

305
Министерство мелиорации и водного хозяйства Узбекской ССР

УЗГИПРОВОДХОЗ

Кафедра гидрогеологии ТашГУ им. В. И. Ленина

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

УзИНТИ

Ташкент — 1966

Министерство мелиорации и водного хозяйства Узбекской ССР

УЗГИПРОВОДХОЗ

Кафедра гидрогеологии ТашГУ им. В. И. Ленина

А. А. ХУДАЙБЕРДЫЕВ

кандидат геолого-минералогических наук

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ .

ИНСТИТУТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
И ПРОПАГАНДЫ УЗБЕКСКОЙ ССР

Ташкент — 1966

ВВЕДЕНИЕ

Прогрессивные методы регулирования режима грунтовых вод в условиях орошаемого хозяйства — один из решающих факторов, определяющих направление почвообразовательных процессов и общее мелиоративное состояние поливных земель. Борьба за урожайность принимает особую остроту там, где она связана не только с необходимостью применения инженерных методов мелиорации, но и с поисками наиболее удачных их сочетаний в соответствии с природными и водохозяйственными условиями орошаемых массивов.

В этом отношении территория Голодной степи явилась как бы опытным полигоном, который со времени первых попыток проведения испытания вертикального дренажа Н. В. Макридиным в 1928—1930 гг. стал местом последующих систематических научно-экспериментальных исследований по выявлению условий формирования подземных вод и степени их влияния на мелиоративное состояние орошаемых земель.

Результаты первой серии этих исследований, поставленных в свое время проф. М. М. Крыловым по разработанной им методике изучения баланса грунтовых вод на лизиметрических установках, привели их автора к весьма важным выводам, объясняющим одну из характерных черт формирования режима и баланса грунтовых вод Голодной степи.

Этими исследованиями удалось установить генетическую связь грунтовых вод с глубокими водами напорных горизонтов, питающихся со стороны Чирчик — Ангренского бассейна. Предположения автора исследований о проникновении аллювиальных отложений правобережных притоков Сырдарьи в область современной Голодной степи в раннюю фазу ее образования получили свое подтверждение в работах проф. О. А. Рыжкова и др. [13].

Результаты последующих гидрогеологических исследований, проведенных в различное время А. Ф. Слядневым, Г. Д. Антоновой, К. Я. Опрышко, Н. Н. Ходжибаевым, В. В. Руленко, Н. И. Броницким и другими, также доказали правильность взглядов проф. М. М. Крылова на роль вертикального водообмена в процессе формирования режима грунтовых вод Голодной степи. Это обстоятельство изменило мнение многих гидрогеологов и мелиораторов в пользу вертикального дренажа, рекомендуемого в качестве метода для достижения коренной мелиорации в условиях Голодной степи.

С 1956 г. наступил период систематических опытно-эксплуатационных испытаний вертикального дренажа, осуществляемых силами Узбекского гидрогеологического треста при участии пастбищно-мелиоративно-строительного треста, Института «Средазгипроводхоз», Института водных проблем и гидротехники АН УзССР и др.

С тех пор прошло почти 10 лет. Результаты выполненных исследований изложены в отчетных материалах и в ряде опубликованных статей [1, 12 и др.]^{*}.

Хотя эти исследования нельзя считать законченными, так как они проводились с большими перебоями из-за технических неполадок и не могли быть выполнены по намеченному плану, полученные результаты не оставляют сомнений в эффективности действия вертикального дренажа, как надежного метода регулирования водно-селевого баланса почвогрунтов. Вместе с тем, нельзя не согласиться с мнением большинства специалистов, занимающихся вопросами мелиорации, что на сегодняшний день не существует вполне стройной и законченной теории расчета вертикального дренажа. Правильность такого мнения получила достаточно убедительное подтверждение при обсуждении проекта вертикального дренажа для староорошаемой зоны Голодной степи, составленного Институтом «Средазгипроводхоз» и рассмотренного на техническом совете Министерства водного хозяйства УзССР в 1964 г.^{**}.

^{*} Ходжибаев Н. Н. и др. Ежегодник Голодностепенской гидрогеологической станции за 1959 г., Ташкент, фонды Главгеологии, УзССР, 1960.

^{**} Михельсон Б. А. и др. Схема внедрения вертикального дренажа в старой зоне орошения Голодной степи, Ташкент, Институт «Средазгипроводхоз», 1964.

Из записанного в протоколе решения техсовета видно, что в вопросах проектирования вертикального дренажа имеется еще много неясностей, успешное выяснение которых обязывает гидрогеологов, мелиораторов и проектировщиков к более тесному сотрудничеству в решении задач по коренной мелиорации засоленных земель.

В настоящее время на вертикальный дренаж возлагаются большие надежды в деле подъема культуры земледелия в целом по республике, а внедрение его в производство, как известно, осуществляется весьма слабо.

Институту «Средазгипроводхоз» и Среднеазиатскому институту водных проблем и гидротехники поручено изучить возможности применения вертикального дренажа в орошаемых районах республики и дать рекомендации по дальнейшему его внедрению в производство.

ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Голодная степь занимает равнинную часть обширной межгорной впадины, обрамленной Туркестанским, Кураминским, Чаткальским хребтами и открытой в сторону Кызылкумов на севере и северо-западе.

Неровная кровля палеозойского фундамента в пределах Голодной степи, залегающая на глубине 1175—1640 м от поверхности земли, вскрыта немногими скважинами. Палеозой здесь представлен перекристаллизованными известняками, под которыми в некоторых скважинах вскрыты кварциты и пироксеново-палевошпатовый песчаник.

По данным О. А. Рыжкова [13], современный общий структурный план площади Ташкентско-Голодностепской впадины наметился в мезозое, а с конца палеогена начался второй этап тектонического развития впадины, сопровождавшийся большой амплитудой восходящих движений периферийного горного обрамления и опусканием дна котловины. Это создало резкое несоответствие гипсометрических положений в рельефе и обусловило бурное развитие эрозионно-аккумулятивных процессов, способствовавших накоплению огромной мощности континентальных отложений в неогене. Мощность последних, по данным глубоких скважин, состав-

ляет более 1000 м, в то время как мощность мезозойских пород не превышает 100 — 200 м. Неоген здесь представлен разноцветной толщей глин, песчаников, алевролитов и другими разновидностями рыхлообломочных, в разной степени сцементированных пород.

Неровная поверхность образований неогенового возраста перекрыта чехлом четвертичных отложений, достигающих 300 м мощности. Эти отложения — главным образом продукт эрозионно-аккумулятивной деятельности поверхностных водотоков, стекавших в Голодно-степскую впадину с Туркестанских и Чаткало-Кураминских гор.

В первой половине четвертичного периода аллювиально-пролювиальные образования, перенесенные со стороны Чирчик — Ангренского бассейна, сыграли крупную роль в осадконакоплении в северо-восточной и восточной части Голодно-степской впадины.

Река Сырдарья располагалась в то время юго-западнее ее современного положения и сбрасывала свои воды в Кызылкумы. По мере смещения оси главного погружения впадины на северо-восток в этом же направлении происходило и отклонение русла реки. Сток в Кызылкумы прекратился, по-видимому, в период формирования второй террасы Сырдарьи, за которым последовала локализация стока у Чардары [7].

Таким образом, формирование Голодно-степской впадины сопровождалось сложным процессом аккумуляции осадков, среди которых в северо-восточной и северной частях основную роль играют аллювиальные и аллювиально-озерные отложения, а в южной и юго-западной, наряду с ними, главное распространение получает пролювий.

Современная долина Сырдарьи состоит из поймы и трех надпойменных террас. Первая терраса (озерная) в настоящее время в основном осушена и отделяется от поймы уступом высотой в 1—2 м; ширина ее достигает 3—5 км. Более широкое развитие имеет вторая терраса шириной до 12—13 км, возвышающаяся над озерной на 2,5 — 3,0 м. В толщу этой террасы врезано полого-склонное Шурузьякское понижение, являющееся реликтом древнего русла Сырдарьи. Третья терраса, составляющая большую часть площади Голодной степи, отделяется от второй высоким уступом, от которого она

простирается вглубь до слияния с пролювиальной равниной, окаймляющей подножье Туркестанского хребта.

Молодые террасы Сырдарьи сложены главным образом песчано-галечниковыми образованиями, прикрытыми небольшим слоем мелкозема, мощностью от 1—2 до 5—10 м. В строении третьей террасы преобладают суглинистые отложения, пески имеют подчиненное значение.

В основании третьей террасы скважинами вскрыты древне-аллювиальные песчано-галечниковые слои, генетически связанные с прошлой деятельностью рек Ангрена и Чирчика.

Эти галечниковые «языки», вытянутые в сторону Голодной степи и достигающие почти ее центральных частей, являются проводниками подземных вод, формирующихся в пределах Чирчик — Ангренского бассейна, воды которого оказывают, таким образом, существенное влияние на гидрогеологию Голодной степи.

По мнению проф. М. М. Крылова, расход правобережного потока составляет около $25 \text{ м}^3/\text{сек}$, из которого 30—40% поступает в Голодную степь, а остальная часть перехватывается Сырдарьей. По данным К. Я. Опришко, суммарный подземный приток в пределах Голодной степи составляет около $30 \text{ м}^3/\text{сек}$.*

Исследованиями, проведенными в 1962 г. Кировской гидрогеологической партией Узбекского гидрогеологического треста,** величина притока с правого берега Сырдарьи определена $7 \text{ м}^3/\text{сек}$, а поток с юга, со стороны Туркестанского хребта — $0,9 \text{ м}^3/\text{сек}$. Оба эти потока, суммируясь в сложных литологических условиях, образуют весьма замедленный сток, направленный на северо-запад.

К указанным естественным источникам формирования подземных вод со времени освоения Голодной степи прибавился более обильный источник их питания, состоящий из потерь ирригационных вод на фильтрацию.

* Опришко К. Я. и Стукалова М. В. Гидрогеологические условия Голодной степи в зоне командования канала им. Кирова в пределах УзССР, Узгипроводхоз, Ташкент, 1954.

** Ковалев Ю. С. и др. Подсчет естественных и эксплуатационных запасов подземных вод северо-восточной части Голодной степи для целей орошения, Ташкент, фонды Главгеологии УзССР, 1962.

Ирригация в корне изменила ранее существовавший естественный режим грунтовых вод, преобразив его до современного состояния, отличающегося повсеместным подъемом зеркала грунтовых вод и усилением расхода их на испарение, вызвав тем самым процессы засоления почв.

Региональный отток подземных вод Голодной степи, вследствие ее геоструктурных особенностей имеет второстепенное значение. Основными статьями расходной части баланса грунтовых вод здесь являются суммарное испарение и дренажный сток через коллекторную сеть и р. Сырдарью.

Количественные выражения перечисленных элементов баланса помещены в табл. 1. Данные ее были положены в основу проекта вертикального дренажа, составленного Институтом «Средазгипроводхоз» для северо-восточной части Голодной степи на валовую площадь 210,8 тыс. га, из которых 122 тыс. га освоенных.

Минерализация подземных вод Голодной степи отличается значительной пестротой, которая, однако, подчинена определенной закономерности, обусловленной, с одной стороны, природными условиями, а с другой, — фактором ирригации. Первые главным образом определяют уменьшение минерализации подземных вод по глубине их залегания, а ирригационно-мелиоративные мероприятия вызывают вторичное перераспределение солевых запасов в почвогрунтах и в грунтовых водах. На интенсивно-орошаемых землях и в зонах прохождения оросительных каналов наблюдается миграция солей с верхнего водоносного горизонта в нижний, а на неорошаемых участках (перелог и прочие свободные земли) происходит обратная картина подтягивания солей из нижних горизонтов в верхние. В первом случае имеет место процесс рассоления почв и опреснения грунтовых вод, а во втором — развитие процесса их засоления.

РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ И НАПОРНЫХ ВОД

Формирование режима грунтовых вод в рассматриваемых условиях тесно связано с режимом подстилающих водоносных горизонтов, которые выступают либо в роли питающей среды (подпор), либо как базис раз-

грузки грунтовых вод, в зависимости от соотношения уровней свободной поверхности последних и пьезометрического напора, развивающегося в зоне раздела (рис. 1).

Т а б л и ц а 1

Баланс подземных вод, млн. м³

Статья балансов	Валовая площадь 210,8 тыс. га в том числе		освоенная площадь 122 тыс. га
	средне- годовая	вегета- ционный период	невегета- ционный период
Поступление			
Фильтрация из КМК	125,2	92,0	33,2
Фильтрация из Правой ветки КМК	84,9	65,9	19,0
Фильтрация из ЮГК и Правой ветки ЮГК	47,9	37,3	10,6
Фильтрация из прочих каналов	104,9	84,0	20,9
Фильтрация на полях	223,0	180,1	42,9
Фильтрация атм. осадков	70,1	8,7	61,4
Приток с правого берега Сырдарьи	171,8	86,1	85,7
Приток с ЮГА	61,8	30,7	30,6
Приток снизу	4,5	2,4	2,1
Подпитывание Сырдарьей	11,0	11,0	—
Всего подано	904,6	598,2	306 5
Расход			
Отвод коллекторной сетью	470,0	260,1	209,0
Отвод Сырдарьей	68,5	30,4	38,1
Испарение и транспирация	371,1	290,3	80,0
Подъем и снижение уровня грунтовых вод	—	+17,4	—17,4
Итого	909,6	580,8	327,9

Величина и знак напорного градиента при этом определяются условиями питания и дренажа, и в зависимости от превалирования одной из указанных на рис. 1 форм движения образуются различные типы режимов грунтовых вод.

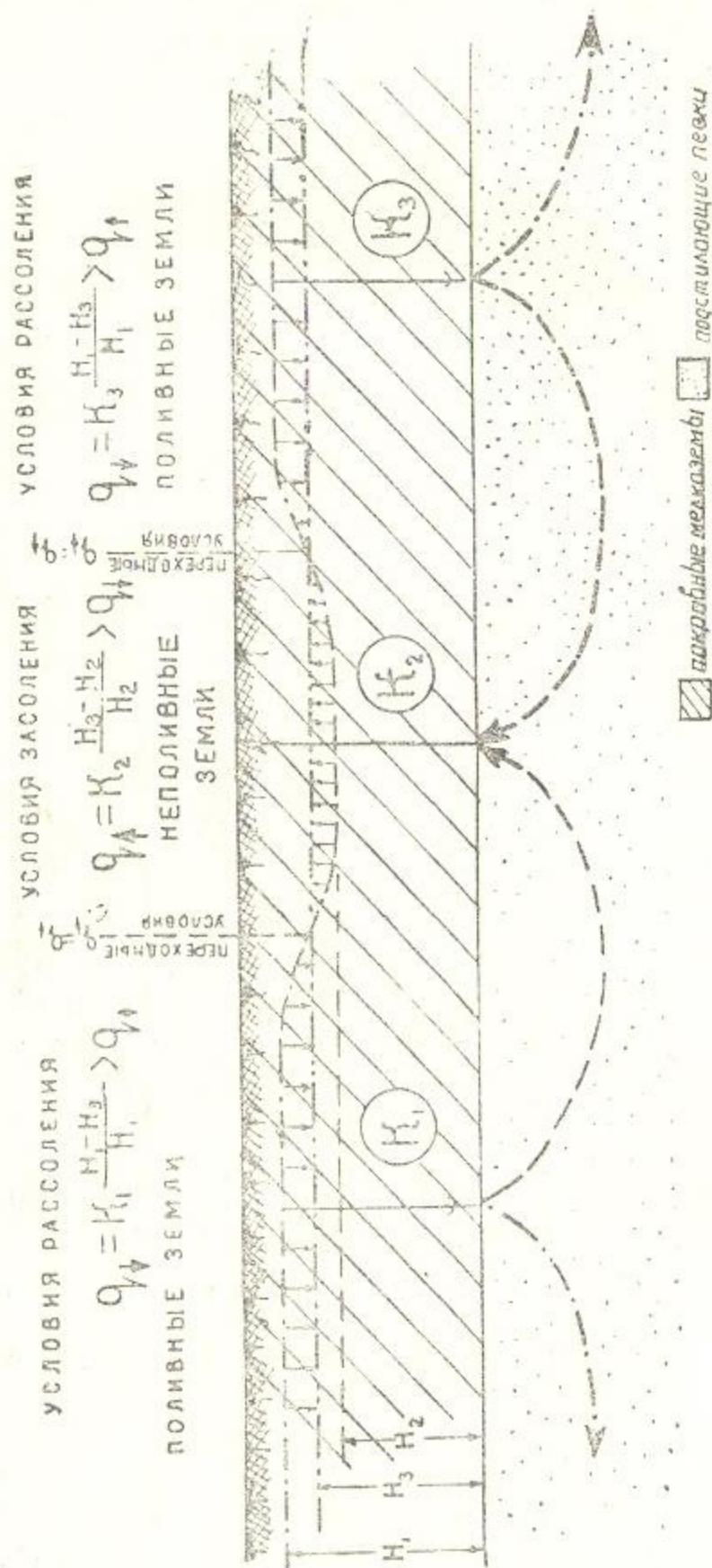


Рис. 1. Схема движения грунтовых вод в орошаемой зоне Голодной степи: K_1, K_2, K_3 — коэффициент фильтрации мелкоземов; $\downarrow$ — нисходящие токи ирригационных вод; $\uparrow$ — восходящие токи напорных вод; $q_{\downarrow}$ — расход нисходящих токов; $q_{\uparrow}$ — расход восходящих токов; $\downarrow$ — региональный сток, характеризующий истинную дренированность; $\uparrow$ — местный отток на суммарное испарение — элемент кажущейся дренированности (сухой дренаж); — — — уровень напорных вод; уровень грунтовых вод.

Насколько глубоко уходят генетические корни последних, можно видеть на совмещенных графиках режимов уровней различных водоносных горизонтов, взаимосвязанных между собой и суммарно действующих на режим верхнего горизонта подземных вод (рис. 2—3).

Эта генетическая особенность последних (на которой подробнее остановимся ниже) не нашла должного отражения в существующих классификационных схемах типов режима грунтовых вод Голодной степи, а некоторыми авторами [3] она совершенно отвергалась, ввиду неясности механизма ее действия.

Вопрос этот не является новым. Он возник с момента постановки Н. В. Макридиным первого в Голодной степи эксперимента по испытанию вертикального дренажа, неудачный исход которого автор объяснил влиянием глубоких напорных вод. Это же явление объяснялось В. С. Малыгиным как следствие местного напора, создающегося под действием приподнятых грунтовых вод окружающего рельефа, что привело автора к отрицанию возможности питания грунтовых вод со стороны более глубоких горизонтов.

Природа последних оставалась, таким образом, не выясненной.

В дальнейшем, балансовыми исследованиями проф. М. М. Крылова было не только установлено наличие связи грунтовых вод с глубокими напорными водами, но и выявлены количественная их сторона, а также природа и пути их проникновения [7]. Большой вклад в изучение этого вопроса внесен К. Я. Опрышко*, данные пьезометрических наблюдений которого, увязанные с общей геолого-литологической структурой района, явились одной из первых основ составления проекта коренной мелиорации староорошаемой зоны Голодной степи, разработанного гл. инженером проекта Узгипроводхоза Б. А. Михельсоном в 1952—1954 гг.

Проведенные впоследствии лизиметрические исследования А. Ф. Сляднева, а также пьезометрические наблюдения К. Я. Опрышко, В. В. Руленко, Г. Д. Антоновой и других окончательно подтвердили концепцию М. М. Крылова и показали необходимость и практиче-

* Гидрогеологические условия Голодной степи в зоне командования канала им. Кирова в пределах УзССР, Узгипроводхоз, Ташкент, 1952.

скую важность постановки более широких исследований данного явления, имеющего исключительное значение в деле коренной мелиорации земель Голодной степи.

Такие исследования были осуществлены в 1956—1959 гг. Голодностепской режимной партией, руководимой Н. Н. Ходжибаевым, отчетные данные которого, приведенные в ежегоднике за 1959 г., освещают ряд весьма существенных вопросов, остававшихся до того времени неясными. Этими исследованиями, в частности, установлены формы взаимосвязи между грунтовыми и напорными водами различных горизонтов, а также границы распространения этой связи как по глубине, так и по площади, и ряд других положений.

Остановимся на характеристике основных закономерностей в динамике уровней различных водоносных горизонтов на типичных примерах их режима (рис. 2 и 3).

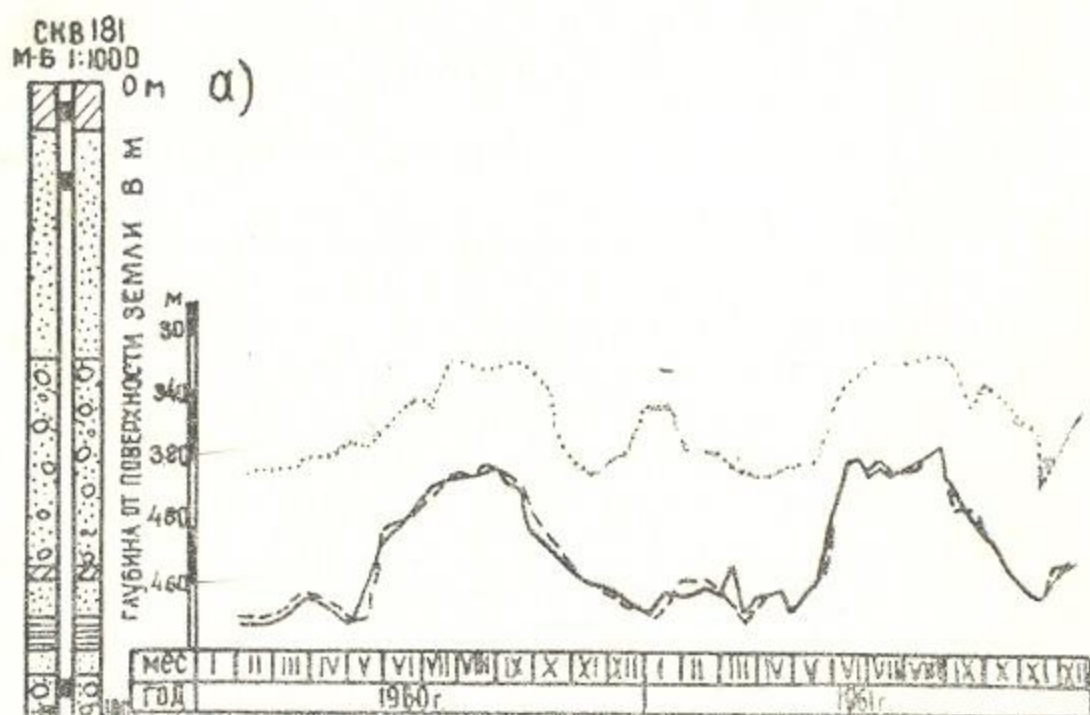


Рис. 2. График режима уровней грунтовых и напорных вод по кустам:

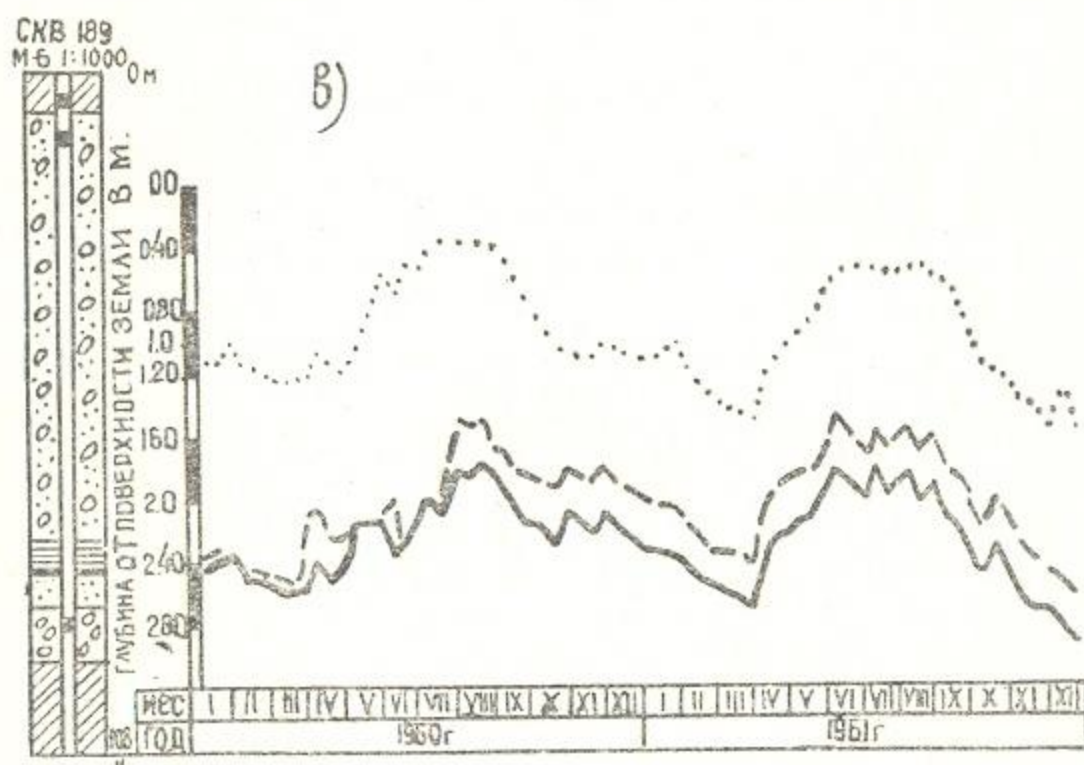
а) № 6; — глубина фильтра 4—5 м; — — — — — глубина фильтра 15—16 м; глубина фильтра 95—96 м;

Куст № 6, расположенный в пределах II террасы Сырдарьи, состоит из трех пьезометров, фильтры которых заложены на глубинах 5, 15 и 95 м от поверхности

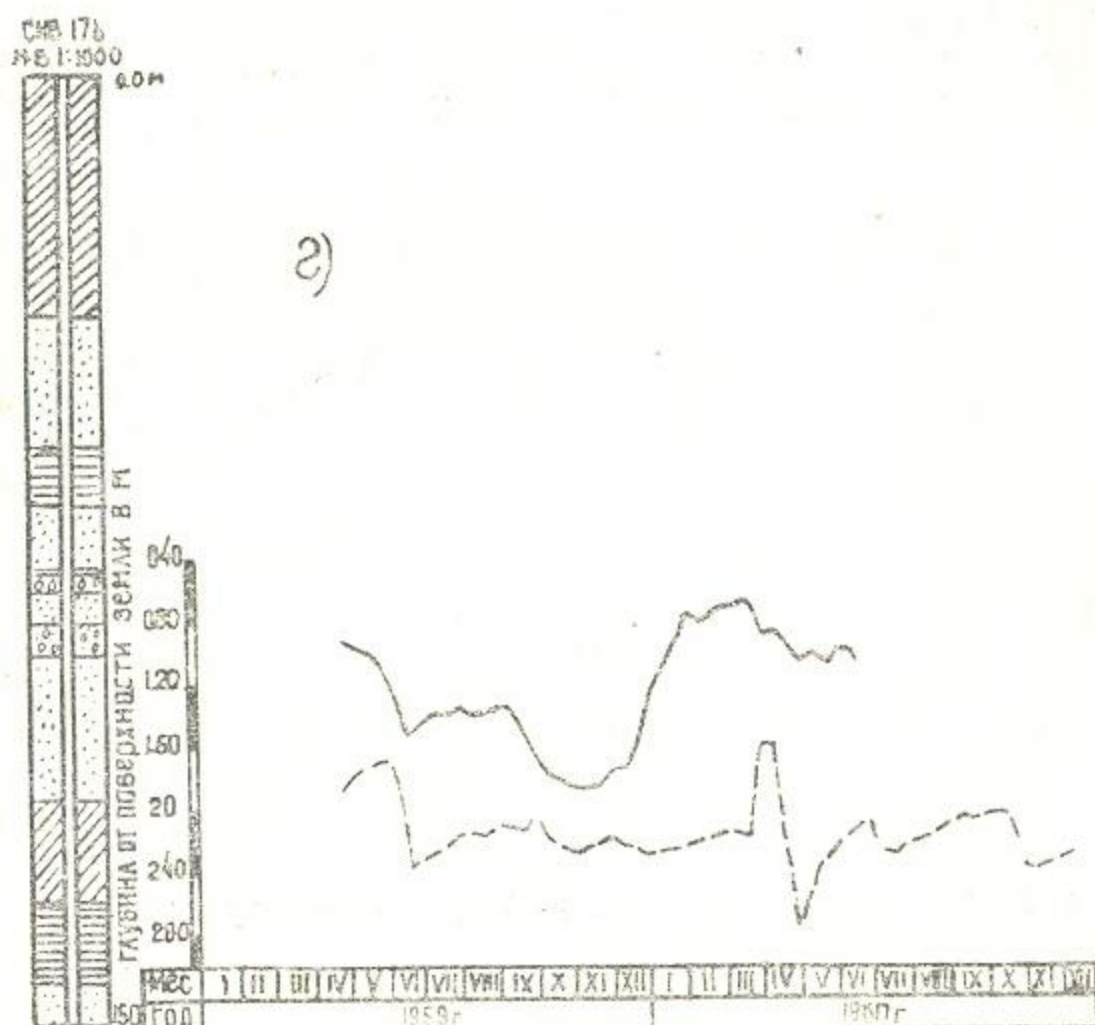
земли. Уровни первых двух пьезометров почти совпадают за наблюдаемый период и показывают весенний подъем с достижением максимума летом и с последующим спадом до минимума осенью.



б) № 16; — глубина фильтра 4—5 м; — — — глубина фильтра 26—27 м;



в) № 19; — глубина фильтра 5—6 м; — — — — — глубина фильтра 15—16 м; ... , глубина фильтра 108 м;



г) № 21; — глубина фильтра 2,5—3,5 м; — — — глубина фильтра 29—30 м.

Амплитуда колебания при этом не превышает одного метра. Ход изменения пьезометрического напора нижнего горизонта совершенно отчетливо повторяет показания первых двух пьезометров, но на более высоком уровне, с разностью напоров 0,6—0,8 м.

Динамика уровня грунтовых вод при описываемом режиме укладывается в диапазоне глубины 3,8—4,8 м от дневной поверхности и характеризует превалирование горизонтального оттока грунтовых вод над питанием их восходящими токами.

Однотипный режим грунтовых вод наблюдается и по кусту № 19, расположенному также на II террасе, но на противоположной (южной) ее стороне. Здесь зеркало грунтовых вод подперто более мощным напором снизу и потому приподнято значительно выше предыдущего.

Разрывы между уровнем грунтовых вод и пьезометрическими напорами нижних горизонтов здесь также заметно возрастают, а в отдельные периоды уровни двух верхних горизонтов накладываются друг на друга, что можно объяснить увеличением вододачи, являющейся противовесом подпору снизу.

Примером доминирующего влияния чрезмерно обильной вододачи на режим грунтовых вод могут служить данные графика (рис. 2), иллюстрирующего превалирование нисходящих токов в питании грунтовых вод при слабом горизонтальном их оттоке, по кусту № 21, расположенному у канала им. Кирова.

Здесь, благодаря наращиванию ирригационных вод, уровень грунтовых вод находится выше пьезометрических уровней почти всех нижних горизонтов. Этот разрыв оставляет 1,5 м при высоком положении зеркала и 0,4 м при наиболее низком, наступающем обычно осенью.

Картина устойчивого разрыва, достигающего 1,5 м между уровнями грунтовых и напорных вод при господствующем положении последних, наблюдается по кусту № 16. Последний расположен в Шурузякском понижении, в районе ст. Золотая Орда, в 20 м от одноименного с ним коллектора и характеризует режим, формирующийся в условиях превалирования восходящих токов (рис. 2). Амплитуда колебания уровня грунтовых вод здесь не превышает 1 м при диапазоне глубины 1 — 2 м от поверхности земли. Низкое положение уровня приходится на осень в связи с прекращением вегетации. Максимум наступает весной. Это обусловлено усиленной водоподачей на весенние промывки и отчасти инфильтрацией атмосферных осадков, действие которых через капиллярный сброс сказывается достаточно эффективно ввиду неглубокого положения зеркала грунтовых вод.

Следующий куст наблюдательных скважин (№ 8), расположенный на северо-восточной окраине пос. Велико-Алексеевский, вблизи коллектора Шурузяк, иллюстрирует другую разновидность предыдущего режима вертикального водообмена (рис. 3).

Куст этот состоит из 6 пьезометров, причем первые четыре из них, заложенные до глубины 50 м, показывают весьма близкую сходимость их уровней, максималь-

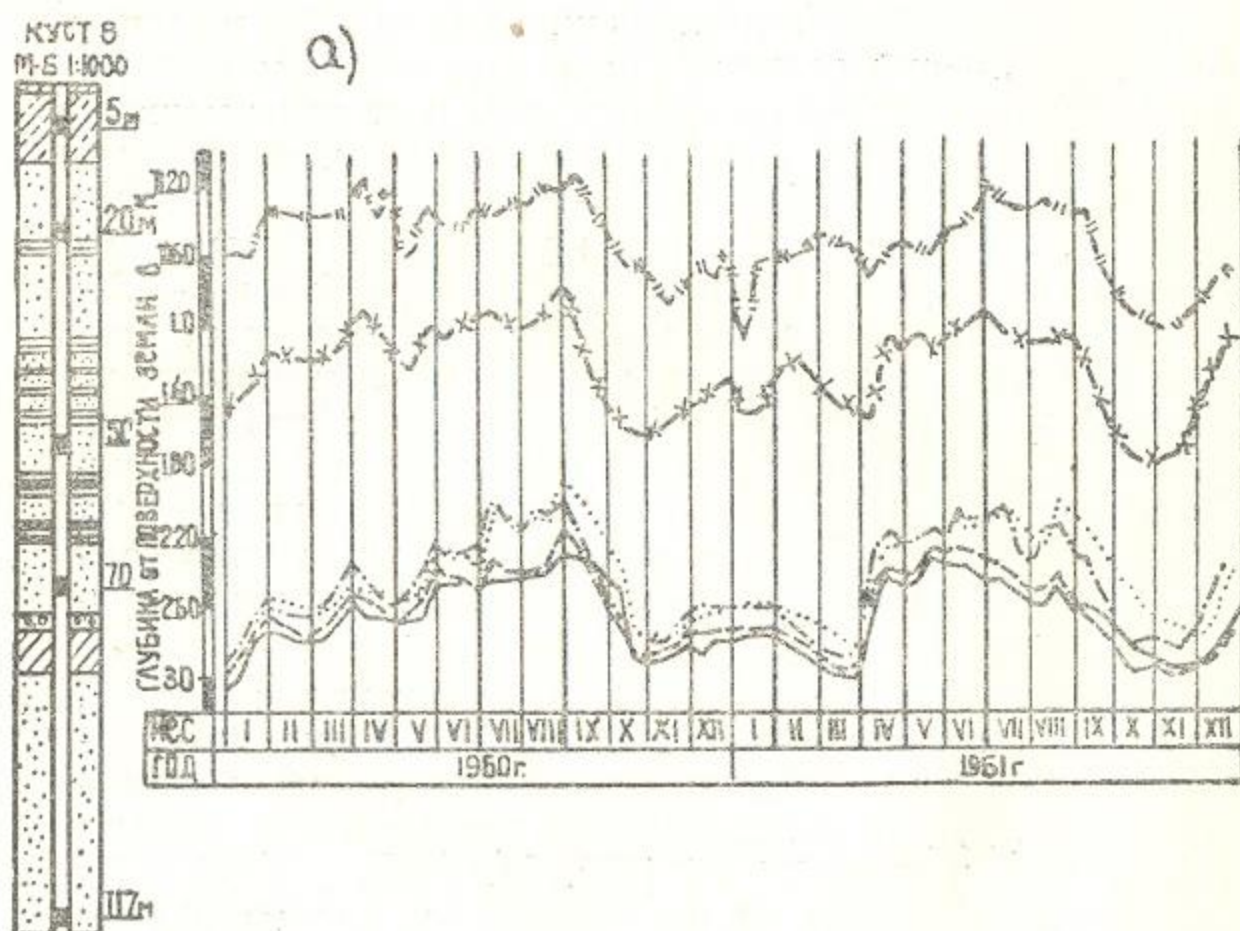
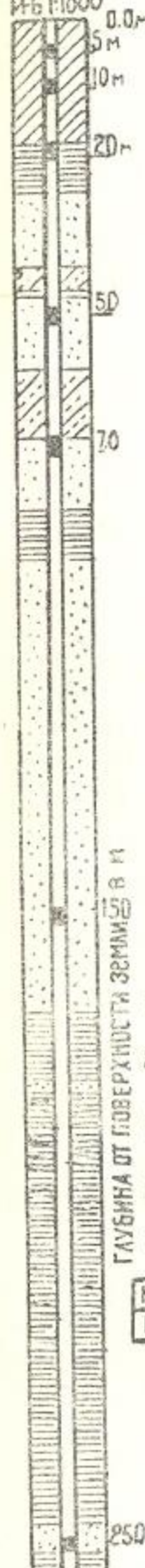
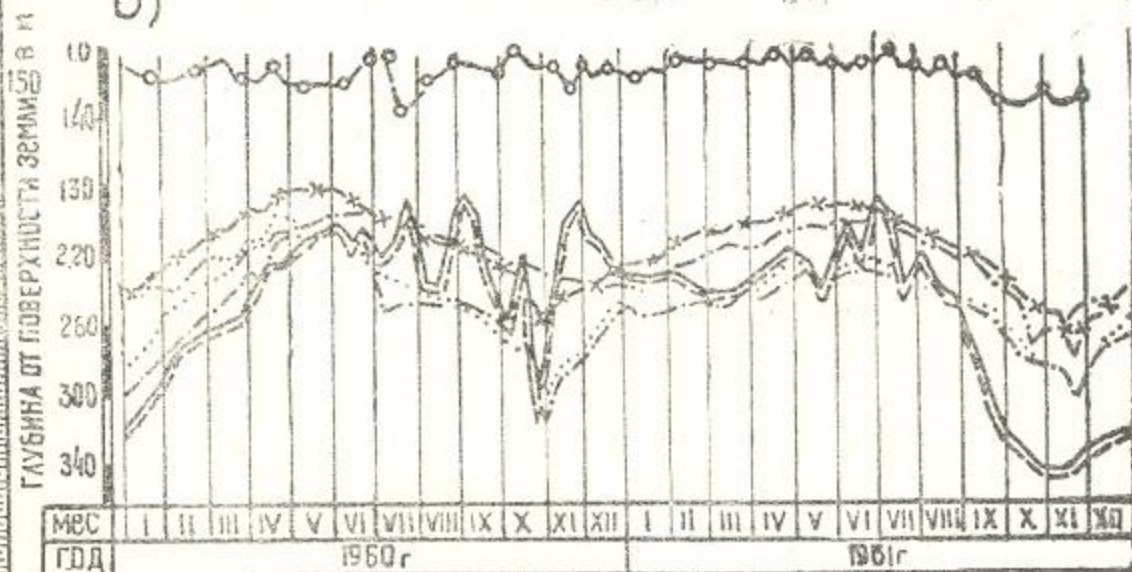


Рис. 3. График режима уровней грунтовых и напорных вод по кусту
глубина фильтров: — 5 м; — — — 10 м; — — — 20 м; 50 м;

КУСТ 22
М-6 П-1000



8)



Глина Суглинок Супесь Песок

наблюдательных скважин (пьезометров): а) № 8; б) № 22;
—х— 70 м; — — — 150 м; о—о— 250 м; —, — 117 м.

ная амплитуда разрыва между которыми не превышает 20 см. Уровень в следующем пьезометре, с фильтром на глубине 70 м, возвышается над зеркалом грунтовых вод на 1,5 м, а самый глубокий пьезометр, с фильтром на глубине 117 м, показывает отметки, стоящие на 1,8 — 2,5 м выше уровня грунтовых вод.

При этом во всех случаях отмечается совершенно четкая синхронность их колебания, что подтверждает высокую скорость передачи гидростатических напоров и глубокую генетическую связь между отмеченными горизонтами подземных вод.

График по другому кусту наблюдательных скважин (№ 22), расположенному в районе совхоза «Мирзачуль», характеризует разновидность смешанного режима вертикального водообмена, где в разгар вегетации сохраняется командное положение уровня грунтовых вод над пьезометрическими уровнями нижележащих горизонтов, а в невегетационный период последние оказываются выше зеркала грунтовых вод. Во всех случаях до глубины 150 м соблюдается синхронность в общем ходе колебания уровней в пьезометрах, за исключением последнего пьезометра, заглубленного своим фильтром на глубину 250 м. Динамика пьезометрического уровня в последнем отличается высокой стабильностью по времени, не реагирующей на сезонные колебания пьезометрических напоров в вышележащих водоносных горизонтах, что подтверждает отсутствие гидравлической связи рассматриваемого водоносного горизонта с последними (рис. 3).

В пределах описываемого горизонта фильтр установлен в толще пород Сохского комплекса, представленного аллювием рек Чирчика и Ангрена. В связи с этим в отчетных данных отмечается влияние на режим сохского водоносного горизонта откачки из эксплуатационных скважин, расположенных в 1 км от рассматриваемого куста и заглубленных своими фильтрами в том же комплексе сохских отложений. Водозабор из указанных скважин вызывал понижение напора в пьезометре, а прекращение работы скважины сопровождалось восстановлением в нем прежнего уровня.

При этом прослежено падение напора вод сохского комплекса в направлении с юго-востока на северо-запад

с максимальными его значениями в области развития древнего конуса выноса Сырдарьи.

Из схемы гидроизопьез, построенной авторами исследований* для подземных вод Ташкентского комплекса, видно сосредоточение максимальных напоров в южной, восточной и северо-восточной частях Голодной степи, в пределах I и II террас Сырдарьи. В западном и северо-западном направлениях отмечается падение абсолютных значений напоров, достигающих местами нулевых значений.

Минерализация подземных вод и характер ее изменения по глубине, прослеженные по двум отмеченным выше кустам, приведены в табл. 2. Данные ее свидетельствуют о разной степени влияния существующих ирригационно-мелиоративных факторов. По кусту № 22 наблюдается сравнительно слабое рассоляющее действие дренажа, так как здесь глубина вымыва солей с верхних горизонтов в нижние не превышает 8—10 м, а место наибольшей концентрации солей отмечено на глубине 10 м (12,7 г/л). Судя по характеру изменения минерализации грунтовых вод ниже указанной границы (10 м), можно предполагать о наличии замедленного пути миграции солей вглубь. По кусту № 8 наблюдается другая картина, свидетельствующая о хорошей нисходящей циркуляции грунтовых вод, опресненных на большую глубину, вследствие лучших дренажных условий.

Т а б л и ц а 2

Куст № 22			Куст № 8		
глубина отбора проб, м	плотный остаток, г/л		глубина отбора проб, м	плотный остаток, г/л	
	март 1959 г.	октябрь 1959 г.		среднее за	
				1958 г.	1957—1959 г.
5	5,22	5,45	5	2,0	3,0
10	12,7	12,7	10	1,8	2,5
20	6,24	6,16	20	1,6	1,8
50	4,61	4,47	50	2,0	8,5
70	1,36	1,78	70	0,4	0,7
150	0,57	—	117	0,4	—
250	0,57	0,68	—	—	—

* Ходжибаев Н. Н. и др. Ежегодник Голодностепской гидрогеологической станции за 1959 г., Ташкент, фонды Главгеологии УзССР, 1960.

На основе анализа приведенного материала по режиму уровня и минерализации подземных вод рассматриваемой части Голодной степи можно прийти к следующим выводам.

1. В пределах орошаемой зоны Голодной степи создаются две генетически отличные формы напора. Одна из них носит региональный характер и является атрибутом самой геологолитологической структуры данного региона, другая появилась вместе с ирригацией, создана искусственно и имеет локальный характер распространения. Обе эти формы напора, взаимодействуя и алгебраически складываясь на первой от поверхности плоскости раздела, имеют положительное, либо отрицательное, или нулевое значение. На участках с интенсивным орошением образуется отрицательный напор, когда уровень грунтовых вод оказывается выше пьезометрического напора нижележащего горизонта. В этом случае происходит разгрузка грунтовых вод в толщу последнего. В случае положительного напора, что чаще встречается на низинных рельефах и на неорошаемых участках, создаются восходящие токи, питающие грунтовые воды. Кроме того, имеет место и третье — промежуточное положение подвижного равновесия между водами верхнего и нижнего горизонтов.

Из сказанного следует весьма важное практическое заключение, ставящее под сомнение существующее мнение о возможности достижения серьезных успехов в рассолении почв и грунтовых вод при условии опускания уровня последних до так называемой критической глубины, которую мелиораторы для данных условий определяют равной 2,0—2,5 м.

При таком опущенном положении уровень грунтовых вод окажется значительно ниже пьезометрического напора подстилающего горизонта, и это приведет к движению водных растворов снизу вверх, а дальнейший подъем по капиллярам доведет их к точкам испарения и, как следствие, — к процессу соленакопления в корнеобитаемой зоне. Поэтому всякое мероприятие, направленное лишь на снижение уровня грунтовых вод, не может служить гарантией от реставрации засоления без соответствующего снижения пьезометрического напора источника питания грунтовых вод путем активного воздействия на подстилающий напорный горизонт. Отсюда соз-

дание необратимого рассоляющего режима грунтовых вод более эффективно может быть осуществлено дренажным устройством, заложенным не в самой осушаемой (рассоляемой) толще, что свойственно горизонтальному дренажу, а в толще, создающей напор, что достигается путем применения вертикального дренажа.

2. Зона наиболее активного взаимодействия между грунтовыми водами и подстилающими напорными горизонтами простирается до глубины 50—70 м. Следовательно, при осуществлении вертикального дренажа в пределах небольших участков локальной мелиорации положение фильтров скважин можно ограничить указанными глубинами.

3. Взаимодействие между региональной формой напора и напором ирригационного происхождения прослеживается до глубины 150—200 м. Ниже этих глубин гидравлическая связь между ними затухает. Отсюда следует, что при расчете на региональную мелиорацию Голодной степи с охватом большой территории и с привлечением в круговорот большей части участвующей в общем балансе воды, скважины вертикального дренажа могут быть заглублены максимум до указанных глубин.

4. Водоносный горизонт сохского комплекса, залегающий обычно ниже отмеченных глубин 150—200 м, в северо-восточной части Голодной степи отличается высококачественными пресными водами и может быть широко использован как источник водоснабжения населенных пунктов. Этот горизонт следует использовать исключительно для этой цели, не загрязняя его скважинами вертикального дренажа.

5. Из предыдущих пунктов следует, что основным рычагом для регулирования водно-солевого режима почв в данных условиях напорного питания является величина разности напоров между уровнем грунтовых вод и пьезометрическим уровнем подстилающего горизонта. Соотношение этих уровней обуславливает направление и интенсивность вертикального водообмена, которые в свою очередь являются исходным положением при расчете вертикального дренажа.

В зависимости от преобладания горизонтального или вертикального водообмена выделяются следующие два типа режима грунтовых вод:

1) режим горизонтального водообмена, сопровождающегося процессом рассоления почв (рис. 2, куст № 6);

2) режим вертикального водообмена. Последний в зависимости от господствующего направления вертикального водообмена разделяется на следующие под-типы:

а) преобладания восходящих токов, связанный с процессом засоления почв и грунтовых вод (рис. 2, 3, куст № 8—16);

б) преобладания нисходящих токов, сопровождающийся процессом рассоления почв и опреснения верхних горизонтов грунтовых вод, при котором происходит аккумуляция солей в нижних горизонтах (рис. 2, куст № 21);

в) смешанный режим вертикального водообмена, сопровождающийся сезонными процессами засоления и рассоления почв и устойчивым накоплением солей в грунтовых водах (рис. 3, куст № 22).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ ДРЕНИРОВАННОСТИ

В понятие осушение входит, как известно, понижение уровня грунтовых вод на величину нормы осушения. Рассоление же земель связано не столько с понижением уровня грунтовых вод, сколько с необходимостью поддержания вертикального (нисходящего) движения грунтовых вод со скоростью, достаточной для обеспечения вымыва солей из корнеобитаемой зоны почво-грунтов вниз, при оптимальном режиме их уровня.

Для создания указанной скорости движения грунтовых вод необходимо понизить пьезометрический уровень нижнего горизонта напорных вод, чтобы разность между ними и уровнем грунтовых вод могла бы обеспечить эту скорость. При этом необходимо сохранить заданный режим последних, для чего требуется установить такой режим полива, при котором часть воды в количестве, достаточном для поддержания принятого уровня грунтовых вод (рассоляющий расход), профильтровалась бы в грунтовые воды. Теперь уже отказались от поливной нормы, рассчитанной лишь на удовлетворение физиологической потребности растения и сопутствующее количество влаги на испарение.

В решении конференции мелиораторов в Ташкенте (1964 г.) указано на необходимость отказаться от прежнего положения и принимать увеличенные нормы полива на 20—30%, чтобы добавочная вода могла профильтроваться ниже корнеобитаемой зоны, унося с собой наиболее токсичные и легкорастворимые хлоридные соединения, ежегодно накапливаемые в почве. Это количество воды и предназначается для поддержания заданного уровня грунтовых вод в целях создания постоянного нисходящего тока со скоростью, обеспечивающей рассоляющий режим.

Итак, мы вплотную подошли к понятию дренированности территории, которое, в понимании Б. А. Михельсона, должно означать количество воды, фильтрующейся через единицу площади в единицу времени при постоянном уровне грунтовых вод, равном 1,5—2,0 м от поверхности земли.

Такое определение дренированности отличается от модуля подземного или дренажного стока, и поэтому не всеми признается*. Следует специально остановиться на этом вопросе, имеющем чрезвычайно важное значение при решении практических задач мелиорации.

Во-первых, надо отметить, что понятие дренированности возникло в результате упорных поисков, как практическая необходимость, способствующая лучшему пониманию мелиоративных категорий засоленных или склонных к засолению земель.

Если дренажный модуль или вообще модуль подземного стока характеризует пропускную способность толщи через единицу площади, в единицу времени при неопределенном уровне грунтовых вод, то дренированность отражает эту пропускную способность при определенном их положении.

Б. А. Михельсон, например, принимает глубину 1,5—2,0 м, характерную для многих оазисов с затрудненным оттоком грунтовых вод, что облегчает их сравнение при классификации по гидрогеолого-мелиоративным категориям.

В отличие от дренированности модуль подземного стока зависит не только от характеристики грунтов, но

* Решеткина И. М. Рецензия к схеме внедрения вертикального дренажа в старой зоне орошения Голодной степи. Машинопись, 1964.

и от количества подаваемой воды — в этом их существенная разница. Последняя позволяет сравнивать различные земельные массивы по степени их дренированности вне зависимости от количества поступающей воды.

Не противопоставляя дренированность модулю подземного стока и не подменяя одно понятие другим, в дальнейшем мы будем различать следующие три генетические формы дренированности, исходя из природных и водохозяйственных условий их образования при определенных стабилизированных режимах уровня грунтовых вод:

1) естественная дренированность, имеющая место на массивах, не подверженных влиянию ирригационно-мелиоративных мероприятий человека;

2) дренированность в существующих условиях орошения;

3) дренированность проектная, которая должна состоять из суммы существующей (или естественной) и дополнительной (дефицитной), указывающей, насколько необходимо усилить искусственным дренажем существующий или естественный отток грунтовых вод.

Введение понятия дренированности в гидрогеолого-мелиоративную науку в изложенном выше смысле отвечает задачам создания требуемого режима грунтовых вод в условиях ирригации в противоположность существующему, так называемому ирригационному типу, всегда сопутствующему ирригации, но обычно не отвечающему в полной мере ее требованиям.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНИРОВАННОСТИ

Из приведенного выше определения дренированности следует, что оно характеризует пропускную способность водоносной толщи при определенном режиме уровня грунтовых вод, а при более строгом определении оно должно соответствовать постоянному их уровню.

Однако сохранение уровня во времени в одном положении в одной точке потока означает либо отсутствие движения, либо постоянство притока и оттока. В таких случаях дренированность может быть установлена методом математических расчетов по известным формулам, применяемым, как и при условиях неустановивше-

гося движения, когда уровень во взятой точке будет меняться во времени.

Во всех этих формулах определяющим членом является значение коэффициента фильтрации водоносной толщи. Дело обстоит гораздо проще, когда последняя представлена однородной массой, где диапазон изменения коэффициента фильтрации по глубине и в плане более или менее выдержан в допустимых для практических расчетов значениях. Но в действительности чаще приходится иметь дело с более сложным литологическим строением изучаемых пород, состав и водопроницаемые свойства которых изменяются в самых причудливых формах и значениях, отмечаемых на самых коротких расстояниях как по глубине, так и по площади. В лучшем случае приходится прибегать к грубой схематизации природных условий путем приведения разнородной толщи к однородной, осредняя коэффициент фильтрации методом, предложенным Г. Н. Каменским. Насколько при этом искажается картина водопроницаемости слоистой толщи, можно иллюстрировать на следующем примере для вертикальной фильтрации, когда покровные суглинки подстилаются хорошо водопроницаемыми песчано-галечниковыми породами с очень тонким прослоем (в 1 м) суглинка или глины (рис. 4).

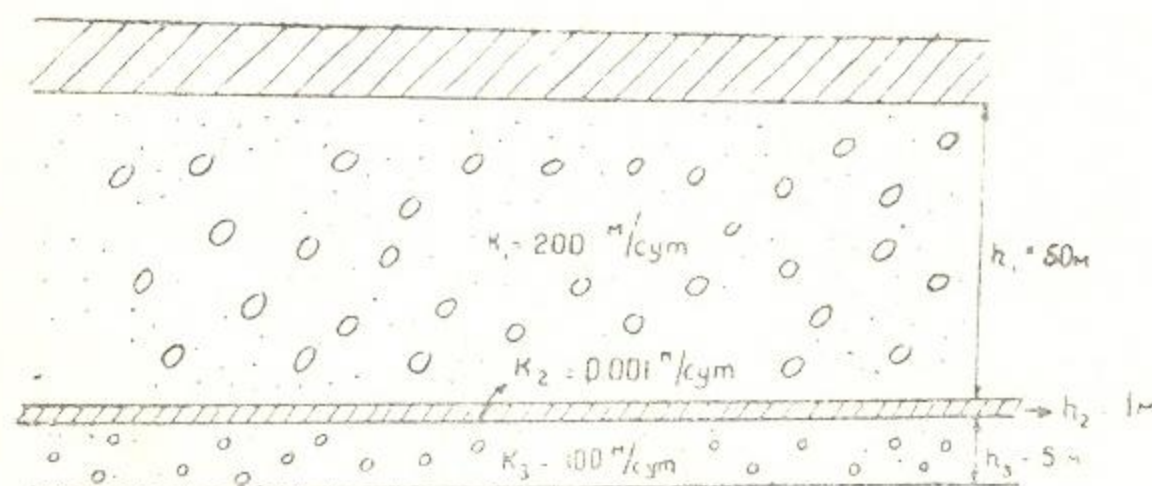


Рис. 4.

Осредняя значение коэффициента фильтрации для нижней подстилающей толщи, получим:

$$K_{\text{верт}} = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{\frac{h_1}{K_1} + \frac{h_2}{K_2} + \frac{h_3}{K_3}} = \frac{50 + 1 + 5}{\frac{50}{200} + \frac{1}{0,001} + \frac{5}{100}} = 0,05 \text{ м/сутки.}$$

Как видно, полученный результат весьма далек по своему значению от коэффициента фильтрации основной толщи, он приобретает еще большую неопределенность в связи с неясностью вопроса о сплошном или прерывистом распространении раздельного пласта.

Мы взяли в качестве примера лишь один тонкий глинистый пласт, а в действительности в условиях Голодной степи и в других районах приходится иметь дело с весьма сложной и малонизученной макро- и микроструктурой всего литологического комплекса.

В таких условиях очень трудно и почти невозможно составить соразмерную с природной обстановкой картину движения подземных вод, необходимую для разрешения практических вопросов, связанных, в частности, с определением дренированности.

В то же время, обращаясь к данным натурных наблюдений за ходом изменения пьезометрических уровней подземных вод, отмечаемых на разных глубинах по кустовым скважинам, нетрудно убедиться, как в этих точках, словно в фокусе, получает отображение картина динамики подземных вод, учитывающая всю совокупность многообразных факторов их формирования.

Анализ этой картины, произведенный по графикам зависимости режимов уровней грунтовых и напорных вод (рис. 2—3), позволяет снять с них весьма ценные параметры, необходимые при расчете вертикального дренажа и для установления степени дренированности данного водоносного комплекса.

Дренированность легко определяется по расчету объема грунтовых вод, расходующегося на чистый отток по величине спада их уровня (Δh) в период (t), когда практически отсутствует питание сверху и обратное расходование их на испарение в атмосферу.

Оба эти условия в достаточной мере соблюдаются в начале и середине осени, когда прекращаются вегетационные поливы и устанавливается наиболее низкое положение уровня грунтовых вод.

Возможное суммарное испарение можно учесть, пользуясь данными лизиметрических исследований [7].

Расчет производится по следующей формуле (см. табл. 3):

$$q = \frac{h_{p.w}}{t} - Z \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где q — дренированность для данных условий режима грунтовых вод, $м^3/сутки$;

h — высота спада уровня грунтовых вод на время t , $м$;

μ — водоотдача дренируемой толщи;

ω — дренируемая площадь, равная 1 га ($10000 м^2$);

t — время спада, сутки;

z — расход на суммарное испарение, $м^3/сутки$.

Дренированность на II террасе определена при диапазоне глубин уровня грунтовых вод от 1,8 до 3 м, в среднем же получается 2—2,5 м. На Шурузякском массиве эти крайние глубины составляют 1,6 и 2,5 м, а средние их значения — соответственно 1,9 и 2,3 м от поверхности земли (табл. 3). Понижение уровня грунтовых вод в указанных интервалах глубин следует почти линейному закону и может быть выражено уравнением вида:

$$H = H_0 + vt,$$

где H — глубина грунтовых вод от поверхности через t суток, $м$;

H_0 — глубина грунтовых вод в данный момент, $м$;

v — скорость течения грунтовых вод, $м/сутки$;

t — число суток.

Для Шурузякского массива среднее значение скорости составляет 0,008, а для II террасы — 0,012 $м/сутки$ (табл. 3). Из приведенного уравнения следуют два практически важных вывода: во-первых, пользуясь этим уравнением можно с достаточной точностью прогнозировать состояние уровня грунтовых вод на заданное время и, во-вторых, оно подтверждает относительное постоянство расхода оттекаемой воды, сохраняющееся до определенной глубины уровня грунтовых вод (2,5—3,0 м от поверхности земли).

Учитывая, что такая закономерность существует не только в пределах Голодной степи, но и во многих других орошаемых районах, можно при определении дренированности исходить из указанных глубин. Тогда в первом приближении величина дренированности будет равняться 6,4 $м^3/сутки$ для Шурузякского массива и 12 $м^3/сутки$ — для некоторой части площади II террасы Сырдарьи, как это показано в табл. 3.

Сводная таблица расчетных элементов

Год наблюдений	Месяц спада уровня	Период спада t , сутки	Величина спада h , м	Скорость спада $v = \frac{h}{t}$ м/сутки	Водоотдача	Площадь, $м^2$	Существующая дренированность $Q_c = \frac{h \mu \omega}{t}$ $м^3/сутки$
По кусту пьезометров							
1960	VIII-30	40	0,4	0,010	0,1	10000	10
	IX-30						
1961	IX-30	40	0,6	0,015	0,1	10000	15
	X-10						
1961	X-10		0,7	0,012	0,1	10000	11
	XI-30	60					
Среднее		47	0,57	0,012	—	—	12
По кусту пьезометров							
1959	IX-30	60	0,5	0,008	0,07	10000	5,8
	X-30						
1960	X-30	40	0,4	0,010	0,07	10000	7,0
	X-10						
Среднее		50	0,45	0,009	—	—	6,4

Поскольку земли в пределах взятых точек II террасы отнесены почвоведом-мелиораторами к категории удовлетворительно-устойчивого мелиоративного состояния, то величина дренированности для существующих условий, равная $12 м^3/сутки$ с $1 га$, будет соответствовать также величине проектной дренированности, не нуждающейся в дополнительном усилении существующего оттока грунтовых вод. Введя сюда поправку на суммарное испарение, получим значение проектной дренированности, равное $15 м^3/сутки$.

Для Шурузякского массива дренированность определена равной $6,4 м^3/сутки$ с $1 га$, поэтому дефицит дренированности составит величину $8,6 м^3/сутки$ ($15 - 6,4$), на которую необходимо усилить ее существующее значение.

Единственным рычагом, которым можно управлять и изменять дренированность, является, как отмечалось выше, разность напоров (Δh), устанавливаемая меж-

Таблица 3

по данным режимных наблюдений

Дефицит дренированности q_d	Проектная дренированность q_n	Диапазон колебания уровня грунтовых вод $h_{max} - h_{min}$	Разность напоров, Δh м	Мощность мелкоземов, м	Градиент $U = \frac{\Delta h}{l}$	Коэффициент фильтрации $K_f = \frac{q}{I \omega}$ м/сутки
№ 19 (II терраса Сырдарьи)						
—	—	1,8—2,2	0,25	6	0,4	0,025
—	—	1,8—2,5	0,25	6	0,04	0,037
—	—	2,3—3,0	0,30	6	0,05	0,022
3	15	2,0—2,5	0,28	—	0,046	0,028
№ 16 (Шурузяк)						
—	—	1,6—2,1	0,9	23	0,04	0,015
—	—	2,1—2,5	1,4	23	0,60	0,012
8,6	15	1,9—2,3	1,15	—	0,056	0,010

ду мелиорируемым горизонтом и горизонтом, из которого производится забор грунтовых вод. Поэтому правильное определение значения Δh в соответствии с заданной в проекте величиной дренированности является основой проектирования вертикального дренажа. Эту задачу можно решить, пользуясь данными табл. 3, снятыми с графиков режимных наблюдений за динамикой уровней грунтовых и напорных вод (рис. 2).

Существующая функциональная зависимость между дренированностью (q) и разностью напоров (Δh) позволяет находить величину последней для каждого заданного значения дренированности. Расчетные значения этих параметров представлены в табл. 4, а графические изображения их показаны на рис. 5, где значками отмечены параметры существующей и проектной дренированности для каждого из рассматриваемых массивов.

Пользуясь таким прогнозным графиком, проектировщик может находить любые нужные ему параметры

дренированности для определенных гидрогеологических условий, с учетом которых построен данный график.

Т а б л и ц а 4

Значение дренированности

II терраса Сырдарьи				Шурузякский массив			
$\Delta h, м$	$q, м^3/сутки$	$\Delta h, м$	$q, м^3/сутки$	$\Delta h, м$	$q, м^3/сутки$	$\Delta h, м$	$q, м^3/сутки$
0,023	1	0,230	10	0,13	1	1,80	10
0,046	2	0,345	15	0,36	2	2,70	15
0,069	3	0,460	20	0,54	3	3,60	20
0,092	4	0,575	25	0,72	4	4,5	25
0,115	5	0,690	30	0,90	5	5,4	30

В дальнейшем представляется целесообразным построение таких графиков для каждой выделенной части районируемой территории.

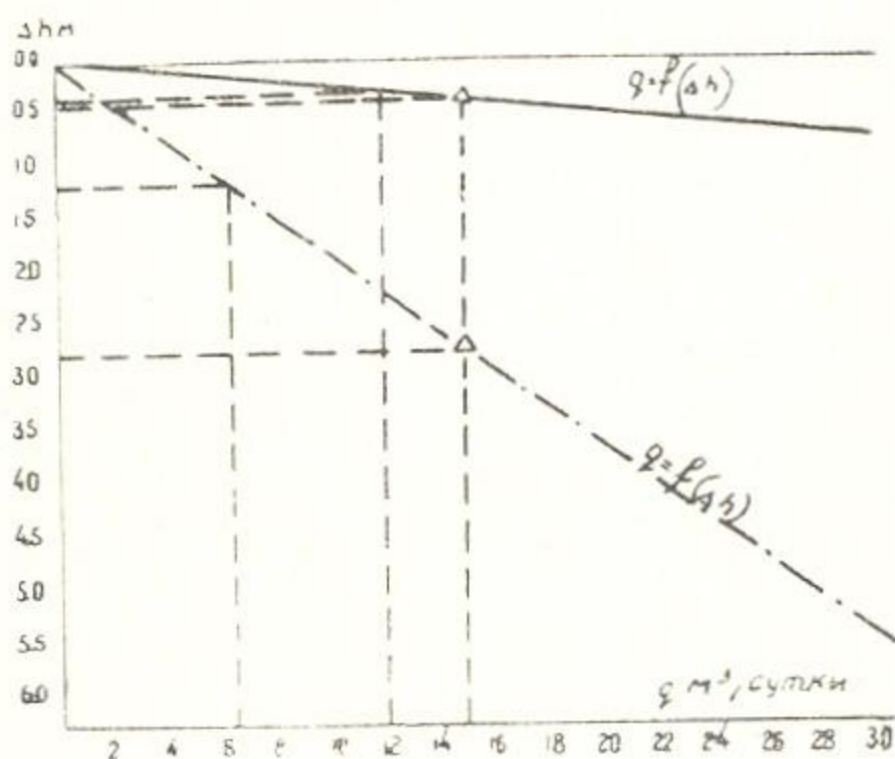


Рис. 5. График зависимости дренированности (q) от величины разности уровней грунтовых и напорных вод (Δh) для Шурузякского массива и II террасы Сырдарьи: координаты существующей дренированности; Δ координаты проектной (требуемой) дренированности; — Шурузякский массив; — II терраса Сырдарьи.

В рассматриваемом графике в скрытой форме участвует и коэффициент фильтрации покровных мелкозернистых пород, расчетные величины которого даны в приведенной

Таблица 5

Результаты определения коэффициента фильтрации, m/s на Шурузякском опытном участке

По данным режимных наблюдений				По данным опытных откачек				По лабораторным определениям		
участок	μ	Δh	$K_{ф, м/сутки}$	участок	μ	Δh	$K_{ф, м/сутки}$	участок	глубина отбора проб, м	$K_{ф, м/сутки}$
Шурузьяк и терраса Сырдарьи	0,07	0,9	0,015	Шурузьяк	0,04	0,5	0,13	Шурузьяк	6	0,00034
	0,07	1,4	0,012		0,1	0,5	0,3		8	0,000115
	0,1	0,25	0,025		0,04	0,67	0,04		10	0,000162
	0,1	0,25	0,037		0,1	0,67	0,1		12	0,000204
	0,1	0,30	0,022		0,04	0,15	0,12		14	0,000157
					0,1	0,15	0,3		19	0,00063
				0,04	0,2	0,17				
				0,04	2,75	0,07				
				0,1	2,75	0,17				
				0,04	0,52	0,06				

выше таблице. Коэффициент фильтрации мелкоземов для Шурузякского массива колеблется от 0,012 и до 0,015, при среднем значении 0,01 м/сутки, а для II террасы — соответственно от 0,022 до 0,037, при средней величине 0,028 м/сутки (табл. 3).

В табл. 5 помещены сравнительные значения полученных нами коэффициентов фильтрации с коэффициентами, указанными в работе Н. М. Решеткиной, В. А. Барона и др. [12].

Цифры в табл. 5 показывают, что значения коэффициента фильтрации, полученные по опытным откачкам, почти в 10 раз превышают его значения, рассчитанные по данным режимных наблюдений, что, по-видимому, можно объяснить недостаточной стабилизацией нарушенного в процессе откачек режима грунтовых вод. Что касается результатов лабораторных определений, то надо полагать, здесь в полной мере проявилось несовершенство существующих методов лабораторных исследований, весьма далеких от природной обстановки и поэтому дающих сильно искаженные результаты.

В Ы В О Д Ы

1. Условия напорного питания грунтовых вод создаются не только естественно-историческими формами геолого-структурного строения территории, но могут образоваться также вследствие воздействия ирригации.

2. Борьба против восходящего напорного питания грунтовых вод ирригационного происхождения, сопряженного с засолением почв, может вестись не только по линии гашения этого напора дренажным устройством, но и путем применения антифильтрационных одежд на каналах, являющихся очагами его образования.

3. Данные режимных наблюдений кустовых наблюдательных скважин (пьезометров) отображают действительную картину формирования режима грунтовых вод и позволяют путем простых графоаналитических методов получить необходимые данные для расчета дренажа, а также дают возможность определить степень дренированности.

Поэтому изучение формирования режима грунтовых вод в орошаемых районах должно идти по линии расширения сети кустовых пьезометров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова Г. Д. Изучение возможности применения вертикального дренажа в Голодной степи. Сборник научно-технической информации, № 2, Министерство геологии и охраны недр СССР, М., 1956.
2. Владимиров А. Г. Мелиоративно-гидрогеологические условия и дренаж в Сырдарьинском районе Голодной степи. Гидротехника и мелиорация, 1951, № 10.
3. Кац Д. М. Вопросы режима грунтовых вод Голодной степи в связи с развитием орошения. Труды ТИИИМСХ, вып. V. Вопросы орошения и освоения Голодной степи, Ташкент, 1957, 6.
4. Кенесарин Н. А. Формирование режима грунтовых вод орошаемых районов на примере Голодной степи, Ташкент, 1959.
5. Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв, т. I—II, М., 1945—1947.
6. Крылов М. М. О режиме и балансе грунтовых вод Голодной степи, Ташкент, 1956.
7. Крылов М. М. Динамика баланса грунтовых вод и методы его изучения в условиях орошаемых районов Узбекистана. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора г/м наук, Ташкент, 1949.
8. Крылов М. М. О генетической классификации типов режимов грунтовых вод орошаемых районов Узбекистана. Труды Института геологии АН УзССР, вып. VIII, Ташкент, 1952.
9. Крылов М. М. Основы мелиоративной гидрогеологии Узбекистана, Ташкент, 1959.
10. Легостаев В. М. К вопросу гидротехнических мелиораций Голодной степи, Ташкент, 1951.
11. Малыгин В. С. Итоги дренажных работ в Золотой Орде. ВАСХНИИЛ, Бюллетень № 3. Борьба с засолением почв, М., 1934.
12. Решеткина Н. М. и др. Предварительные результаты исследования вертикального дренажа в Голодной степи УзССР. Вопросы гидротехники, 1962, № 3.
13. Рыжков О. А. Тектоника и некоторые вопросы нефтегазонасосности мезо- и кайнозойских отложений Узбекистана, Ташкент, 1962.

14. С л я д н е в А. Ф. Баланс влаги в почвогрунтах Голодной степи и его практическое значение в хлопковом хозяйстве УзССР. Труды VI сессии АН ТССР, Ашхабад, 1954.
 15. Х у д а й б е р д ы е в А. А. О гидрогеолого-мелиоративной классификации оазисов Узбекистана. Сельское хозяйство Узбекистана, 1958, № 9.
 16. Х у д а й б е р д ы е в А. А. Классификация генетических типов режима грунтовых вод — теоретическая основа коренной мелиорации засоленных почв. Сельское хозяйство Узбекистана, 1961, № 7.
-

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

В в е д е н и е	3
Геология и гидрогеология Голодной степи	5
Режим грунтовых и напорных вод	8
Определение понятия дренированности	22
Графоаналитический метод определения дренированности	24
В ы в о д ы	32
Литература	33
