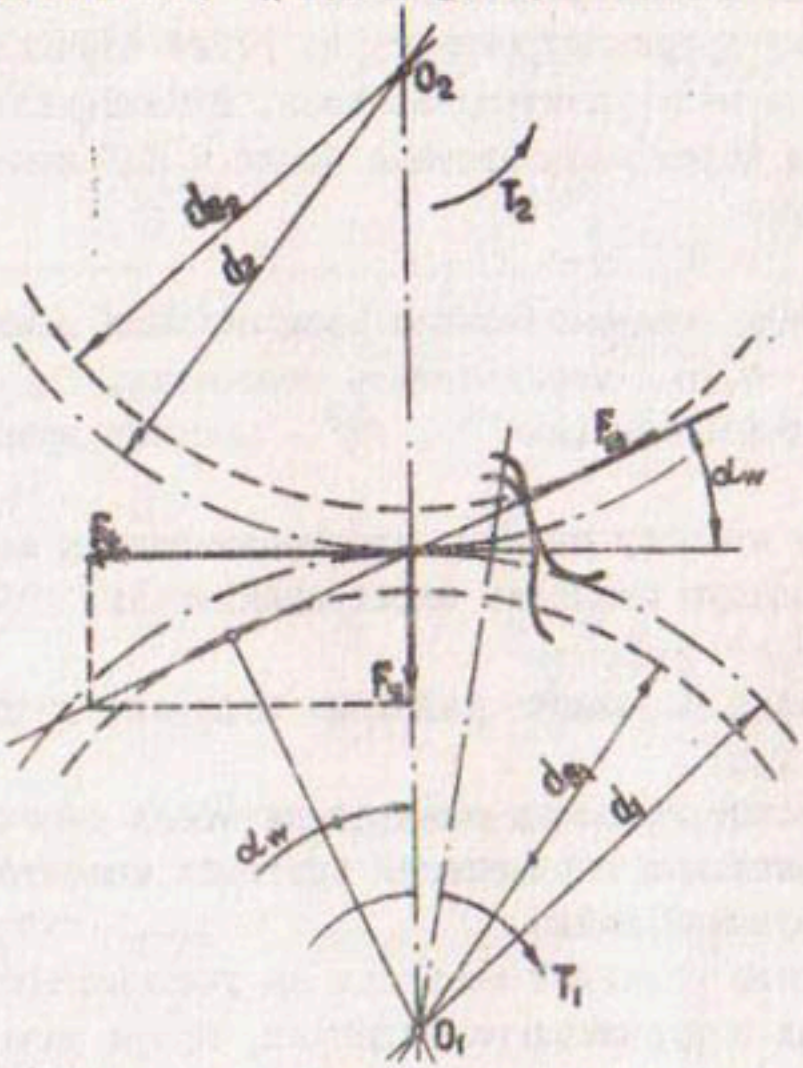


Рис.4. Схема для определения усилий в цилиндрическом зубчатом зацеплении

ему, получим радиальную (F_r) и окружную (F_t) составляющие, а для конических колес еще и составляющую (F_x), действующую параллельно оси вала, которому принадлежит зубчатое колесо или шестерня (рис.5). Радиальные и осевые составляющие зубчатых шестерен и колес различают цифрами: цифра I (F_{r_1}) показывает,

что речь идет о зубчатой шестерне, 2 – о зубчатом колесе, а цифры I,II и т.д. обозначают номер зубчатой пары: $F_{r_1}^{I}$, $F_{r_2}^{I}$.

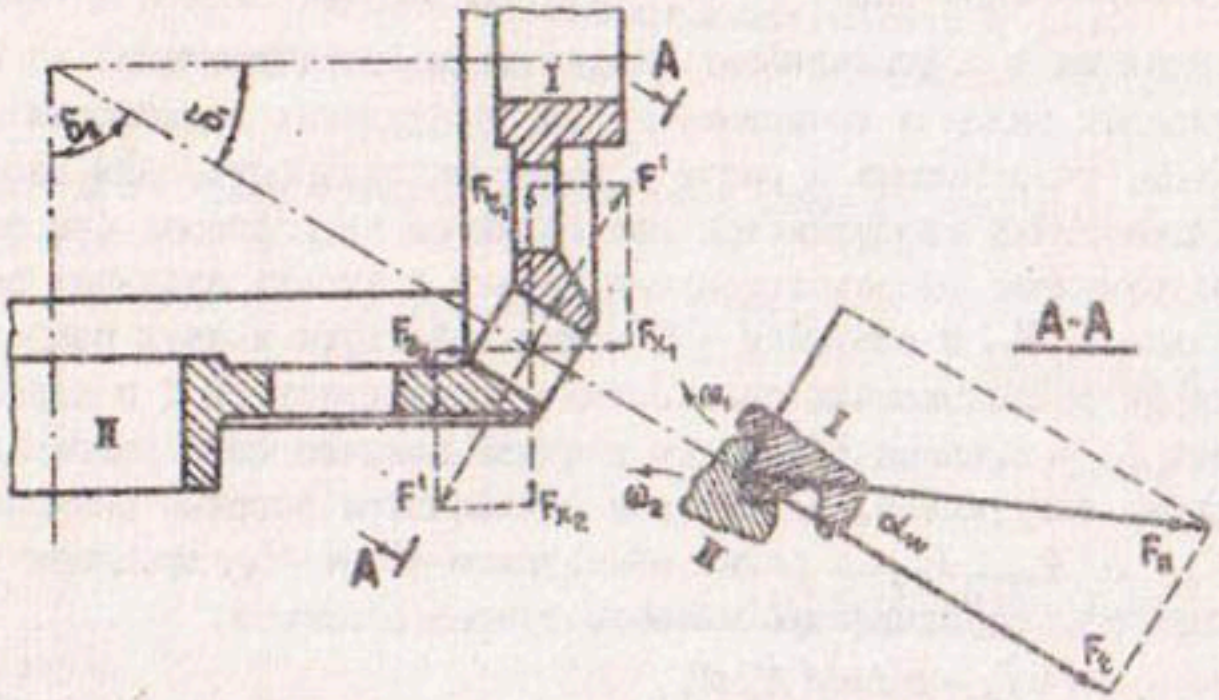


Рис.5. Схема для определения усилий в коническом зубчатом зацеплении

Обычно у F_n и F_t индекс не ставится, так как эти силы имеют равнозначное значение в полюсе зацепления для шестерни и колеса.

У зубчатого колеса и шестерни, находящихся в зацеплении, составляющие F_r и F_x равны, т.е.

$$F_{r_1} = F_{x_2}, \quad F_{r_2} = F_{x_1}.$$

Силы, действующие в зацеплении прямозубых цилиндрических колес, определяются по зависимостям:

- окружная сила: $F_t = 2T_1/d_1 = 2T_2/d_2$, (10)
- радиальная сила: $F_r = F_t\, tg\alpha_w = 2T_1 tg\alpha_w/d_1 = 2T_2 tg\alpha_w/d_2$, (11)
- нормальная сила: $F_n = F_t/\cos\alpha_w = 2T_1/d_1\cos\alpha_w = 2T_2/d_2\cos\alpha_w$, (12)

где T_1, T_2 – крутящий момент на валу шестерни или колеса;
d_1, d_2 – диаметры делительной окружности шестерни и колеса;
α_w – 20^0 для эвольвентного зацепления.

Силы, действующие в зацеплении прямозубых конических колес, находятся по зависимостям:

- окружная сила: $F_t = 2T_1/d_{m_1} = 2T_2/d_{m_2}$. (13)
- радиальная сила шестерни: $F_{r_1} = 2T_1 tg\alpha_w \cos\delta_1/d_{m_1}$, (14)
- радиальная сила колеса: $F_{r_2} = 2T_2 tg\alpha_w \cos\delta_2/d_{m_2}$, (15)

- осевая сила шестерни: $F_{x_1} = 2T_1 tg\alpha_\omega \sin\delta_1 / d_{m_1}$, (16)
- осевая сила колеса: $F_{x_2} = 2T_2 tg\alpha_\omega \sin\delta_2 / d_{m_2}$, (17)
- нормальная сила: $F_n = 2T_1 / d_{m_1} \cos\alpha_\omega = 2T_2 / d_{m_2} \cos\alpha_\omega$ (18)

Реакции в подшипниковых опорах зависят от давления на них нагруженных валов и вычисляются для определения изгибающих моментов, участвующих в расчете валов на прочность. Для этого валы схематично изображаются как балки на двух опорах (см.рис. 5), загруженные сосредоточенными силами в зубьях зубчатых пар. Радиальная (F_r) и окружная (F_t) силы действуют в двух перпендикулярно расположенных плоскостях: горизонтальной X и вертикальной У, - в связи с чем для расчета каждого вала составляют две схемы загружения, по которым вычисляются опорные реакции R_{Ax}, R_{Bx} и R_{Ay}, R_{By} и равнодействующие R_A и R_B, входящие в зависимость, определяющую моменты трения в опорах:

$$T_A = 0{,}5 m f R_A d_A, \quad (19)$$

$$T_B = 0{,}5 m f R_B d_B, \quad (20)$$

где f - коэффициент трения поверхности вала о втулку; R_A, R_B - реакции в подшипниковых опорах; d_A, d_B - диаметры валов в подшипниковых опорах; m - коэффициент, зависящий от угла контакта поверхности вала с поверхностью подшипниковой опоры, приблизительно равен I.

Для валов подъемников m близок к единице.

При определении КПД подъемника производят два варианта расчетов крутящего момента на валу электродвигателя. По первому варианту расчет выполняется без учета трения в подшипниковых узлах по следующей методике:

- из формулы (I) определяется реактивный крутящий момент в резьбе гайки и винта;
- из зависимости (I3) находится окружная составляющая сила;
- крутящий момент на тихоходном валу рассчитывается по формуле

$$T_T = F_t \frac{d_{m_1}^{III}}{2}, \quad (21)$$

где $d_{m_1}^{III}$ - средний делительный диаметр шестерни IУ пары;

- крутящий момент на валу шестерни ручного привода вычисляется по зависимости $T_P = \frac{T_T d_{m_1}^{III}}{d_{m_2}^{III}}$, (22)

где $d_{m_1}^{III}$, $d_{m_2}^{III}$ - средний делительный диаметр колеса и шестерни III пары;

– крутящий момент на промежуточном валу определяется по формуле $T_п = \frac{T_г \, d_1^{II}}{d_2^{II}}$, (23)

где d_1^{II}, d_2^{II} – диаметр делительной окружности II пары;

– крутящий момент на валу электродвигателя находится из равенства $T_э = \frac{T_п \, d_{m_1}^{I}}{d_{m_2}^{I}}$, (24)

где $d_{m_1}^{I}$, $d_{m_2}^{I}$ – средний делительный диаметр шестерни и зубчатого колеса I пары.

Результаты расчета сведены в табл.2

Таблица 2

Крутящий момент на валу без учета потерь на трение в опорах

Номер расчетной формулы	Обозначения	Грузоподъемность, тыс.кг		
		5	10	20
I	$T_{з.р}$ (кгс.см)	4179	9127	20980
13	F_t (кгс)	449	825	1594
21	$T_г$ (кгс.см)	1293	2107	4842
22	$T_р$ (кгс.см)	400	652	1498
23	$T_п$ (кгс.см)	193	315	724
24	$T_э$ (кгс.см)	56	91	208

По второму варианту крутящий момент определяется с учетом трения в подшипниковых узлах:

– из реактивного крутящего момента на резьбах гайки и винта $(T_{з.р})$ по формулам (13), (15), (17) вычисляются окружная (F_t^{IV}), радиальная $(F_{r_2}^{IV})$, осевая (F_{x_2}) силы в зубьях конического колеса IУ пары;

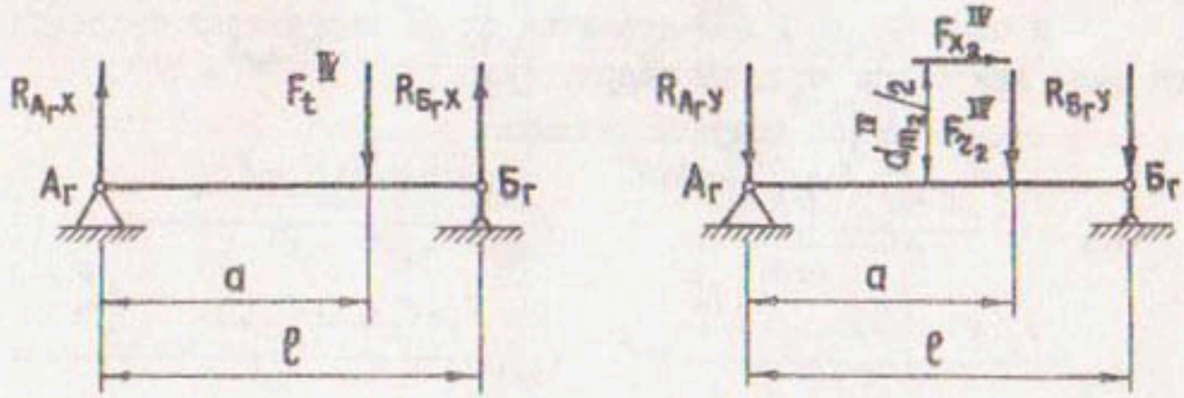


Рис.6. Схемы загружения грузовой гайки: а – в плоскости X; б – в плоскости У

– в плоскостях X, У строятся схемы загружения гайки как балки на двух опорах (рис.6);

– определяются опорные реакции:

$$R_{A_r x}=\frac{F_t^{III}(\ell-a)}{\ell},\qquad R_{Б_r x}=\frac{F_t^{III}a}{\ell},$$

$$R_{A_r y}=\frac{F_{z_1}^{III}(\ell-a)+F_{x_1}^{III}\frac{d_{m_1}^{III}}{2}}{\ell},\qquad R_{Б_r y}=\frac{F_{z_1}^{III}a+F_{x_1}^{III}\frac{d_{m_1}}{2}}{\ell};$$

– вычисляются равнодействующие опорных реакций:

$$R_{A_r}=\sqrt{(R_{A_r x})^2+(R_{A_r y})^2},\quad R_{Б_r}=\sqrt{(R_{Б_r x})^2+(R_{Б_r y})^2};$$

– зная диаметр гайки в опорах и величины опорных реакций, по (I9) и (20) вычисляются T_{A_r} и $T_{Б_r}$;

– с учетом осевой силы винта (P) и осевой силы, направленной вверх $\left(F_{x_2}^{III}\right)$, определяют момент трения в упорном шарикоподшипнике: $T_{y.ш}=f_ш\frac{(P-F_{x_2}^{III})\,d_r}{2}$,

где $f_ш=0{,}0013$ – коэффициент трения в упорном шарикоподшипнике; d_r – диаметр тела гайки в подшипнике;

– суммируя T_{A_r}, $T_{Б_r}$, $T_{y.ш}$ и $T_{з.р}$, получим действительный крутящий момент на гайке (T_r);

– по T_r определяется крутящий момент на тихоходном валу: $T_{r_1}^{III}=\frac{T_r\,d_{m_1}^{III}}{d_{m_2}^{III}}$, а по формулам (I3), (I4), (I6) находятся F_t^{III}, $F_{r_1}^{III}$, $F_{x_1}^{III}$;

– от электродвигателя тихоходный вал загружают силы F_t^{II}, $F_{r_2}^{II}$ в зубьях цилиндрического колеса II пары, которые вычисляются по формулам (I0) и (II), либо силы F_t^{III}, $F_{r_2}^{III}$, $F_{x_2}^{III}$ конического колеса III пары ручного привода, которые вычисляются по формулам (I3), (I5), (I7);

– в плоскостях X и У строятся схемы загружения тихоходного вала как балки на двух опорах (рис.7);

– определяются опорные реакции:

$$R_{A_T x}=\frac{-F_t^{III}c+F_{r_1}^{III}b}{\ell},\qquad R_{Б_T x}=\frac{F_t^{III}e+F_{r_1}^{III}a}{\ell}$$

$$R_{A_T y}=\frac{F_t^{III}b-F_{r_1}^{III}c-F_{x_1}^{III}\frac{d_{m_1}^{III}}{2}}{\ell},\qquad R_{Б_T y}=\frac{F_t^{III}a+F_{r_1}^{III}e+F_{x_1}\frac{d_{m_1}^{III}}{2}}{\ell};$$

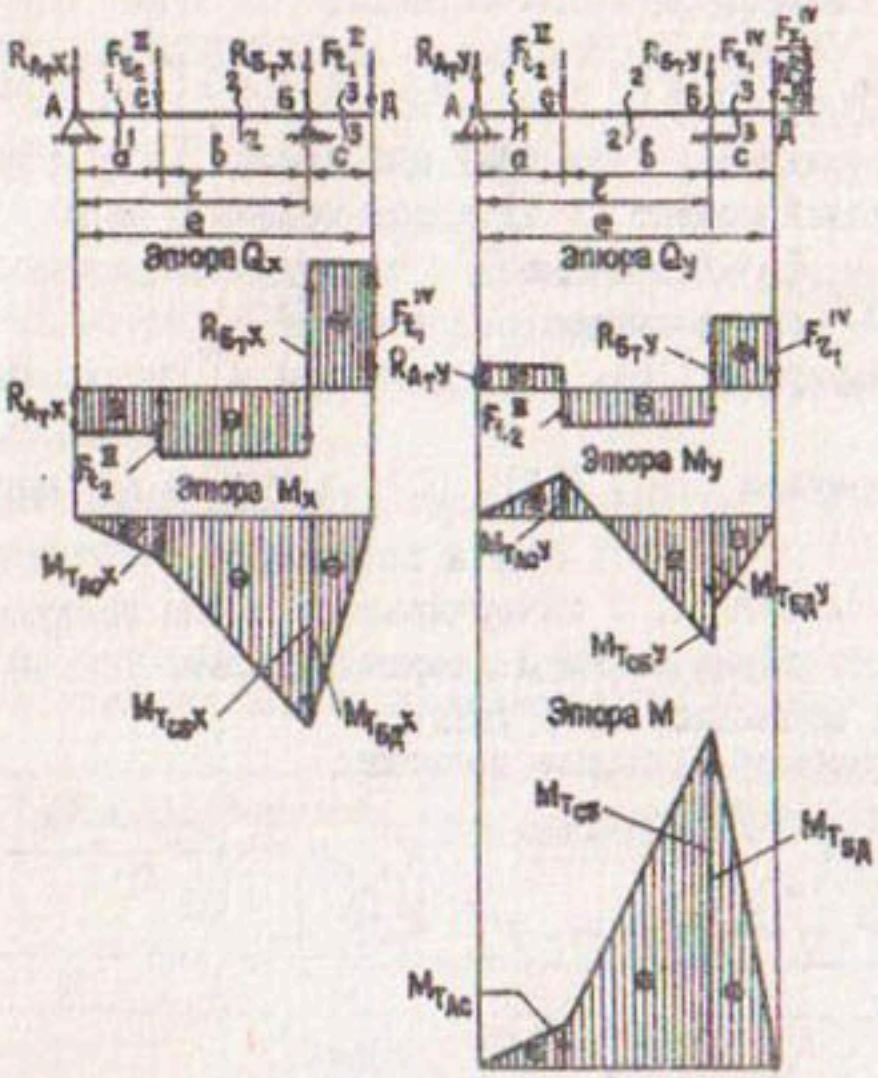


Рис.7. Схемы загружения тихоходного вала: а – в плоскости X;
б – в плоскости У

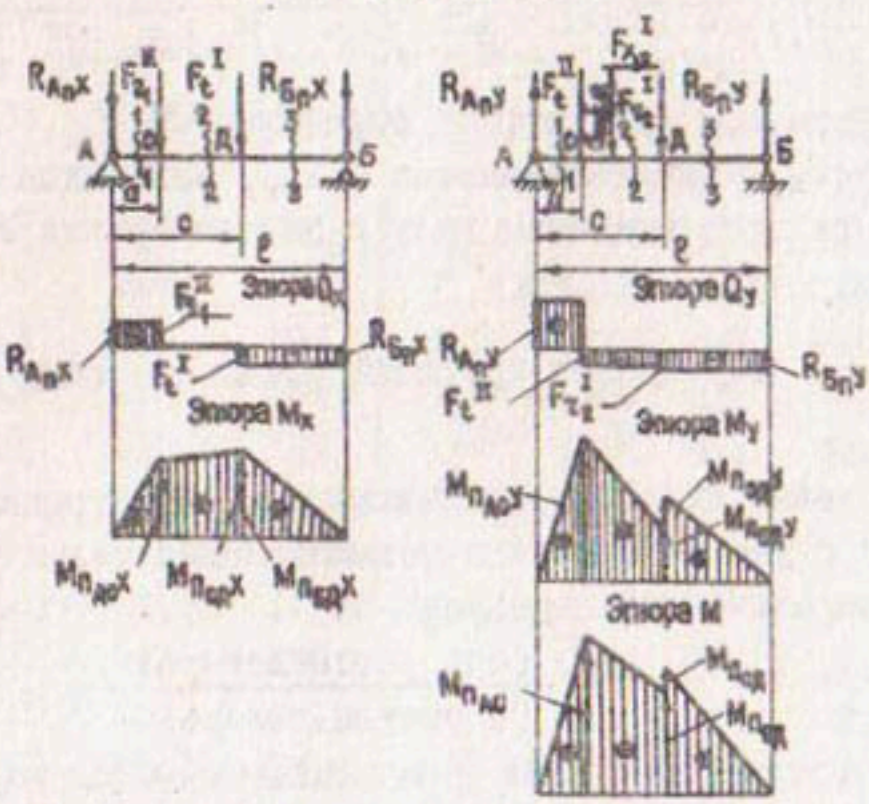


Рис.8. Схемы загружения промежуточного вала

- вычисляются равнодействующие:

$$R_{A_т}=\sqrt{(R_{A_т x})^2+(R_{A_т y})^2}, \qquad R_{Б_т}=\sqrt{(R_{Б_т x})^2+(R_{Б_т y})^2};$$

- по формулам (I9) и (20) находятся $T_{A_т}$, $T_{Б_т}$;
- крутящий момент на зубчатом колесе II пары:

$$T_т^{II}=T_{A_т}+T_{Б_т}+T_{т_1}^{II};$$

- по $T_т^{II}$ определяется $T_{п_1}=\frac{T_т\, d_1}{d_2}$;
- по формулам (I0), (II) с учетом $T_т^{II}$ вычисляются $F_{t_1}^{II}, F_{r_1}^{II}$;

- по формулам (I3), (I5), (I7) с учетом $T_{п_1}$ определяются $F_{t_2}^{I}, F_{r_2}^{I}, F_{x_2}^{I}$;

- в плоскостях X, У вычерчиваются схемы загружения промежуточного вала балки на двух опорах (рис.8). Точкой опоры считается центр подшипникового узла;
- определяются опорные реакции:

$$R_{A_п x}=\frac{F_{r_1}^{II}(\ell-a)+F_{t}^{I}(\ell-c)}{\ell}, \qquad R_{Б_п x}=\frac{F_{r_1}^{II}a+F_{t}^{I}c}{\ell},$$

$$R_{A_п y}=\frac{F_{t}^{II}(\ell-a)+F_{r_2}(\ell-c)-F_{x_2}^{I}\frac{d_{m_2}^{I}}{2}}{\ell},$$

$$R_{Б_п y}=\frac{F_{t}^{II}a+F_{r_2}^{I}c+F_{x_2}^{I}\frac{d_{m_2}^{I}}{2}}{\ell};$$

- вычисляются равнодействующие:

$$R_A=\sqrt{(R_{A_п x})^2+(R_{A_п y})^2}, \qquad R_Б=\sqrt{(R_{Б_п x})^2+(R_{Б_п y})^2};$$

- по формулам (I9) и (20) определяются $T_{A_п}$, $T_{Б_п}$;
- $T_{A_п}$ и $T_{Б_п}$ приплюсовываются к $T_{п_1}$, находится крутящий момент $T_п^{I}$ на промежуточном валу с учетом трения в подшипниках;

- из $T_п^{I}$ определяют крутящий момент на валу электродвигателя: $T_э=\frac{T_п^{I}\, d_{m_1}^{I}}{d_{m_2}^{I}}$;

- определив дважды крутящие моменты электродвигателя: без учета и с учетом трения в подшипниковых узлах валов, находят КПД механической передачи:

$$\eta=\frac{T_э\ (\text{без учета потерь})}{T_э\ (\text{с учетом потерь})}.$$

Кроме потерь на трение в подшипниковых узлах, мощность электродвигателя расходуется на преодоление трения в зубьях

зубчатых пар. Ориентировочные значения потерь на трение в зацеплении пар цилиндрических прямозубых колес ψ = 0,0I5... 0,03, а конических прямозубых колес – 0,025...0,04 [3,4].

С учетом этих потерь КПД передачи равен:

$$\eta_з = 1 - (\psi_к^{II} + \psi_ц^{II} + \psi_к^{I}).$$

Для редукторов винтовых подъемников, допускающих невысокую точность изготовления и обработки поверхности зубьев, следует принимать: $\psi_к^{II}$ и $\psi_к^{I}$ = 0,04, а $\psi_ц^{II}$ = 0,03, тогда η = I-(0,04+0,04+0,03)= 0,89.

КПД механической передачи подъемников: $\eta_{Aп} = \eta_т\ \eta_з$, а общий КПД подъемника приводится в табл.3

Таблица 3

Технические параметры механической передачи и результаты подсчета КПД подъемников ГП 5,I0,20 т

Обозначения		Грузоподъемность, тыс.кг			Обозначения		Грузоподъемность, тыс.кг		
		5	I0	20			5	I0	20
I		2	3	4	I		2	3	4
				Гайка					
$T_{з.р}$	(кгс.см)	4I79	9I27	20980	$R_{Aг}$	(кгс)	25I	469	9I8
α_w		20°	20°	20°	$R_{Бг}$	(кгс)	284	529	I06I
δ_2°		72,8°	77°	77°	$d_г$	(см)	I0	I2	I3
$d_{w_2}^{II}$	(см)	I8,6I	22,I3	26,32	$T_{Aг}$	(кгс.см)	I26	28I	597
F_t^{II}	(кгс)	449	825	I594	$T_{Бг}$	(кгс.см)	I42	3I7	690
$F_{z_2}^{II}$	(кгс)	48	68	I30	f_w		0,I	0,I	0,I
$F_{x_2}^{II}$	(кгс)	I56	293	565	$T_{wг}$	(кгс.см)	32,2	78	I69
$R_{Aгx}$	(кгс)	206	378	7I3	$T_г$	(кгс.см)	4480	9803	22436
$R_{Бгx}$	(кгс)	243	447	88I	F_t^{II}	(кгс)	48I	885	I765
$R_{Aгy}$	(кгс)	I43	277	578	$F_{z_2}^{II}$	(кгс)	43	72	I40
$R_{Бгy}$	(кгс)	I47	282,7	592	$F_{x_2}^{II}$	(кгс)	I7I	3I4	605
				Тихоходный вал					
a	(см)	4,55	4,55	4,55	f		0,I	0,I	0,I
B	(см)	I6,35	I6,35	I6,35	d_A	(см)	4	4	4
c	(см)	5,2	7,I	790	$d_Б$	(см)	5	5	5
ℓ	(см)	20,9	20,9	20,9	$R_{Aтx}$	(кгс)	-84	-242	-509
e	(см)	26,I	28,0	28,8	$R_{Бтx}$	(кгс)	6II	I202	2387

Продолжение табл.3

I	2	3	4	I	2	3	4
d'_{m_1} (см)	2,88	2,555	3,375	R_{A_1y} (кгс)	5I	47	I2I
$F_{t_1}^{II}$ (кгс)	48I	885	I705	R_{B_1y} (кгс)	247	475	960
$F_{r_1}^{II}$ (кгс)	I7I	3I4	605	R_{A_1x} (кгс)	98	247	523
$F_{x_1}^{II}$ (кгс)	43	72	I40	R_{B_1x} (кгс)	659	I292	2573
T_{r_1} (кгс.см)	I385	2260	5I79	T_{A_1x} (кгс.см)	I9,6	45,4	I04,6
$F_{t_2}^{II}$ (кгс)	I27	208	476	T_{B_1x} (кгс.см)	I64,75	323	644
$F_{r_2}^{II}$ (кгс)	46	75	I73	T_{r}^{II} (кгс.см)	I569	2632	5928
Промежуточный вал							
T_{n_1} (кгс.см)	234	393	886	R_{A_nY} (кгс)	II0	I85	4I6
$F_{t_1}^{II}$ (кгс)	I44	242	545	R_{B_nY} (кгс)	37,3	63	I4I
$F_{r_1}^{II}$ (кгс)	52	88	I98	R_{A_n} (кгс)	I33	205	463
$F_{t_2}^{I}$ (кгс)	33	55	I24	R_{B_n} (кгс)	49	83	I85
$F_{r_2}^{I}$ (кгс)	3,3	5,5	I2,5	T_{A_n} (кгс.см)	0,I83	0,308	0,693
$F_{x_2}^{I}$ (кгс)	II,45	I9,24	43,37	T_{B_n} (кгс.см)	0,735	0,I24	0,278
a (см)	3,I	3,I	3,I	T_n^{I} (кгс.см)	234,25	393,43	886,9
c (см)	9,6	9,6	9,6	T_3 (кгс.см)	67,43	II3,26	257,I
ℓ (см)	I5	I5	I5	η_r	0,83	0,80	0,8I
R_{A_nx} (кгс)	53	90	202	η_{mn}	0,74	0,7I	0,72
R_{B_nx} (кгс)	32	53	I20	η_n	0,28	0,25	0,26
$d_{m_2}^{I}$ (см)	I4,29	I4,29	I4,29				

Как показали расчеты, существенные потери на трение имеют место в подшипниках скольжения тихоходного вала. Замена их на подшипники качения может на I0...I2% повысить КПД передачи.

После определения усилий, действующих на валы через зубчатые пары, и величин опорных реакций можно перейти к подбору оптимального сечения вала. Для этого вычерчивается схема загружения вала как балки на двух шарнирных опорах, причем при загружении ее принимается допущение - сосредоточенное приложение действующих сил взамен равномерно распределенных по длине подшипника и цапфы зубчатого колеса. Этим, упрощая расчетную схему, несколько увеличиваем действующие нагрузки на вал за счет их концентрации, что позволяет при расчете валов иметь некоторый запас их прочности. Валы подъемника в основном работают на изгиб и кручение. Величины крутящих моментов с учетом трения подсчитаны выше и приведены в табл.3. Порядок определения изгибающих моментов

тихоходного и промежуточного валов следующий:

– по известной величине опорных реакций (табл.3 и рис.7) определяются изгибающие моменты тихоходного вала в плоскости X для пролетов АС (рис.7): $M_{T_{AC}x} = -R_{A_T x}\, a$,

СБ: $M_{T_{CB}x} = -R_{A_T x}\, \ell - F^{II}_{z_2} b$,

БД: $M_{T_{BД}x} = -F^{II}_{t}\, c$,

и в плоскости У для пролетов АС: $M_{T_{AC}y} = R_{A_T y}\, a$,

СБ: $M_{T_{CB}y} = R_{A_T y}\, \ell - F^{II}_{z_2} b - F^{II}_{x_2} \frac{d_{m_2}}{2}$,

БД: $M_{T_{BД}y} = -F^{II}_{z_1} c + F^{II}_{x_1} \frac{d_{m_1}}{2}$;

– затем находятся результирующие моменты:

$$M_{T_{AC}} = \sqrt{(M_{T_{AC}x})^2 + (M_{T_{AC}y})^2},$$

$$M_{T_{CB}} = \sqrt{(M_{T_{CB}x})^2 + (M_{T_{CB}y})^2},$$

$$M_{T_{BД}} = \sqrt{(M_{T_{BД}x})^2 + (M_{T_{BД}y})^2};$$

– вычисляются изгибающие моменты на промежуточном валу (рис.8) в плоскости X для АС: $M_{П_{AC}x} = R_{A_П x}\, a$,

СД: $M_{П_{CД}x} = R_{A_П x}\, c - F^{II}_{z_1}(c-a)$,

БД: $M_{П_{БД}x} = R_{Б_П x}\, (\ell - c)$,

в плоскости У для АС: $M_{П_{AC}y} = R_{A_П y}\, a$,

СД: $M_{П_{CД}y} = R_{A_П y}\, c - F^{II}_{t}(c-a)$,

БД: $M_{П_{БД}y} = R_{Б_П y}\, (\ell - c)$;

– рассчитываются результирующие моменты:

$$M_{П_{AC}} = \sqrt{(M_{П_{AC}x})^2 + (M_{П_{AC}y})^2},$$

$$M_{П_{CД}} = \sqrt{(M_{П_{CД}x})^2 + (M_{П_{CД}y})^2},$$

$$M_{П_{БД}} = \sqrt{(M_{П_{БД}x})^2 + (M_{П_{БД}y})^2}.$$

Результаты подсчета изгибающих моментов приведены в табл.4.

Таблица 4

Расчетные моменты, действующие на валы напряжения при изгибе и кручении, запасы прочности и диаметры валов редукторов для подъемников

Обозначения	Грузоподъемность, тыс.кг			Обозначения	Грузоподъемность, тыс.кг		
	5	10	20		5	10	20
I	2	3	4	I	2	3	4
Тихоходный вал				Промежуточный вал			
$M_{T_{AC}x}$ (кгс.см)	-382	-1101	-2316	$M_{П_{AC}}$ (кгс.см)	183	307	693
$M_{T_{CB}x}$ (кгс.см)	-2507	-6284	-13467	$M_{П_{CД}x}$ (кгс.см)	-210	-352	-796

Продолжение табл.4

I	2	3	4	I	2	3	4
$M_{T_{вд}x}$ (кгс.см)	-2507	-6284	-I3470	$M_{П_{вд}x}$ (кгс.см)	-III	-355	-796
$M_{T_{дс}y}$ (кгс.см)	232	2I4	55I	$M_{П_{дс}y}$ (кгс.см)	34I	574	I290
$M_{T_{сд}y}$ (кгс.см)	-IOII	-24I9	-5254	$M_{П_{сд}y}$ (кгс.см)	I20	203	45I
$M_{T_{вд}y}$ (кгс.см)	-765	-2045	-4307	$M_{П_{бд}y}$ (кгс.см)	20I	340	76I
$M_{T_{дс}}$ (кгс.см)	447	II2I	2380	$M_{П_{дс}}$ (кгс.см)	365	6I3	I39I
$M_{T_{сб}}$ (кгс.см)	262I	6608	I4I4I	$M_{П_{сд}}$ (кгс.см)	242	406	9I5
$M_{T_{бд}}$ (кгс.см)	2703	6734	I4556	$M_{П_{бд}}$ (кгс.см)	292	492	II02
W_T ($см^3$)	I2,26	I2,26	I2,26	$W_П$ ($см^3$)	2,65	2,65	2,65
W_{K_T} ($см^3$)	24,53	24,53	24,53	$W_{K_П}$ ($см^3$)	5,3	5,3	5,3
$\sigma_{иT}$ ($кг/см^2$)	220,5	594,3	II87,3	$\sigma_{иП}$	I38	23I	525
τ_{K_T} ($кг/см^2$)	64	I07,3	24I,7	$\tau_{K_П}$	44	74	I67
$\sigma_{экв}$	247	580	I260	$\sigma_{экв}$	I58	264	600
σ_T (ст.40х)	3300	3300	3300	σ_T (ст.40х)	3300	3300	3300
n_m	I3,36	5,69	2,6I	n_m	20,89	I2,5	5,5
$d_в$ (см)	2,46	3,27	4,24	$d_в$ (см)	I,27	I,5I	I,98

Эквивалентные напряжения в точке наружного волокна определяются в опасном сечении по формуле $\sigma_{экв}=\sqrt{\sigma_и^2+3\tau^2}$, (25)

где $\sigma_и$ – наибольшие напряжения при изгибе моментов $M_{T_П}$ и $M_{П_П}$

$$\sigma_{иT}=\frac{M_{T_П}}{W_{T_П}}, \qquad \sigma=\frac{M_{П_П}}{W_{П_П}}; \tag{26}$$

τ – наибольшие напряжения при кручении моментами T_T и $T_П$;

$$\tau_K=\frac{T_T}{W_{K_T}}, \qquad \tau_{K_П}=\frac{T_П}{W_{K_П}}; \tag{27}$$

$W_{T_П}$ и $W_{П_П}$ – осевые моменты сопротивления сечения вала;

W_{K_T} и W – полярные моменты сопротивления сечения вала:

$$W_{T_П} \text{ и } W_{П_П}=\frac{\pi d_в^3}{32}, \tag{28}$$

$$W_{K_T} \text{ и } W_{K_П}=\frac{\pi d_в^3}{16}. \tag{29}$$

Для валов круглого сечения $W_K=2W_{T_П}$, $W_{K_П}=2W_{П_П}$.

В этом случае $\sigma=\frac{32}{\pi d_в^3}\sqrt{M_{T_П}^2+0,75T_T^2}$, (30)

где $d_в$ – диаметр вала.

Запас прочности по пределу текучести $n_m=\frac{\sigma_T}{\sigma_{экв}}$, (3I)

обычно принимают n_m= I,2...I,8.

Результаты расчетов даны в табл.4.

Анализ работы выпускаемых в настоящее время приводов подъемников затворов гидротехнических сооружений, проверка заводских образцов на испытательном стенде и выполненные расчеты позволяют сделать выводы:

- для повышения коэффициента полезного действия передаточного механизма необходимо заменить подшипники скольжения в опорах тихоходного вала на подшипники качения;

- запасы прочности валов выпускаемых редукторов колеблются у тихоходного, в зависимости от грузоподъемности, от 2,6 до I3,4, у промежуточного - от 5,5 до 2,I. Подобрав диаметры валов по номинальным запасам прочности I,2...I,8 /6/, можно сократить металлоемкость валов;

- исходя из устройства фланцевых электродвигателей, имеющих свою осевую центровку вала, узел крепления быстроходной шестерни I зубчатой пары следует упростить, исключив шарикоподшипник с фланцевым корпусом. Убрав лишние детали, уменьшим массу редуктора.

Рекомендации по расчету рациональных параметров зубчатых передач и валов, а также уменьшению размеров корпуса редуктора будут изложены в наших следующих публикациях.

Использованная литература

I. Архангельский В.К., Попов В.С. Испытание и выбор оптимальных параметров винтов подъемников для затворов гидротехнических сооружений. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I983. Улучшение конструкций и методов расчета гидромелиоративных систем, с.I9-32. (Издающая организация - САНИИРИ.)

2. Архангельский В.К., Попов В.С. Полые винты подъемников затворов. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I984. Обоснование параметров гидромелиоративных систем и сооружений в проектах орошения и освоения крупных земельных массивов, с.I22-I35. (Издающая организация - САНИИРИ).

3. Иванов М.Н. Детали машин. - М.: Высшая школа, I984. - 335с.

4. Дмитриев В.А. Детали машин. - Л., Судостроение, I970.- 790с.

5. Гинсбург Е.Г. Зубчатые передачи. Справочник. - Л.: Машиностроение, I980. - 4I4с.

6. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. Справочник. - М.: Машиностроение, I979.- 702с.

УДК 626.8:627.833

Ю.А.Ибрагимов, гл.инж. проекта
(Средазгипроводхлопок)

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАТВОРОВ С ПЕРЕЛИВОМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ГИДРОУЗЛА

Речные гидроузлы, как правило, не имеют аккумулирующих емкостей и выполняют роль подпорных сооружений, обеспечивающих гарантированный водозабор в каналы.

К затворам, установленным на таких гидроузлах, предъявляются следующие требования: быстрота маневрирования, высокая точность регулирования расхода, надежность и гибкость в эксплуатации.

Этим требованиям отвечают поверхностные затворы с индивидуальными подъемными механизмами. К их числу можно отнести конструкции затворов, работающих с переливом: плоские – с клапаном, сегментные – с клапаном и сдвоенные. Преимущество затворов с переливом заключается в возможности сброса поверх затвора верхнего слоя воды с плавающими телами. Перелив осуществляется опусканием подвижной верхней кромки затвора.

На Казалинском гидроузле (р.Сырдарья) установлены в качестве рабочих плоские колесные затворы с клапаном. Пролет затвора 16 м, высота 5 м. Клапан криволинейного очертания выполнен на весь пролет затвора. В открытом состоянии он с обшивкой затвора создает плавную поверхность для слива воды. Клапан обладает большой жесткостью и выдерживает значительные изгибающие и крутящие моменты как от давления воды, так и от ударов плавающих тел. Маневрирование затвором и клапаном осуществляется с помощью одного цепного механизма.

Такая конструкция затвора позволяет маневрировать в широком диапазоне: пропускать расход из-под затвора при поднятом клапане, при опущенном – производить частичное регулирование расхода, сбрасывать поверхностный слой воды с мусором и шугу. Во всех манипуляциях с клапаном основание затвора остается неподвижным и позволяет поддерживать подпорный уровень воды.

В случае пропуска расхода над клапаном происходит соударение переливаемого потока с потоком воды в нижнем бьефе, что

создает наиболее благоприятные условия для гашения кинетической энергии потока.

Между переливаемым поверх клапана потоком и горизонтом воды нижнего бьефа образуется полость с переменным вакуумом (рис. I), что вызывает вибрацию клапана и, как следствие, вибрацию всего затвора.

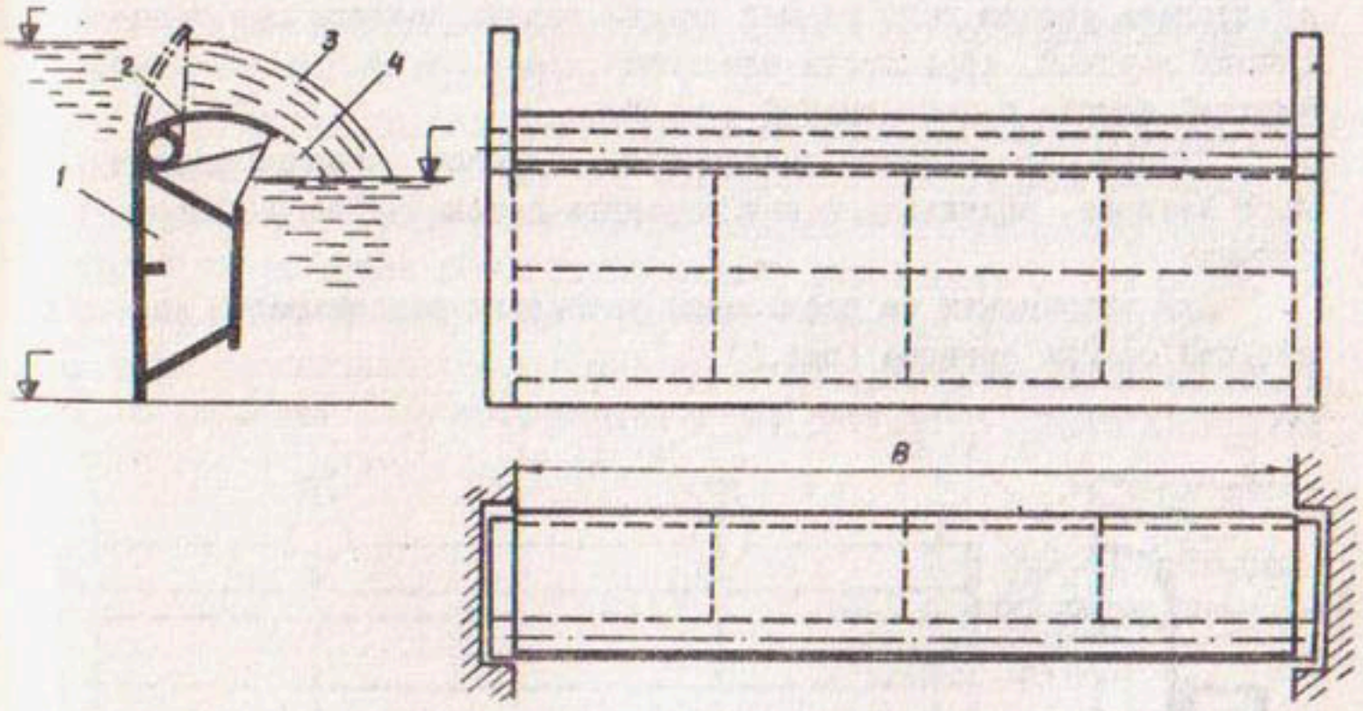


Рис.I. Затвор с клапаном: I - основание затвора; 2 - клапан; 3 - переливаемая струя; 4 - вакуумная полость; В - пролет

Устранение вибрации клапана возможно при условии поступления необходимого количества воздуха в область вакуумной зоны, под падающую струю. Подача воздуха осуществляется по специальным воздуховодам, уложенным в бычках, верхние концы которых сообщаются с атмосферой, а нижние выведены в пролеты над уровнем горизонта воды нижнего бьефа.

Все вышеперечисленные достоинства и недостатки работы плоского затвора с клапаном имеют место и в конструкции сегментного затвора с клапаном.

При проектировании Тогускенского гидроузла на Сырдарье в качестве основных были приняты сдвоенные затворы, допускающие

перелив. Пролет затвора I6 м, общая высота 5 м, высота секции 2,5 м. Маневрирование каждой секции затвора осуществляется индивидуальным винтовым подъемным механизмом.

Конструкция сдвоенных затворов позволила отказаться от промывных галерей для пропуска донных наносов, благодаря чему значительно понизилась высота гидроузла. Кроме того, она дает возможность производить маневрирование в широком диапазоне: пропускать расход воды из-под нижней секции затвора при неподвижной верхней, сбрасывать плавающий мусор, шугу при опущенной верхней секции и неподвижной нижней.

Однако существенным недостатком является вибрация сдвоенного затвора, возникающая при переливе потока через верхнюю секцию.

Для устранения ее предложена установка рассекателей на верхней секции затвора (рис.2).

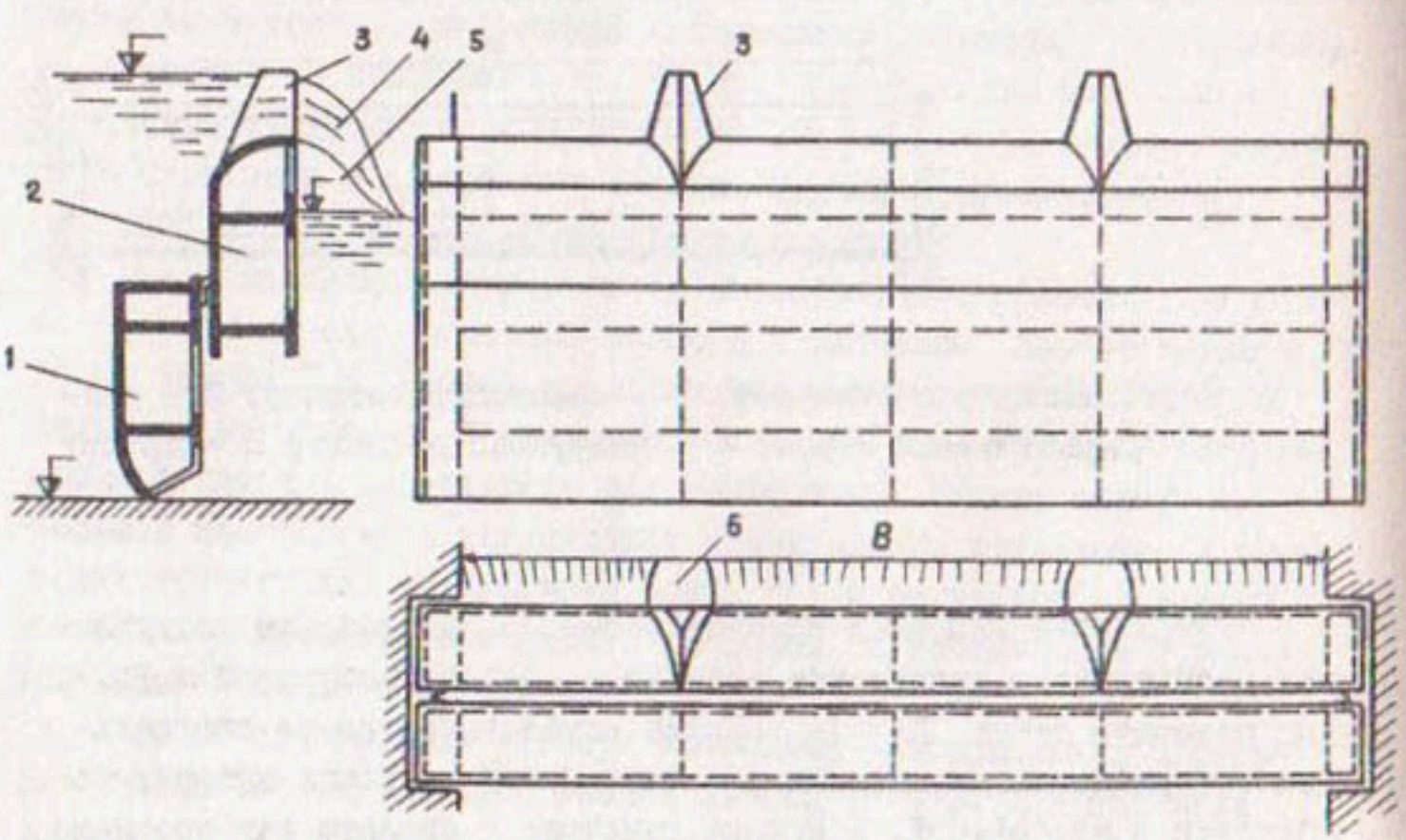


Рис.2. Сдвоенный затвор с переливом: I – нижняя секция; 2 – верхняя секция; 3 – рассекатель; 4 – переливаемая струя; 5 – вакуумная полость; 6 – разрыв сплошности струи; В – пролет

Рассекатель клиновидного сечения выполняется на всю высоту переливаемого потока, что позволяет разорвать сплошность струи при любом положении верхней секции. Через разрывы воздух устремляется в пространство между струей и горизонтом воды нижнего бьефа, выравнивая давление вакуумной зоны с атмосферным и ликвидируя тем самым условия для возникновения вибрации.

Несколько серий опытов, проведенных в лаборатории гидравлических исследований института "Средазгипроводхлопок", показали, что рассекатели обеспечивают достаточно хорошее поступление воздуха под падающую струю.

На основании опыта эксплуатации затворов Казалинского гидроузла и анализа результатов модельных исследований затворов Тогускентского гидроузла можно рекомендовать установку рассекателей на затворах любых конструкций, работающих с переливом, для предотвращения возможности возникновения вибрационных нагрузок, обеспечения достаточно хорошего уравновешивания подструйного давления с атмосферным и как результат-общего повышения надежности работы гидроузла.

УДК 532.542:626.844

Ф.Д.Файзуллаева, канд.
физ.-мат. наук,
руковод.группы
(Средазгипроводхлопок)

ВЛИЯНИЕ ПРИСТЕННОГО СЛОЯ НА ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В ТРУБОПРОВОДАХ МАЛОГО ДИАМЕТРА

В мелиоративной практике при подпочвенном и капельном орошении, бороздковом поливе с использованием гибких шлангов, машинном подъеме оросительной воды, работе скважин вертикального дренажа и проч.происходит перемещение воды вместе с твердыми частицами и воздухом. Как в турбулентном, так и в ламинарном движении таких смесей образуется пристенный слой несущей жидкости, толщина которого обычно незначительная, но существенно влияет на параметры движения. Подобная структура течения наблюдается и в гидротранспорте различных смесей. На практике пристенный слой часто создают искусственно для уменьшения сопротивления трубы /I/. Такое течение можно рассматривать как движение

вязкоидеальной смеси с учетом пристенного слоя в рамках раздельного движения двухфазной среды. Ниже рассмотрим только ламинарное движение жидкостей.

Многочисленные экспериментальные исследования показывают, что модель, описывающая движение двухфазных сред, обусловлена конкретными условиями перемещения смесей. В зависимости от рода сред, концентрации, разности удельных весов, разности вязкостей сред и т.д. поток приобретает определенную структуру и режим течения. Существуют такие механические модели движения смесей: однороднoподобная, вязкопластичная, взаимопроникающая и т.п. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что при наличии разных плотностей и вязкостей фаз двухфазной смеси, например, вода+воздух, вода+твердые частицы, нужно строить взаимопроникающую модель движения смеси. В других случаях следует строить график зависимости расхода от перепада давления – реологическую кривую, на основании которой определяется гидромеханическая модель движения. Ниже рассмотрим движение смеси во взаимопроникающей модели.

Пусть при осесимметричном установившемся течении несжимаемых вязкоидеальных сред в круглой трубе компоненты скоростей, кроме продольных, равны нулю. Принимаем толщину пристенного слоя (δ) достаточно малой и заданной величиной. Распределение скорости жидкости в этом слое линейное, а на границе раздела она имеет значение V_r/z. Уравнения движения [2] и неразрывности примут вид для вязкой фазы: $\partial P/\partial z = 0$,

$$\left.\begin{aligned} \rho_1 V_{1z}\frac{\partial V_{1z}}{\partial z} = -\frac{\rho_1}{\rho_{1i}}\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu_1}{\rho_{1i}}\frac{\partial \rho_1}{\partial r}\frac{\partial V_{1z}}{\partial r} + \frac{\mu_1\rho_1}{\rho_{1i}}\frac{\partial^2 V_{1z}}{\partial r^2} + \frac{\mu_1\rho_1}{\rho_{1i}}\frac{1}{r}\frac{\partial V_{1z}}{\partial r} + \frac{4}{3}\\ \frac{\mu_1}{\rho_{1i}}\frac{\partial \rho_1}{\partial z}\frac{\partial V_{1z}}{\partial z} + K(V_{2z}-V_{1z}) - \rho_1 g,\ \partial(V_{1z}\rho_1)/\partial z = 0, \end{aligned}\right\} \quad (I)$$

для идеальной фазы:

$$\rho_2 V_{2z}\frac{\partial V_{2z}}{\partial z} = -\frac{\rho_2}{\rho_{2i}}\frac{\partial p}{\partial z} + K(V_{1z}-V_{2z}) - \rho_2 g, \quad \frac{\partial(\rho_2 V_{2z})}{\partial z} = 0. \quad (2)$$

Кроме того, необходимо учитывать выражение

$$\frac{\rho_1}{\rho_{1i}} + \frac{\rho_2}{\rho_{2i}} = 1. \quad (3)$$

Граничные условия запишем в виде

$$V_{1z} = V_r(z),\ f_1\tau_1 = \tau_r \quad при \quad r = R-\delta, \quad (4)$$

где $\tau_1 = \mu_1\frac{\partial V_{1z}}{\partial r}$, $\tau_r = -\mu_2\frac{V_r}{\delta}$; μ_2 – вязкость пристенного слоя; μ_1 – вязкость первой фазы; V_{nz} – компонента скорости n-й фазы $(n=1;2)$; P – давление жидкости в трубе; ρ_n, ρ_{ni} – приведенная и истинная плотность n-й фазы $(n = 1;2)$; R – радиус трубы.

Рассмотрим движение при малом содержании идеальной фазы, что позволяет решить поставленную задачу методом малого параметра. За малый параметр принимаем отношение пористостей фаз на фиксированном сечении $\varepsilon = \frac{f_{20}}{f_{10}}$. Для этого параметры движения разложим в ряд по степеням ε:

$$\left.\begin{aligned} &V_{1z} = V_{1z_0} + \varepsilon V_{1z_1} + \varepsilon^2 V_{1z_2} + \dots, \quad V_{2z} = V_{2z_0} + \varepsilon V_{2z_1} + \varepsilon^2 V_{2z_2} + \dots, \\ &\rho = \rho_0 + \varepsilon \rho_1 + \varepsilon^2 \rho_2 + \dots, \quad \rho_1 = \rho_{10} + \varepsilon \rho_{11} + \varepsilon^2 \rho_{12} + \dots, \\ &\rho_2 = \rho_{20} + \varepsilon \rho_{21} + \varepsilon^2 \rho_{22} + \dots, \quad V_r = V_{r_0} + \varepsilon V_{r_1} + \varepsilon^2 V_{r_2} + \dots. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Подставив выражения (5) в систему (I), (2), (3) и в граничные условия (4), для нулевого приближения (ε^0) получим уравнения

$$\left.\begin{aligned} &f_{10}\mu_1 \frac{\partial^2 V_{1z_0}}{\partial r^2} + \frac{\mu_1 f_{10}}{r} \frac{\partial V_{1z}}{\partial r} + K(V_{2z_0} - V_{1z_0}) = -N_1 \\ &K(V_{1z_0} - V_{2z_0}) = -N_2. \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Граничные условия для данного приближения принимают вид

$$V_{1z_0} = V_{10}, \quad \mu_1 f_{10} \frac{dV_{1z_0}}{dr} = -\frac{\mu_2}{\delta} V_{10} \quad \text{при} \quad r = R - \delta. \quad (7)$$

Для восходящего потока имеем

$$N_1 = -f_{10}\frac{\partial \rho_0}{\partial z} - \rho_{10} g, \quad N_2 = -f_{20}\frac{\partial \rho_0}{\partial z} - \rho_{20} g, \quad N = N_1 + N_2.$$

Интегрируя систему уравнений (6) при граничных условиях (7), для нулевого приближения найдем

$$V_{1z_0} = \frac{N}{4 f_{10}\mu_1}\left[(R-\delta)^2 - r^2\right] + \frac{N}{2\mu_2}(R-\delta)\delta, \quad (8)$$

$$V_{2z_0} = V_{1z_0} + \frac{N_2}{K}, \quad (9)$$

$$V_{r_0} = \frac{N}{2\mu_2}(R-\delta)\delta. \quad (10)$$

Для исследования влияния идеальной фазы, а также пристенного слоя на скорости фаз и коэффициент сопротивления трубы движению основного потока достаточно рассмотреть нулевое приближение.

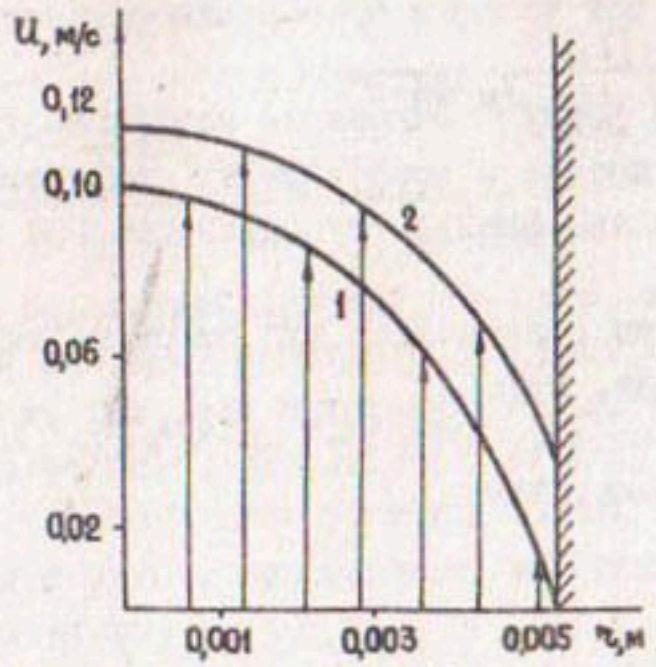


Рис.I. Эпюра скорости вязкой (I) и идеальной (2) фаз

Формулы (8) и (9) выражают распределение скоростей фаз, причем большую скорость при восходящем потоке имеет идеальная фаза: $\rho_{2i} < \rho_{1i}$ (рис.I). Легко заметить, что с уменьшением вязкости пристенного слоя скорости фаз значительно увеличиваются. Разность скоростей фаз будет большей для сред, имеющих меньшее значение коэффициента взаимодействия K. Представляет практический интерес определение коэффициента сопротивления трубы при движении вязкоидеальных двухфазных сред в зависимости от содержания газовой (идеальной) фазы, который вычисляется по формуле

$$\lambda_{см} = \frac{(f_{10}\ \tau_{1max})}{f_{10}\frac{\rho_{1i} V_1^2}{2} + f_{20}\frac{\rho_{2i} V_2^2}{2}}, \qquad (II)$$

где V_1, V_2 – средние скорости фаз.

Учитывая $\tau_{1max} = \mu_1 N \frac{R-\delta}{2 f_{10} \mu_1}$ и $G_1 = \pi (R-\delta)^2 f_{10} V_1 \rho_{1i} g$ – секундный весовой расход, выражение (II) запишем в виде

$$\lambda_{см} = \frac{N f_{10}\ \pi (R-\delta)^3 g}{2N\left[f_{10} + f_{20}\frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2\right] G}. \qquad (I2)$$

Так как расходы фаз имеют вид

$$Q_1 = \pi f_{10} N\left[\frac{(R-\delta)^4}{8 f_{10}\mu_1} + \frac{(R-\delta)^3\delta}{2\mu_2}\right], \qquad (I3)$$

$$Q_2 = \pi f_{20} N\left[\frac{(R-\delta)^4}{8 f_{10}\mu_1} + \frac{(R-\delta)^3\delta}{2\mu_2} + \frac{(R-\delta)^2 N_2}{KN}\right], \qquad (I4)$$

то

$$V_1 = \frac{N(R-\delta)^2}{8 f_{10}\mu_1} + \frac{N(R-\delta)\delta}{2\mu_2}, \qquad (I5)$$

$$V_2 = \frac{N(R-\delta)^2}{8 f_{10}\mu_1} + \frac{N(R-\delta)\delta}{2\mu_2} + \frac{N_2}{K}, \quad \delta = V_2/V_1. \qquad (I6)$$

Тогда формула (I2) принимает вид

$$\lambda_{см} = \frac{\pi (R-\delta)^3 g f_{10}}{\left[\frac{R-\delta}{4\mu_1} + \frac{\delta}{\mu_2}\right]\left[f_{10} + f_{20}\frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}\delta^2\right] G_1}. \qquad (I7)$$

Легко заметить, что при $f_2 = 0$ получаем выражение коэффициента сопротивления для однофазной жидкости:

$$\lambda = \frac{\pi (R-\delta)^3 g}{\left(\frac{R-\delta}{4\mu_1} + \frac{\delta}{\mu_2}\right) G}, \qquad (I8)$$

где G – весовой расход первой фазы при отсутствии второй.

Из (I7) и (I8) при условии $G_1 = G$ имеем равенство

$$\frac{\lambda_{см}}{\lambda} = \frac{\left(\frac{R-\delta}{4\mu_1} + \frac{\delta}{\mu_2}\right) f_{10}}{\left(\frac{R-\delta}{8 f_{10}\mu_1} + \frac{\delta}{2\mu_2}\right)\left(f_{10} + f_{20}\frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}\delta^2\right)}, \qquad (I9)$$

представляющее собой формулу отношения коэффициента сопротивления вязкоидеального потока к коэффициенту сопротивления потока без содержания идеальной фазы в трубопроводах при наличии пристенного слоя.

Численные расчеты проводились для смеси нефти и воздуха, а пристенный слой – вода, нефть:

$\rho_{1i} = 911\ н\cdot с^2/м^4$, $\rho_{2i} = 1{,}156\ н\cdot с^2/м^4$, $K = 98\ н\cdot с/м^4$, $\mu_1 = 10^{-3}\ н\cdot с/м^2$, $\mu_2 = 10^{-2}\ н\cdot с/м^2$.

Расчеты показывают, что:

I) при заданном значении пристенного слоя с увеличением концентрации газовой фазы коэффициент сопротивления смеси (I7) и его отношение к коэффициенту сопротивления однофазного течения вязкой фазы (I9) практически остаются постоянными для $\mu_1 \gg \mu_2$ и уменьшаются при отсутствии пристенного слоя (рис.2);

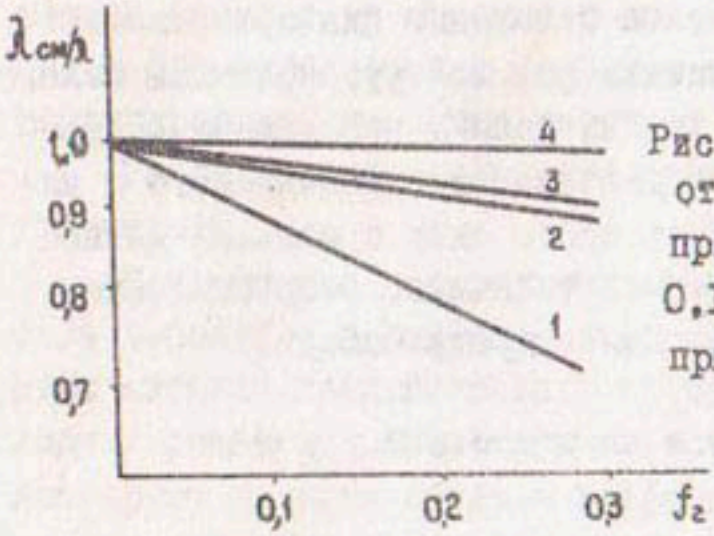


Рис.2. Зависимость отношения $\lambda_{см}/\lambda$ от концентрации второй фазы (f_2) при $\mu_1/\mu_2 = 10$ и $\delta/R = 0$ (для I); 0,I (для 2); 0,2(для 3), а также при $\mu_1/\mu_2 = 100$ и $\delta/R = 0,1$ (для 4)

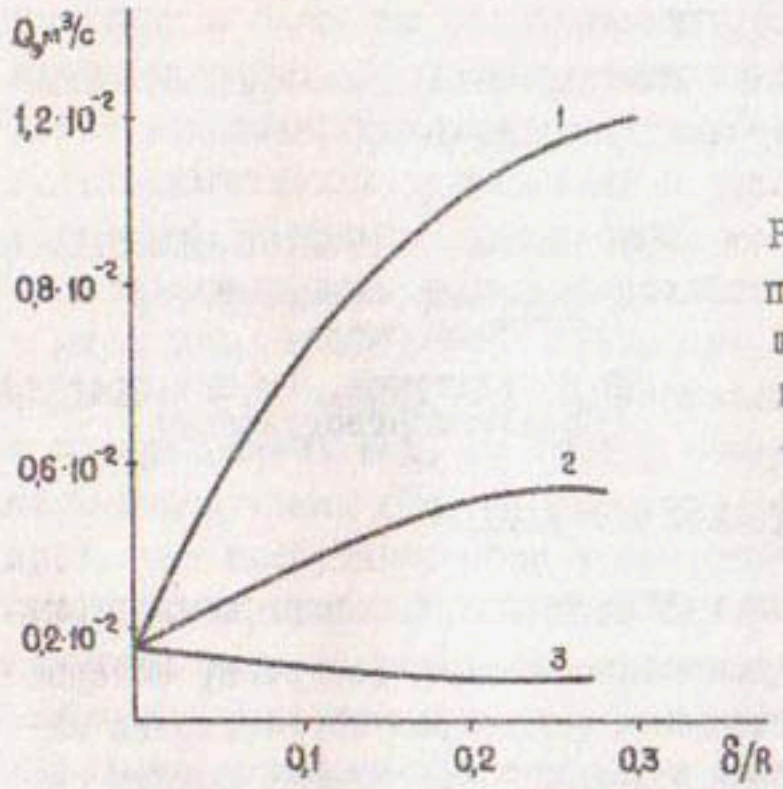


Рис.3. Зависимость расхода при однофазном течении от толщины пристенного слоя, когда $\mu_1/\mu_2 = 10$ (для I); 4 (для 2); 0,I (для 3)

2) с появлением пристенного слоя, имеющего меньшую вязкость, чем основной поток, коэффициент сопротивления резко уменьшается. Так, для пристенного слоя $\delta/R = 0,01$ коэффициент сопротивления смеси уменьшается на 80%;

3) в случае, если пристенный слой имеет вязкость большую, чем основной поток, коэффициент сопротивления смеси увеличивается незначительно;

4) исследование формул (I3) и (I4) показало: если вязкость жидкости в пристенном слое меньше вязкости основного потока, то по мере утолщения слоя расход смеси $Q=Q_1+Q_2$ сначала возрастает, затем убывает. Такой же эффект получен и для однофазного течения с пристенным слоем (рис.3).

Учет влияния пристенного слоя необходим для правильного расчета расхода и скорости движения фаз по трубопроводам малого диаметра, предназначенным для подачи воды с небольшими скоростями потребителям, особенно при расчете внутрипочвенного и капельного орошения. Создание пристенного слоя с меньшей вязкостью, чем вязкость основного потока, уменьшает сопротивление трубы, что представляет интерес для гидротранспорта.

Использованная литература

I. Левин И.А., Чернов Л.Д. Трубопроводный транспорт. Итоги науки и техники, т.7. - М., I978. -I20с.

2. Рахматулин Х.А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений. - ПММ, I956, т.XX, вып.2, с.I84-I95.

УДК 626.8I0:626.8:65.0I2.0II.56

А.М.Столяр, конструктор
(ВНИПИэкономика)

Ю.В.Толстунов, гл.инж.проекта
(Средазгипроводхлопок)

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ АСУ ВОДХОЗ

Одной из задач Минводхоза СССР является совершенствование управления комплексным использованием водных ресурсов, которое следует осуществлять с учетом всевозрастающих потребностей народного хозяйства, специфики расположения источников водных ресурсов, их запасов, экологических ограничений.

Планирование водораспределения производится органами Минводхоза СССР в соответствии с запросами всех отраслей народного хозяйства. Критериями при этом служат: эффективность использования водных ресурсов в отрасли, социальные факторы и приоритет.

Учету и распределению подлежат все водные ресурсы: поверхностные, подземные и возвратные воды. Необходимость удовлетво-

рения растущих потребностей народного хозяйства в условиях дефицита воды, жестких требований к ее качеству, а также обязательное соблюдение требований экологии заставляют искать пути мобилизации резервов. Это могут быть дополнительные водные запасы за счет переброски из бассейнов других рек, объемы, сэкономленные за счет реализации современной водосберегающей технологии в промышленности и сельском хозяйстве, за счет оперативного распределения водных ресурсов.

Рассмотрим существующую организацию управления водораспределением.

Большинство центральных органов управления водного хозяйства выполняют в основном контролирующие функции, что не позволяет активно воздействовать на процессы использования и охраны водных ресурсов. Существующие оргструктурные подразделения функционируют главным образом в границах административного деления территорий, что затрудняет проведение единой водохозяйственной политики в бассейне реки, решению всего комплекса проблем в масштабе бассейна. Отсутствие четкого критерия эффективности управления водохозяйственным предприятием и экономических отношений водохозяйственных организаций с некоторыми категориями водопотребителей. К примеру, отсутствие материальной заинтересованности в экономии воды у сельскохозяйственных предприятий приводит к нерациональному ее использованию, к необоснованно завышенной подаче ее на сельхозугодья. Управление использованием подземных и поверхностных вод, их учет и контроль осуществляются несколькими ведомствами (Госкомгидромет, Минводхоз, Мингео, Минздрав и др.), что затрудняет сбор и сопоставление информации, управление и планирование. Оставляет желать лучшего техническая оснащенность водохозяйственных систем средствами контроля и управления использованием водных ресурсов и их качеством. Водоохранные мероприятия проводятся некомплексно в пределах водохозяйственного участка, подчас ограничиваются строительством очистных сооружений предприятиями, сбрасывающими загрязненные воды.

Все сказанное свидетельствует о необходимости перестройки системы управления.

Управление водораспределением должно строиться с учетом всех специфических факторов, присущих водохозяйственным системам:

- неравномерность размещения водных ресурсов на территории страны;
- асинхронность режимов стока и водопотребления;
- взаимосвязь источников и потребителей воды в пределах бассейна;
- стохастический характер стока;
- большое количество и разнообразие объектов управления и технологий использования воды;
- ведомственную разобщенность поставщика и потребителя воды, отсутствие или недостаточность экономических отношений между ними.

Неучет хотя бы одного из факторов отрицательно сказывается на качестве управления.

Оптимальное водораспределение, учитывающее перечисленные особенности, возможно только с помощью современных средств и методов сбора и обработки информации для принятия решения об управлении, т.е. в условиях АСУ.

Пространственная разобщенность объектов управления и большой круг функциональных задач, подлежащих решению в процессе управления, вызывают необходимость организации управления по принципу "большой системы".

Накопленный опыт по разработке АСУ водохозяйственными комплексами /I...3/ позволяет выделить основные группы водохозяйственных организаций:

- подразделения центрального аппарата Минводхоза СССР (Главводресурсы и Главводоохрана) и соответствующие им подразделения минводхозов союзных республик;
- главные производственные управления по комплексному использованию и охране ресурсов бассейнов рек;
- территориальные (бассейновые) управления по регулированию, использованию и охране водных ресурсов;
- управления межреспубликанских магистральных каналов;
- управления водохозяйственных комплексов (ВХК) крупных орошаемых массивов;
- управления водохозяйственных комплексов хозяйств.

Для каждого подразделения этой структуры в соответствии с решаемыми задачами надлежит создать АСУ водохозяйственного комплекса (АСУ ВХК). Совокупность АСУ ВХК перечисленных водохозяй-

ственных организаций всех уровней условно именуется АСУ Водхоз.

При разработке и внедрении АСУ ВХК следует соблюдать принцип проблемной ориентации в части программного информационного и технического обеспечения. Это позволит АСУВХК функционировать автономно на первом этапе организации АСУ Водхоз.

Разработка АСУ ВХК предполагает использование типовых решений для каждого уровня. С этой целью разрабатываются базовые проектные решения, которые отлаживаются на характерных для данного уровня объектах и затем, после опытной эксплуатации, могут привязываться на других объектах. В настоящее время в стадии разработки АСУ Кировканал, АСУ ВХК ЮГК, которые определены как базовые объекты аридной зоны.

Функции управления распределены по уровням иерархии. На верхнем осуществляется межотраслевое и межреспубликанское водораспределение с учетом стратегии экономического развития страны. Производственные бассейновые управления упорядочивают межотраслевое и межреспубликанское комплексное использование водных ресурсов бассейна реки.

Территориальные бассейновые управления выполняют оперативное распределение воды и надзор за ее использованием потребителями и за качеством водных ресурсов. Задача управлений магистральных межреспубликанских каналов - реализация вододеления в рамках установленных для республик лимитов с учетом режимных ограничений. Управления водохозяйственных комплексов крупных орошаемых массивов осуществляют контроль за комплексным использованием водных ресурсов с учетом экономики административных районов. Управления водохозяйственных комплексов хозяйств упорядочивают водораспределение хозяйств в увязке с агротехническими мероприятиями.

Разрабатываются автоматизированные системы в АСУ Водхоз по следующим, организованным согласно предметному признаку, функциональным подсистемам:

- водные ресурсы;
- качество водных ресурсов;
- требования на воду;
- планирование комплексного использования водных ресурсов;
- мелиоративное состояние земель;
- оперативное управление использованием водных ресурсов;

- контроль и анализ водных ресурсов;
- учет использования водных ресурсов;
- техническое обслуживание ВХК.

Эти подсистемы охватывают весь круг задач управления водохозяйственным комплексом по всем уровням.

В подсистеме "Водные ресурсы" оцениваются располагаемые и прогнозируемые водные ресурсы на период планирования.

Подсистема "Качество водных ресурсов" решает задачи оценки фактического и прогнозного качества поверхностных, возвратных и подземных вод в целях планирования их использования.

В "Требования на воду" входят задачи оценки требований водопотребителей к водным ресурсам и их качеству: сельского хозяйства, гидроэнергетики, промышленности, коммунального хозяйства, речного транспорта, рыбного хозяйства - в привязке к водозаборам и местам сброса. Требования на воду разрабатываются на базе нормативов и служат основой планирования.

Подсистема "Планирование комплексного использования водных ресурсов" решает задачи оптимального водораспределения с учетом приоритета и экономических критериев.

Задачи перспективного планирования, определяющие стратегию развития водохозяйственного комплекса бассейна на длительный период, в том числе строительство и реконструкцию водохранилищ и магистральных каналов, а также реорганизацию водопотребляющего комплекса, решаются в составе схем комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки.

На этой базе АСУ решает задачи пятилетнего планирования водораспределения при заданном составе водохозяйственного комплекса и утвержденном плане его перспективного развития. Планирование осуществляется по бассейну реки в разрезе водопотребляющих отраслей и союзных республик. Корректировки в план вносятся по мере удовлетворения заявок на спецводопользование и при изменениях состава водохозяйственного комплекса.

Задачи календарного планирования решаются на год и сезон подекадно в привязке к основным водозаборам.

Подсистема "Мелиоративное состояние земель" представлена комплексом задач, определяющих фактическое и прогнозируемое мелиоративное состояние земель. Предполагается для решения задач использовать дистанционные методы зондирования. Мелиоративное

состояние земель служит основой при определении требований на воду и планировании комплексного использования водных ресурсов.

Подсистема "Оперативное управление использованием водных ресурсов" реализует решения, принятые на этапе оперативного планирования. Основной круг ее задач - расчет оперативного режима работы гидротехнических сооружений. В соответствии с выработанным планом водораспределения устанавливаются оперативный режим водоподачи и расходы в водорегулирующих сооружениях (плотинах, насосных станциях, каналах). Результаты расчетов реализуются диспетчерскими службами с помощью дистанционных средств управления.

Подсистема "Контроль и анализ использования водных ресурсов" предназначена для определения правильности функционирования системы путем сравнения фактических данных об использовании водных ресурсов с плановыми показателями, для анализа причин отклонения от плана и выдачи рекомендаций по корректировке управления.

Подсистема "Учет использования водных ресурсов" служит для учета фактического водопотребления во всех временных разрезах, в том числе и в годовом, в составе государственного учета использования вод. Учетная информация собирается по отрасли, административно-территориальным единицам и бассейну.

Подсистема "Техническое обслуживание ВХК" определяет состав, объемы и сроки ремонтных работ, расход материалов и механизмов для выполнения ремонтно-строительных работ зданий и сооружений, находящихся на балансе соответствующего подразделения АСУ.

Организационная структура АСУ Водхоз на первом этапе разработки базируется на существующей структуре управления водным хозяйством страны, но с реорганизацией, необходимой для управления в условиях АСУ. Так, с целью управления комплексным использованием водных ресурсов бассейна крупной реки разрабатывается АСУ КИВР бассейна (АСУБ) в привязке к создаваемым производственным управлениям. В составе этих управлений предусмотрены: ИВЦ, диспетчеризация, система сбора информации. АСУБ, как правило, имеют двухступенчатую структуру. На втором уровне создаются территориальные управления (ТУ), ориентированные на воднобалансовые участки, административно-территориальные единицы региона, магистральные каналы. Таких управлений может быть 3...5. Каждо-

му из них придано I5...20 пунктов контроля и управления (ПКУ), от которых поступает и которым передается технологическая информация. Располагаются ПКУ на плотинах, насосных станциях, контрольных створах.

Для управления магистральными каналами могут создаваться автономные АСУ или подсистемы второго уровня АСУБ с ИВЦ, диспетчеризацией и ПКУ.

Для территориальных (бассейновых) управлений планируются АСУ, информационно связанные с областными. Как правило, это двухуровневые структуры: на первом автоматизируется решение функций центрального аппарата управления, на втором - подразделений территориальных гидрохимических лабораторий.

Основой любой АСУ является входная информация как технологическая, так и организационная. Сбор и обработка технологической информации обычно осуществляются с помощью АСУ ТП. Однако даже в АСУ такого высокого уровня, как АСУБ, существует необходимость непосредственного сбора технологической информации с контрольных створов и с главных крупных водозаборов.

АСУ магистрального канала, наряду с задачей планирования использования водных ресурсов, решает технологические задачи управления режимом работы сооружений. Сбор этой информации осуществляется с помощью систем телемеханики.

Технологическая информация о качестве сбрасываемых вод поступает со станций автоматического контроля, устанавливаемых в контрольных створах водотока.

Кроме того, в автоматизированных системах водного хозяйства используется технологическая информация, поступающая от служб минводхозов и других ведомств.

Информация передается в виде документов как по каналам связи с помощью аппаратуры передачи данных, так и почтой, обрабатывается ВЦ, создаваемым в каждой водохозяйственной организации.

Тенденция развития техники сбора и передачи технологической информации, дистанционной передачи управляющих воздействий и использования микропроцессорной техники в автоматизации технологии направлены на повышение уровня автоматизации.

Создание АСУ Водхоз позволит:

- централизовать контроль и управление использованием и охраной водных ресурсов;

– оснастить водохозяйственные системы техническими средствами и электронно-вычислительной техникой для обеспечения органов управления достоверной и своевременной информацией, а также возможности решать оптимизационные задачи планирования и управления, в том числе и управления качеством вод.

В целях координации работ в отрасли разработана программа создания АСУ в водном хозяйстве на перспективу, включающая научно-исследовательские и проектные работы. В ней предусмотрена разработка перспективной схемы автоматизации управления водным хозяйством страны, автоматизированной системы проектирования территориальных (бассейновых) схем комплексного использования водных ресурсов и охраны вод, автоматизированной системы пятилетнего и годового планирования КИВР, автоматизированной системы государственного водного кадастра и государственного учета использования вод, экономических критериев создания АСУ в водохозяйственных организациях, экономико-математических моделей процессов управления в водном хозяйстве и базовых проектных решений по созданию АСУ на объектах водного хозяйства, а также проектов АСУ для всех звеньев управления в АСУ Водхоз.

Использованная литература

I. Технический проект "Автоматизированная система управления водохозяйственным комплексом бассейна р.Сырдарьи," т.I, кн.2. Сводная записка. Арх. № 25091. – Ташкент, 1977.

2. Духовный В.А., Леонидов В.А., Толстунов Ю.В. Основные принципы разработки АСУ магистральных и межхозяйственных каналов. – Науч. тр. В/О "Союзводпроект", М., 1981, вып.56, с.27-34.

3. Бончковский Н.Ф., Русинов О.А., Хилюк Л.Ф. Автоматизированная система управления водохозяйственным комплексом бассейна Днепра. – Науч. тр. В/О "Союзводпроект", М., 1981, вып.56, с.35-38.

УДК 62I.39I:656.254:626.8:65.0I2.0II.56

В.А.Кривопишин, ст.препод.
(ТашИИТ)

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ СЕТИ СВЯЗИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Сети связи и телемеханики (ТМ) гидромелиоративных систем (ГМС) представляют собой совокупность систем передачи дискретных и непрерывных сообщений, а также объединяющих их каналов связи и имеют следующие особенности: повышенную достоверность при передаче информации ($I-I\cdot IO^{IO}$): ошибки при передаче команд или результатов телеизмерения могут привести к авариям; недопустимость запаздывания информации при управлении и телесигнализации; централизованность передачи информации, т.е. от рассредоточенных объектов управления и контроля (КП) к диспетчеру (ДП) и наоборот- от диспетчерского пункта управления к объектам; использование групповых каналов и цепей связи.

При проектировании сетей связи и ТМ необходимо решить проблему достоверности, т.е. передачи информации с минимальными искажениями, проявляющимися как в аппаратуре, так и при передаче по линиям связи из-за помех, а также оптимальности и экономичности построения сети.

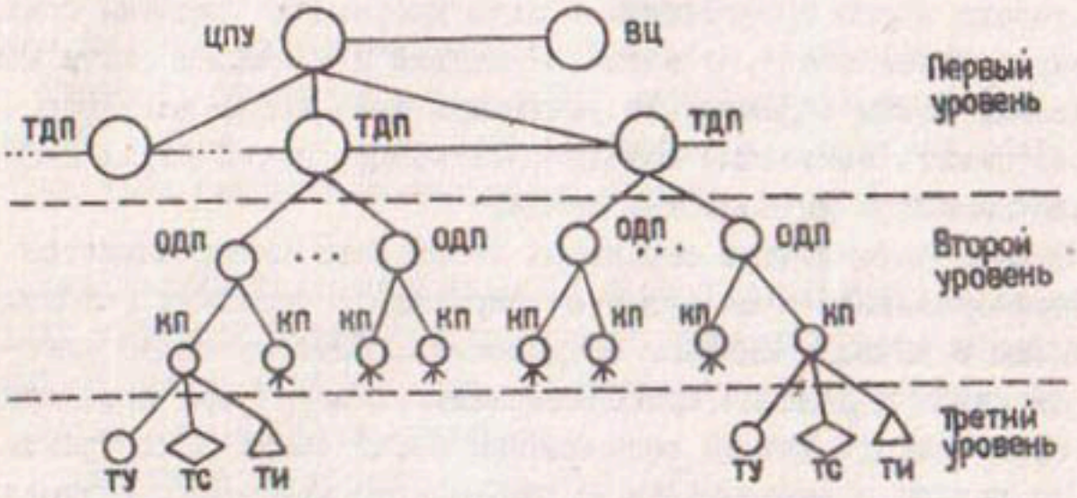
Учитывая, что стандартная аппаратура современных телемеханических комплексов реализует достаточно высокую достоверность передачи сигналов ТМ, общая достоверность трактов, образованных из каналов тональной частоты (ТЧ) и физических цепей воздушных и кабельных линий связи, будет зависеть от условий прохождения сигналов по этим каналам и цепям. Условия прохождения сигналов по групповым цепям древовидной структуры исследовались ранее. Основные результаты нашли отражение в [1,2].

С другой стороны, задачи проектирования диктуют выбор такой сети, которая удовлетворяла бы всем требованиям, предъявляемым к качеству связи, при минимальных затратах на ее строительство и максимальной надежности.

Анализ возможных вариантов построения сетей связи и ТМ показывает, что выбор структуры сети обусловлен конкретными условиями функционирования. Предлагаем осуществлять решение задачи выбора оптимальной сети и методики расчета ее параметров на эта-

не проектирования на основе древовидной структуры как обобщающей все прочие варианты [3].

С точки зрения теории распределения информации представляется целесообразным выделять три уровня построения сети связи и ТМ.



Структура сети связи и ТМ

Первый уровень обеспечивает обмен информацией между центральным пунктом управления (ЦПУ), вычислительным центром (ВЦ), территориальными диспетчерскими пунктами (ТДП или просто ДП), используя для этой цели каналы единой автоматизированной системы связи (ЕАСС).

Второй уровень предназначен для обмена информацией между ТДП, оперативными диспетчерскими пунктами (ОДП) и КП, входящими в данный территориальный район. Он включает выделенные (арендные) каналы ЕАСС и вновь создаваемые физические цепи при групповом принципе их построения.

Третий уровень реализует передачу команд непосредственно из КП к объектам управления и съем информации с контролируемых объектов. Здесь низовая сеть создается на базе физических цепей между КП и объектами управления и строится по радиальному принципу.

Из рисунка следует, что сеть связи и ТМ характеризуется наличием узлов связи, расположенных в ЦПУ, ВЦ, ТДП, ОДП, КП, и пучков каналов или цепей между ними. Под узлами связи в ВЦ, ЦПУ, ТДП, ОДП будем в дальнейшем понимать совокупность каналообразующей и коммутационной аппаратуры, под узлом связи КП - каналообразующую аппаратуру, оконечные линейные сооружения цепей связи

и кросс, где происходит коммутация каналов и цепей связи. Структуру сети связи и ТМ будем рассматривать в узком смысле этого слова, т.е. как схему соединения узлов сети.

Сеть связи и ТМ исследуется как типичный объект, структуру которого можно представить в виде графа, где вершины соответствуют узлам связи, а ветви - каналам или линиям связи между узлами. Таким образом, на указанную сеть можно частично распространить известные методы оптимизации сетей связи ЕАСС, вычислительных и им подобных сетей.

Задача оптимизации структуры любой сети связи является многокритериальной и ее решение сопряжено с большими методологическими и вычислительными трудностями. Поэтому общий алгоритм сводится к решению однокритериальных задач при определенных ограничениях. Методы оптимизации сетей связи можно разделить на группы в зависимости от выбранного критерия: минимальной суммарной протяженности ветвей, минимальной суммарной протяженности каналов, минимальной суммарной стоимости, эффективности (под эффективностью понимается значение математического ожидания величины нагрузки, обслуженной сетью).

По своему назначению и функционированию первый уровень сети связи и ТМ подобен первичной сети связи ЕАСС и для нее в дальнейшем могут быть использованы методы анализа и синтеза, применяемые для первичных сетей связи.

Второй уровень имеет свои особенности и к нему малоприемлемы известные способы оптимизации сетей. Для него требуется разработать метод и алгоритм оптимизации, учитывающие эти особенности, что и освещается в предлагаемой статье.

Вопросы, связанные с оптимизацией третьего уровня сети связи и ТМ, в работе не рассматривались.

Для изучения структурных свойств сети связи и ТМ представим ее в виде неориентированного связного конечного линейного графа без петель $G(A,B)$

$$G(A,B)=\{A,B\},$$

где $A=\{i\}$, $i=\overline{1,N}$ – множество узлов сети, состоящее из N узлов;

$B=\{(i,j)\}$, $(i,j)=\overline{1,M}$ – множество ветвей (линий или каналов связи), состоящее из M ветвей.

Узлы, соединенные ветвью, будем называть смежными. Число ветвей, инцидентных какому-либо узлу i, назовем рангом $r_i(B)$

этого узла. Для связного графа сети связи и ТМ

$$1 \leqslant r_i(B) \leqslant N-1, \quad \forall i \in A.$$

Обозначим через $\mu_{st}(B)$ путь связи между узлами s и t и определим его как упорядоченную последовательность ветвей

$$\mu_{st}(B) = (s,i),(i,j),\dots,(q,t) \in B,$$

причем ни одна из ветвей не встречается в пути дважды.

Связной считается сеть, любые узлы которой соединены хотя бы одной ветвью. При этом сеть именуется h - связной, если любые два узла связаны независимыми путями, число которых не менее h.

Для получения количественных оценок сети связи и ТМ каждому узлу и каждой ветви приписывается некоторый вес, характеризующий свойство узла и ветви, с указанием размерности.

Ветви будем характеризовать

- матрицей смежности: $R = \|(i,j)\|$,

где (i,j) - вхождения, равные I при наличии ветви и равные при ее отсутствии. При $i=j$ - неопределенность;

- матрицей длин: $L = \|l_{ij}\|$,

где l_{ij} - длина ветви между узлами i и j. Если между узлами i и j нет ветви, $l_{ij}=\infty$. При $i=j$ $l_{ij}=0$;

- матрицей пропускных способностей: $C = \|c_{ij}\|$;

- матрицей емкости: $V = \|v_{ij}\|$,

где v_{ij} - число каналов (линий) в ветви (i,j). Если ветвь отсутствует, $v_{ij}=0$. При $i=j$ $v_{ij}=0$;

- матрицей надежности: $P = \|p_{ij}\|$,

где p_{ij} - вероятность исправного действия ребра;

- матрицей стоимости: $Ц = \|ц_{ij}\|$,

где $ц_{ij}$ - стоимость ветви между узлами i и j. При $i=j$ $ц_{ij}$ - стоимость узла;

- матрицами затуханий сигналов телемеханики:

$$AL = \|a^{\ell}_{ij}\|, \quad AO = \|a^{o}_{ij}\|,$$

где a^{ℓ}_{ij}, a^{o}_{ij} - затухание в групповой цепи ТМ при передаче сигналов телеуправления и телесигнализации соответственно.

Используя характеристики ребер, можно получить характеристики для отдельных путей и сечений между заданными узлами.

Между парой узлов s и t может существовать несколько путей связи. Обозначим через Q_{st} множество путей связи между узлами s и t.

Каждому пути $\mu^{o}_{st}(B)$, $Q \in Q_{st}$ поставим в соответствие:

- ранг пути: $r_Q^{st}(B)$ - число входящих в него ветвей;
- длину пути: $l_Q^{st} = \sum_{(i,j)\in\mu_{st}^{o}(B)} l_{ij}$;
- пропускную способность пути: $C_Q^{st} = \min_{\forall(i,j)\in\mu_{st}^{o}(B)} v_{ij}$;
- емкость пути: $V_Q^{st} = \min_{\forall(i,j)\in\mu_{st}^{o}(B)} v_{ij}$;
- длину кратчайшего пути между узлами s и t:

$$d_{st}^{o} = \min_{\mu_{st}^{o}(B)} l_Q^{st}(B).$$

Известно, что одним и тем же требованиям по доставке необходимых объемов сообщений в заданные пункты может удовлетворить множество структур, отличающихся числом и расположением ветвей, их мощностью. Применение коммутации и организации обходных направлений могут изменить структуру и ее стоимость с сохранением заданных возможностей по доставке информации. Новые варианты структур сети связи и телемеханики появляются при введении в сеть дополнительных узлов, что также позволяет удешевить ее.

Стоимость ветви (i,j) определяется многими факторами и может быть представлена линейной или степенной зависимостью от ее длины и емкости. Линейная зависимость: $u_{ij} = (\alpha + \beta v_{ij}) l_{ij}$; степенная зависимость: $u_{ij} = \gamma l_{ij} v_{ij}^{\delta}$, где $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ - параметры, характеризующие аппаратуру, условия строительства и аренды каналов связи.

При анализе вариантов сети связи и ТМ применяются частичные подграфы по отношению к исходному графу $G(A,B)$, которые содержат все вершины графа $G(A,B)$ и только часть его ветвей. Далее такие графы называются остовыми подграфами графа $G(A,B)$ и обозначаются $G(A,B^{*})$. Обозначим $G(A,B_o^{*})$ - частичный остовый подграф, не имеющий циклов, где $B_o^{*} \in B$, а суммарная длина ветвей минимальная. Очевидно, $G(A,B_o^{*})$ есть дерево с минимальной суммарной длиной из множества покрывающих деревьев T все вершины графа $G(A,B)$. Тогда минимальную длину покрывающего дерева T_o можно вычислить по формуле

$$L(T_o) = \min_{T\,\forall(i,j)\in B} \sum_{i,j\in A} l_{ij}. \qquad (I)$$

Задача оптимизации сети связи и ТМ тесно связана с понятием потока сообщения и его распределения в сети по типовым каналам или цепям. Поэтому поток сообщения будем представлять числом стандартных каналов или цепей, связывающих узлы сети v_{ij}, полагая при этом, что число каналов рассчитано в соответствии с теорией телетрафика.

Требуемые каналы между каждой парой узлов сети организуют-

ся по путям связи между ними. Введем сетевые ограничения.

Пусть x^{stQ} – количество каналов между узлами s и t сети, которые организуются по пути с номером Q.

При этом $\sum_{Q\in Q_{st}} x^{stQ} = V_{st}, \forall s,t \in A$.

Указанное выражение является условием сохранения потоков. Пусть x_{ij}^{stQ} – количество каналов на ветви (i,j), используемой для организации связи между узлами s и t пути с номером Q. Условия непрерывности потока примут вид:

$$x_{ij}^{stQ} = x_{pq}^{stQ} = x^{stQ} \begin{cases} \forall (i,j), (p,q) \in \mu_{st}^{Q}(B); \\ \forall Q \in Q_{st}; \\ \forall s,t \in A. \end{cases}$$

Для каждой сети выполняются условия: $\sum_{s,t\in A} \sum x_{ij}^{stQ} = c_{ij}, \forall (i,j) \in B$.

Количество каналов на ветви x_{ij}^{st}, порождаемых связью между узлами s и t равно $x_{ij}^{st} = \sum_{Q\in Q_{st}} x_{ij}^{stQ} \begin{cases} \forall (i,j) \in B; \\ \forall s,t \in A. \end{cases}$

Постановка и решение задачи

Пусть задано: множество узлов A, в которых могут располагаться КП, состоящее из N узлов, по условиям функционирования ДП может располагаться в одном из узлов i множества A, $i \in A$; множество узлов A_o, в которых может располагаться ДП, где $A_o \in A$; множество ветвей графа B, состоящее из $M \leq \frac{N(N-1)}{2}$ ветвей; множество невозможных ветвей (p, q) графа B_o, которые невозможны между узлами p и q по условиям строительства, где $B_o \in B$; множество обязательных ветвей (m, n) графа B_1, которые по условиям функционирования обязательны между узлами m и n, где $B_1 \in B$; требуемое количество каналов между ДП и КП – U_{ij}, где i – порядковый номер узла, в котором расположен ДП; емкость ветвей V_{ij} (на емкость ветвей ограничений не накладывается); матрица длин $\| l_{ij} \|$ ветвей графа $G(A,B)$.

Требуется: из множества ветвей B графа $G(A,B)$ выбрать подмножество B_K, содержащее точно $K = N-1$ ветвей, для которого реализуются требования по количеству каналов между ДП и КП – U_{ij}, связности h, $h=1$, местоположению ДП, наличию невозможных и обязательных связей B_o, B_1 с минимальной суммарной протяженностью ветвей в сети.

Если узлы сети связи и ТМ расположены на одной плоскости, при перечисленных выше ограничениях нахождение варианта сети с минимальной суммарной протяженностью ветвей по алгоритму Прима с введением точек Штейнера [3] не всегда может дать верный результат. Это обусловлено тем, что, во-первых, ДП различных

комплексов технических сретств ТМ имеет несколько вариантов подключения фидеров, во-вторых, размещение в K-м узле сети связи и ТМ предполагает различные обязательные и невозможные связи, в-третьих, использование каналов ТЧ еще более расширяет набор обязательных и невозможных ветвей. В силу сказанного в этом случае требуется разработка специального алгоритма решения задачи.

Алгоритм поиска такого решения основан на следующем. Последовательно для каждого K-го узла графа $G(A,B)$, в котором может располагаться ДП, находятся фрагменты дерева Прима с учетом множества B_0 невозможных (p,q) ветвей, затем фрагменты сети объединяются обязательными ветвями (m,n). После этого дерево улучшается путем введения точек Штейнера. В итоге получаем $K+W$ вариантов решений, где W - число вариантов подключения фидеров к ДП. Из $K+W$ вариантов решений методом сортировки по критерию минимальной длины дерева определяется оптимальный вариант.

Представим математическую модель указанного ныше алгоритма, для чего введем следующие обозначения. Пусть $B_2=(B \setminus B_0)$ - множество ветвей графа $G(A,B)$, за исключением множества невозможных (p,q) ветвей, а $B_3=(B_2 \setminus B_1)$ - множество ветвей графа $G(A,B)$, за исключением множеств B_0, B_1 невозможных (p,q) и обязательных (m,n) ветвей. Тогда имеем соответствующие остовые подграфы $G(A,B_2^*)$, $G(A,B_3^*)$.

Процедуру определения фрагментов дерева Прима в остовом подграфе $G(A,B_3^*)$ по аналогии с (I) представим в виде

$$L_0'(T_1)=\min_{T_1}\sum_{\substack{i,j\in A\\ +(i,j)\in B_3}} l_{ij}, \qquad (2)$$

где T_1 - множество покрывающих деревьев остового подграфа $G(A,B_3^*)$.

Обозначив общую длину обязательных ветвей множества B_1 как L_1', имеем $L_1'=\sum_{\substack{i,j\in A\\ (i,j)\in B_1}} l_{ij}$. (3)

Минимальная длина дерева для варианта расположения ДП в K-м узле определяется выражением $L_K=L_0'(T_1)+L_1'$.

Введем в полученное дерево множество Z точек Штейнера. При этом из дерева длиной L_K удаляется множество ветвей B_4, $B_4\in B_3$. Число удаляемых ветвей равно $2Z$, а их общая длина может быть вычислена как $L_2'=\sum_{\substack{i,j\in A\\ (i,j)\in B_4}} l_{ij}$. (4)

За счет введения Z точек Штейнера в дерево добавляется $3z$ ветвей. Обозначим добавляемые ветви как (i,x), а их множество B_5, $B_5=\{(i,x)\}$, где i - узлы остового подграфа $G(A,B_3^*)$; x - узлы (точки Штейнера), $x\in z$. Тогда суммарная длина вводимых ветвей равна

$$L_3' = \sum_{\substack{i,x\in A\cup z\\(i,x)\in B_5}} l_{ij}. \qquad (5)$$

Таким образом, суммарная длина дерева L_K^z, построенного для ДП, расположенного в K-м узле, по алгоритму Прима с учетом множеств B_0, B_1 невозможных (p,q) и обязательных (m,n) ветвей, введением точек Штейнера определяется выражением

$$L_K^z = L_0' + L_1' - L_2' + L_3'. \qquad (6)$$

По алгоритму (6) можно построить $K+W$ вариантов деревьев, среди которых находится дерево минимальной длины. Алгоритм определения оптимального дерева среди $K+W$ вариантов основан на методе сортировки и может быть с учетом (2...5) представлен в виде

$$L_{min} = \min_{K+W}\left\{\min_{\substack{T_i\\ \forall(i,j)\in B_3}}\sum_{i,j\in A} l_{ij} \pm \sum_{(i,j)\in B_1} l_{ij} + \sum_{(i,j)\in B_4} l_{ij} + \sum_{(i,x)\in B_5} l_{ix}\right\}. \qquad (7)$$

Предлагаемый алгоритм решения задачи универсален, так как позволяет путем набора исходных параметров слагаемых в (7) смоделировать любую из ситуаций, возникающих при проектировании сетей связи и ТМ [3].

Модель (7) была положена в основу разработанной универсальной программы *ОРТ* (оптимизация). Программное обеспечение реализовано на алгоритмическом языке ПЛ-I и имеет следующие ограничения: количество КП не более 60, транзитные точки (точки Штейнера) строятся для фрагментов сети, которые не имеют "звезд", т.е. каждый КП имеет не более трех связей с другими узлами. Программное обеспечение функционирует на ЕС ЭВМ с объемом оперативной памяти не менее 150 кбайт, работающей под управлением ОС *SVS* 6.I.

Программа ОРТ состоит из восьми подпрограмм: *ROOT1, ANALIS1, PRIMA1, SIMPNET, TRANS1, LENGST, VIVOD,* – позволяет моделировать различные ситуации, возникающие в процессе проектирования и решать задачи в диалоговом режиме.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

I. При оптимизации структуры сети связи и ТМ следует различать три уровня ее построения.

2. Для первого уровня применимы известные методы оптимизации первичных сетей связи.

3. Для второго уровня сети связи и ТМ разработаны: общая математическая модель, эффективный алгоритм и программа оптимизации структуры сети по критерию минимальной суммарной протяженности ветвей, позволяющие производить расчеты с минимальным числом операций.

4. Метод оптимизации предназначен для организаций, проектирующих сети связи и телемеханики гидромелиоративных и им подобных систем, а также может служить основой при создании САПР.

Использованная литература

1. Беленький Н.М., Ким Д.В., Кривопишин В.А., Толстунов Ю.В. Метод оценки качества передачи сигналов по цепям телемеханики гидромелиоративных систем. – Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1984. Обоснование параметров гидромелиоративных систем и сооружений в проектах орошения и освоения крупных земельных массивов, с.90-100.

2. Беленький Н.М., Кривопишин В.А., Рубин В.С. Расчет надежности каналов сети связи в автоматизированных системах управления водохозяйственными комплексами. – Науч.тр. САНИИРИ, 1985. Совершенствование управления гидромелиоративными системами, с.123-131.

3. Беленький Н.М., Кривопишин В.А. Оптимизация локальных сетей передачи данных. – Тр. УЭМИИТа, Свердловск, 1983, вып.70. Передача информации в системах транспортной связи, с.44-52.

Р Е Ф Е Р А Т Ы

УДК 624.131.6:631.61:001.18

Оценка достоверности прогноза подъема уровня грунтовых вод на новоорошаемых землях Каршинской степи. Жуманов Б.Ж. - Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ)

По результатам натурных исследований оценена достоверность прогноза, составленного методами аналогии и аналитическим, скорости и сроков подъема уровня грунтовых вод до критической глубины на новоорошаемых землях Каршинской степи, приуроченных к аллювиальным и пролювиально-структурным равнинам.

Рассмотрена особенность динамики режима глубокозалегающих грунтовых вод на пролювиально-структурной равнине и степень применимости разных методов прогнозирования в период орошения целинных земель.

Рекомендуется прогнозировать режим грунтовых вод пролювиально-структурных равнин комбинированным методом, с выполнением прогноза для каждого участка в пределах геоморфологических районов в зависимости от его геофильтрационного строения.

Таблиц 4, иллюстраций 3, библиографий 3.

УДК 624.131.2:624.132.3:626.8:631.61:551.451.8

Методика оценки трудности разработки грунтов Каршинской степи сухопутными механизмами для ирригационно-мелиоративного строительства. Жуманов Б.Ж., Салыков В.П.- Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

В нормативных документах, где на основе краткой характерис-

тики определяются строительные группы грунтов, не учитываются особенности, присущие грунтам аридной зоны, которые сформировались под воздействием специфических факторов. По результатам многолетних исследований установлены причины несоответствия классификации нормативных документов условиям Каршинской степи и рекомендована методика оценки трудности разработки грунтов. Предлагаемая классификация (в дополнение к СНиП) позволит точнее определять сметную стоимость и сроки ирригационно-мелиоративного строительства в среднеазиатском регионе, а также улучшать его качество.

Таблиц I, библиографий 3.

УДК 624.I3I.2I:626.862.4

Изменение гидрогеологических параметров водоносного пласта при отборе воды дренажной скважиной. Калинин В.В., Калюжная Н.И.- Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Приводятся результаты лабораторных исследований и натурных наблюдений за изменением гидрогеологических параметров водоносного пласта при длительной откачке из скважин. Установлено, что снижение дебита скважин вследствие гранулярного перемещения и уплотнения частиц при активном притоке к скважине происходит за 2...3 года на 20...30%, снижение коэффициента фильтрации песков - на I7...30%.

Предлагается после регенерации скважин производить принудительное нагнетание воды в пласт для возмущения и переформирования уплотнившихся песков.

Таблиц I, библиографий 4.

УДК 624.I3I.54:63I.67:63I.6I

О суффозионных явлениях на гипсоносных почвах Каршинской степи и мерах борьбы с ними. Бакиев А.К. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организа-

ция - САНИИРИ.)

В результате трехлетнего цикла исследований, направленных на изучение возникновения суффозионных явлений на серо-буро-сероземных почвах Каршинской степи, выявлены их причины.

Установлено, что исследуемые почвы обладают неблагоприятными водно-физическими свойствами. Показано, что суффозионные воронки и карстовые пустоты образуются на легких по механическому составу почвах. Это связано с малой мощностью гумусного горизонта, в первую очередь, и наличием на небольшой глубине мощных аккумуляций в шестовато-губчатой форме.

Автором работы предлагается комплекс агромелиоративных мероприятий, при осуществлении которого суффозионные явления сводятся к минимуму.

На основе анализа результатов исследований рекомендуется рациональная технология освоения гипсоносных почв Каршинской степи.

Таблиц 3, иллюстраций 3, библиографий 2.

УДК 631.413.3:626.81/.84:001.18

Мелиоративное состояние земель бассейна Амударьи в современных условиях и на перспективу. Трунова Т.А. - Неуч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Засоление почвы является основным показателем мелиоративного состояния земель и оказывает существенное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Впервые в бассейне Амударьи выполнен долгосрочный прогноз солевого режима почвогрунтов и дано распределение земельного фонда по степени засоления по водохозяйственным районам в контуре развития орошения на перспективу.

Представленные в статье материалы позволяют оценить мелиоративное состояние земель по уровням развития орошения и обоснованно планировать урожайность сельскохозяйственных культур.

Таблиц 2, библиографий 2.

УДК 556.324+626.862:556.16:001.18

Расчет минерализации грунтовых вод и дренажного стока в условиях неустановившегося режима фильтрации. Гольцов Ю.Я. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Изложен метод прогноза динамики минерализации грунтовых вод и дренажного стока в условиях неустановившегося режима фильтрации, основанный на расчетах по лентам тока к дрене. Выведено уравнение конвективной диффузии для ленты тока с учетом изменения ее ширины. Приведен пример расчета.

Таблиц 3, иллюстраций 5, библиографий 9.

УДК 631.43:631.559:631.67:626.810.3

Изменение свойств почв и урожайности сельскохозяйственных культур при длительном орошении минерализованными водами. Морозов А.Н., Игнатиков В.Н. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Приводятся результаты шестилетнего опыта по изучению влияния орошения водами различной минерализации на свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур в совхозе имени В.Н.Волкова в Голодной степи.

Рекомендованы безопасные пределы минерализации оросительных вод хлоридно-сульфатно-нитриевого состава, полученных смешением речной и дренажно-сбросной воды.

Работа предназначается для проектировщиков, занимающихся вопросами использования возвратных вод на орошение в аридной зоне.

Таблиц 5, иллюстраций 4, библиографий 8.

УДК 626.81:631.67:626.862:556.16

Перспективы использования дренажно-сбросных вод для орошения и промывки засоленных земель Каршинской степи. Морозов А.Н. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зо-

не. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Рассмотрены вопросы использования дренажно-сбросных вод для орошения и промывки земель в Каршинской степи в связи с дефицитом водных ресурсов и предложены критерии безопасного их применения. В качестве основной схемы использования дренажно-сбросных вод предложена их нормированная перекачка из крупных коллекторов в магистральные каналы (Ульяновский) с жестким соблюдением норм минерализации.

Иллюстраций I, библиографий I2.

УДК 63I.452:55I.45I.8:63I.67

О плодородии аридных почв и его расширенном воспроизводстве в условиях орошения. Решетов Г.Г. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Рассмотрены факторы почвенного плодородия новоосваиваемых и перспективных для освоения земель Средней Азии. Перспективные для орошения почвы характеризуются в основном пониженным и низким естественным плодородием. Вместе с тем показано, что применением соответствующих приемов мелиоративной подготовки почв (качественная планировка, глубокое рыхление, внесение органических удобрений и др.) и современной высокой культуры земледелия можно обеспечить подъем и расширенное воспроизводство почвенного плодородия осваиваемых земель и на этом фундаменте интенсивно развивать сельскохозяйственное производство при экономном расходовании воды, что весьма важно в условиях нарастающего водного дефицита в среднеазиатском регионе.

Библиографий 9.

УДК 626.84:626.87:63I.445.52:55I.45I.8

Эффективность различных способов промывок засоленных земель на фоне глубокого рыхления. Решетов Г.Г., Муксимов Р.А., Нуритдинов Б. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Рассмотрены различные способы промывки сильнозасоленных почв Мехнатабадского района Сырдарьинской области. Выявлены эффективные приемы подготовки почв к промывке и способы распределения воды.

На основании результатов проведенных исследований для быстрейшего опреснения почв и их сельхозосвоения рекомендуется комплекс мероприятий. Перед промывкой почв проводить глубокое рыхление расчетного слоя (на 0,6...1,2 м), что повышает промывное действие воды в 1,5...2 раза. Промывки почв нормой до 10 тыс.$м^3$/га следует проводить прерывистой подачей воды дробными нормами на фоне глубокого постоянного дренажа без дополнительного мелкого временного. Это позволит рассолять почвы на 85... 90% от промываемой площади при промывках по чекам и на 95% - при промывках по бороздам.

Таблиц 1, иллюстраций 6, библиографий 4.

УДК 631.559:582.796:631.452:001.18

Обоснование проектной урожайности сельскохозяйственных культур с помощью производственных функций. Серебренников Ф.В.- Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Обоснование проектной урожайности сельскохозяйственных культур предлагается проводить с помощью производственной функции кинетического вида. По фактическим данным идентифицируются параметры производственной функции, проводится ее анализ на основе показателей, принятых в эконометрии. Дается интерпретация полученных результатов с точки зрения влияния основных агромелиоративных факторов на урожайность хлопчатника. Предложен метод расчета роста урожайности хлопчатника по годам освоения с учетом различий в плодородии почв.

Таблиц 4, иллюстраций 3, библиографий 12.

УДК 626.84:621.643.2

Водосберегающая технология полива при больших уклонах и сложном рельефе. Лучинин Н.Г., Райх В.В., Тресков Б.А. - Науч.

тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Полив земель с уклонами поверхности от 0,05 до 0,2 по бороздам из ок-арыков имеет весьма низкие показатели. Поверхностный сброс достигает 50...70%, что ведет к увеличению стоимости насосных станций и оросительной сети. Кроме того, он вызывает сильную эрозию почвенного покрова. Поливы плохо увязываются с послеполивной обработкой сельскохозяйственных культур.

Приведены разработанные в институте "Средазгипроводхлопок" водосберегающая технология и технологические схемы многоярусного полива, увязывающие оптимальные элементы техники полива с требованиями послеполивной обработки, позволяющие повысить КПД полива до 0,86...0,94 за счет использования поверхностного сброса внутри поливаемой делянки и снизить эрозию почвы до допустимых размеров. Технология может быть реализована с помощью серийно выпускаемых гибких поливных трубопроводов малого диаметра.

Впервые эти технология и технологические схемы полива были использованы при разработке проекта орошения земель междуречья Кугарт-Караунгур в Ошской области Киргизской ССР.

Иллюстраций 2.

УДК 626.84:633.5II:626.8I/.84:00I.2

Совершенствование существующего метода расчета элементов техники полива. Райх В.В. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Проанализированы существующий метод расчета элементов техники полива по бороздам, созданный в Средазгипроводхлопке (Г.Н. Павлов, Д.Ф.Солоденников), некоторые его недостатки и предложены конкретные меры по их устранению.

Значительные перемены произведены в способе обработки исходных данных и гидравлическом расчете борозды. Предложены зависимости изменения коэффициента шероховатости, параметра параболы и показателя степени у гидравлического радиуса от величины модуля расхода борозды.

Правильность результатов расчетов по усовершенствованному методу устанавливалась путем их соответствия обобщенным результатам многочисленных полевых опытов, представленным в виде полуэмпирических формул и табличных значений элементов техники полива.

Модифицированный метод позволяет получать достоверные, не расходящиеся с фактическими расчетные значения времени добегания, общего времени полива и объема сброса и может эффективно использоваться в практике проектирования мелиоративных систем.

Библиографий 9.

УДК 626.84:633.5II:626.8I/.84:00I.2

К вопросу совершенствования математической модели, используемой для обоснования проектных технологических схем полива. Райх В.В. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

В математической модели бороздкового полива, применяемой "Средазгипроводхлопком" в практике проектирования, изменена зависимость времени добегания. В качестве функции впитывания использована формула С.Ф.Аверьянова, а рекомендуемая зависимость получена по способу, примененному А.Н.Костяковым при выводе аналогичной формулы.

Усовершенствованная модель полива позволяет получать оптимальные для данных природно-хозяйственных условий расчетные значения элементов техники полива, имеющие вполне удовлетворительную сходимость с натурными данными. Эти элементы используются при составлении проектных технологических схем полива, отвечающих требованиям водосбережения и обеспечения плановой производительности труда.

Библиографий 3.

УДК 626.82:62I.643.2:62I.646:63I:6I

Анализ работы закрытой оросительной сети в Джизакской и Каршинской степях. Попов В.С., Саушкина Т.Я. - Науч.тр. Ин-т

"Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

На основании натурных обследований сделаны обобщения о наиболее часто встречающихся недостатках в работе закрытой оросительной сети и сооружений на ней: водозаборных, водовыпускных, сбросных. Даны рекомендации по дальнейшему совершенствованию работы ЗОС с выделением предполагающихся проектных, строительных и эксплуатационных мероприятий.

Выводы и предложения, сделанные на основании натурных обследований в Каршинской и Джизакской степи, могут быть отнесены к другим районам применения ЗОС при равноценных условиях.

Библиография 6.

УДК 626.8:627.833

О выборе рациональных размеров приводов винтовых подъемников. Попов В.С., Архангельский В.К.- Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Выполнен анализ работы существующих конструкций приводов электрических подъемников грузоподъемностью 5, I0, 20 т, определен коэффициент полезного действия механической передачи и намечены пути его повышения. Выполнен расчет тихоходного и промежуточного валов, выявлены неоправданные запасы их прочности.

В последующих публикациях будут рассмотрены рекомендации по расчету и выбору рациональных параметров зубчатых передач и валов, а также уменьшению геометрических размеров корпуса редуктора.

Таблиц 4, иллюстраций 8, библиография 6.

УДК 526.8:627.833

Модельные исследования затворов с переливом для повышения надежности работы гидроузла. Ибрагимов Ю.А. - Науч.тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издаю-

щая организация - САНИИРИ.)

На речных гидроузлах устанавливаются затворы, работающие с переливом. Перелив верхнего слоя воды осуществляется опусканием подвижной верхней кромки затвора. При переливе образуется вакуумная зона и наблюдается вибрация.

Для устранения вакуума и явлений вибрации, а как результат - для общего повышения надежности работы гидроузла предлагается установка рассекателей на подвижной верхней кромке затвора.

Иллюстраций 2.

УДК 532.542:626.844

Влияние пристенного слоя на параметры движения жидкостей в трубопроводах малого диаметра. Файзуллаева Ф.Д. - Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

В работе рассматривается движение вязкоидеальной жидкости в трубопроводах. Выведено уравнение движения и неразрывности, установлено распределение скоростей фаз и жидкости в пристенном слое, изучено влияние пристенного слоя на коэффициент сопротивления трубы и расход смеси. Изучение влияния пристенного слоя необходимо в мелиоративной практике для правильного расчета расхода, скорости движения фаз по трубопроводам малого диаметра, особенно при внутрипочвенном и капельном орошении. Уменьшение сопротивления трубы движению жидкостей представляет интерес для гидротранспорта. Сделаны расчеты для конкретных случаев, результаты которых приведены в виде графиков.

Иллюстраций 3, библиографий 2.

УДК 626.810:626.8:65.012.011.56

Концепция создания АСУ Водхоз. Столяр А.М., Толстунов Ю.В.- Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, 1986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Сформулированы основные отраслевые задачи водохозяйствен-

ных организаций по совершенствованию управления комплексным использованием водных ресурсов. Рассмотрены уровни управления, задачи каждого уровня и оснащение их комплексом технических средств. Приводятся этапы разработок и внедрения АСУ Водхоз.

Создание АСУ Водхоз позволит более рационально использовать водные ресурсы при сокращении численности эксплуатационного персонала.

Библиографий 3.

УДК 62I.39I:656.254:626.8:65.0I2.0II.56

Метод оптимизации структуры сети связи и телемеханики автоматизированных систем управления. Кривопишин В.А. - Науч. тр. Ин-т "Средазгипроводхлопок", Ташкент, I986. Проектирование совершенных гидромелиоративных систем в аридной зоне. (Издающая организация - САНИИРИ.)

Рассматривается структура сети связи и телемеханики, для которой составлена общая модель. При оптимизации указанной структуры следует различать три уровня. Для первого рекомендуется использовать известные методы оптимизации, используемые для первичных сетей ЕАСС. Для второго уровня разработаны: эффективный алгоритм и программа оптимизации по критерию минимальной суммарной протяженности линий связи. Метод оптимизации рекомендуется организациям, проектирующим сети связи и телемеханики гидромелиоративных и им подобным систем, а также может служить основой при создании САПР.

Иллюстраций I, библиографий 3.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Жуманов Б.Ж. Оценка достоверности прогноза подъема уровня грунтовых вод на новоорошаемых землях Каршинской степи 3

Жуманов Б.Ж., Сальников В.П. Методика оценки трудности разработки грунтов Каршинской степи сухоройными механизмами для ирригационно-мелиоративного строительства 11

Калинин В.В., Калюжная Н.И. Изменение гидрогеологических параметров водоносного пласта при отборе воды дренажной скважиной 17

БакиевА.К. О суффозионных явлениях на гипсоносных почвах Каршинской степи и мерах борьбы с ними 22

Трунова Т.А. Мелиоративное состояние земель бассейна Амударьи в современных условиях и на перспективу 33

Гольцов Ю.Я. Расчет минерализации грунтовых вод и дренажного стока в условиях неустановившегося режима фильтрации 41

Морозов А.Н., Игнатиков В.Н. Изменение свойств почв и урожайности сельскохозяйственных культур при длительном орошении минерализованными водами 53

Морозов А.Н. Перспективы использования дренажно-сбросных вод для орошения и промывки засоленных земель Каршинской степи 62

Решетов Г.Г. О плодородии аридных почв и его расширенном воспроизводстве в условиях орошения 70

Решетов Г.Г., Муксимов Р.А., Нуритдинов Б. Эффективность различных способов промывок засоленных земель на фоне глубокого рыхления 77

Серебренников Ф.В. Обоснование проектной урожайности сельскохозяйственных культур с помощью производственных функций 90

Лучинин Н.Г., Райх В.В., Тресков Б.А. Водосберегающая технология полива при больших уклонах и сложном рельефе 104

Райх В.В. Совершенствование существующего метода расчета элементов техники полива 109

Райх В.В. К вопросу совершенствования математической модели, используемой для обоснования проектных технологических схем полива 114

Попов В.С., Саушкина Т.Я. Анализ работы закрытой оросительной сети в Джизакской и Каршинской степях 117

Попов В.С., Архангельский В.К. О выборе рациональных размеров приводов винтовых подъемников 125

Ибрагимов Ю.А. Модельные исследования затворов с переливом для повышения надежности работы гидроузла 146

Файзуллаева Ф.Д. Влияние пристенного слоя на параметры движения жидкостей в трубопроводах малого диаметра 149

Столяр А.М., Толстунов Ю.В. Концепция создания АСУ ВОДХОЗ 154

Кривопишин В.А. Метод оптимизации структуры сети связи и телемеханики автоматизированных систем управления 162

Рефераты 171

Сводный план, 1986, поз.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВЕРШЕННЫХ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Редактор Е.Н.Макушенко

сс