

РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Общие понятия

Под режимом подземных вод понимают происходящие под влиянием природных и хозяйственных факторов изменения: уровня, температуры и химического состава грунтовых вод; пьезометрического уровня, температуры, химического и газового состава напорных вод; дебита, температуры, химического и газового составов источников и фонтанирующих скважин; расхода, температуры и химического состава возвратных вод.

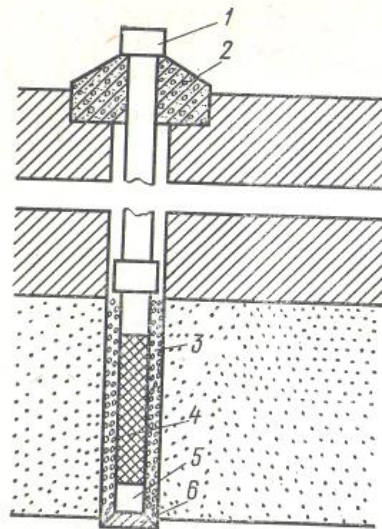
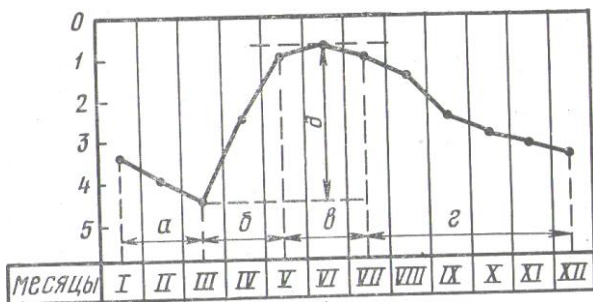


Рис. 78. Конструкция наблюдательной скважины:

1 — крышка; 2 — бетонная подушка или утрамбованная глина; 3 — гравийная обсыпка; 4 — фильтр; 5 — отстойник; 6 — пробка.

Рис. 1. Показатели сезонного режима уровня грунтовых вод (на примере одного из возможных видов режима):

а — период зимне-ранневесеннего спада уровня;

б — весеннего подъема;

в — высокого летнего положения уровня;

г — летне-осенне-зимнего спада;

д — амплитуда сезонных колебаний уровня, м.

Об этих изменениях судят на основании периодических наблюдений за элементами режима в постоянных точках. Колебания уровня и дебита подземных вод обусловлены главным образом изменениями:

количества воды, поступающей в водоносный пласт и расходуемой из него, то есть баланса воды. Это основная причина; давления на водоносный пласт (и на заключенную в нем воду), зависящего от-атмосферного давления, водоносности рек, приливов и отливов морей, наполнения и опорожнения каналов и водохранилищ. Очень часто эти причины проявляются одновременно. Температура подземных вод колеблется под влиянием температуры воздуха, инфильтрации и подтока поверхностных или подземных вод с иной температурой и т. д. Химический состав подземных вод связан со многими процессами: питанием и расходом их выщелачиванием солей в зоне аэрации при подъеме уровня грунтовой воды, переходом солей в твердую фазу после насыщения растворов, вымывом солей при инфильтрации и т. д.

Изменения уровня, температуры и химического состава подземных вод тесно связаны между собой и в большинстве случаев происходят одновременно. Для наблюдений за уровнем подземных вод устраивают специальные скважины. Замеры проводят гидрогеологическими рулетками, к которым прикреплены «хлопушки», подающие звуковой сигнал при соприкосновении с поверхностью воды, а также электрическими уровнемерами и самописцами. Напор воды фонтанирующих скважин измеряют манометрами, дебит фонтанирующих скважин и родников — водомерами, водосливами, объемным и другими I методами. Пробы воды берут специальными пробоотборниками.

Показателями режима являются: время установления высокого и низкого уровня, дебита скважин и родников, скорость подъема и спада уровня и дебита, амплитуда колебаний, характер и пределы изменений общей минерализации и типов химического состава, связь режима с различными факторами. Результаты наблюдений представляют в виде хронологических графиков. Колебания уровня и изменения химического состава подземных вод оказывают большое влияние на условия водоснабжения, мелиоративное состояние земель и инженерно-геологическую обстановку территории. Например, снижение уровня подземных вод уменьшает дебит водозаборов. Подъем грунтовых вод выше допустимых глубин вызывает заболачивание и засоление земель, под топление сооружений и т. д.

Факторы, обуславливающие режим подземных вод

Как было указано выше, режим подземных вод зависит от воздействия природных и хозяйственных факторов. К природным относят климатические (изменчивость температуры, осадков, испарения),

гидрологические (колебания водоносности рек, уровня озер и болот, морские приливы и отливы), биологические (транспирация) и геологические (сейсмические и другие явления) факторы.

Хозяйственные факторы — это искусственное орошение и осушение земель, отбор подземных вод, строительство водохранилищ, осушение месторождений полезных ископаемых и др.

Режимы подземных вод, определяемые только природными факторами, называют *естественными*, или *природными*, а режимы, обусловленные одновременно природными и хозяйственными факторами, называют *нарушенными*, или *искусственными*.

Наиболее многообразны режимы грунтовых вод, поскольку они тесно связаны и с природными, и с хозяйственными факторами.

Напорные же воды, которые отделены от поверхности земли водонепроницаемыми породами, связаны в большинстве с искусственными факторами. Вне влияния этих факторов пьезометрический уровень напорных вод почти не колеблется.

Исключение составляют напорные воды, находящиеся на небольшой глубине (до 50...80 м) в отложениях конусов выноса и предгорных равнин. Здесь заметно сказывается водоносность рек, питающих напорные воды.

По времени проявления изменений уровня и других элементов режима подземных вод различают суточный, сезонный, годовой и многолетний режимы.

Суточный режим выражается главным образом в колебаниях поверхности неглубоко залегающих грунтовых вод, вызванных чаще всего суточными изменениями испарения и транспирации, которая прекращается ночью. Это приводит при подземном притоке к ночному повышению уровня и дневному спаду его. Амплитуда суточных колебаний может достигать под люцерной и лесными насаждениями 10...15 см.

Сезонный режим обусловлен сезонной ритмичностью метеорологических факторов (температура, осадки, испарение) и изменением водоносности рек. Сезонный характер имеют и некоторые хозяйственные факторы. Например, в большинстве орошаемых районов основные поливы проводят в летний период. Амплитуды сезонных колебаний уровня грунтовых вод изменяются в широких пределах: от нескольких сантиметров (пустынные районы с глубоким залеганием грунтовых вод, заболоченные понижения рельефа в гумидной зоне и др.) до 10...15 м (галечники-горных рек, предгорные шлейфы). Чаще всего амплитуда изменяется от нескольких десятков сантиметров до 2...3 м. Не остается постоянным и химический состав грунтовых вод. Природный режим напорных вод

изменяется меньше, чем грунтовых.

Годовой режим проявляется в течение нескольких лет. Известно, что влажные и многоводные годы, как и засушливые и маловодные, часто повторяются 2...3 раза подряд. Это отражается на режиме грунтовых и неглубоко залегающих напорных вод. Амплитуды годовых колебаний уровня подземных вод и изменения химического состава более значительны, чем сезонные.

Многолетний режим проявляется в периоды продолжительностью более 10...15 лет. Он обусловлен многолетними ритмическими изменениями осадков, испарения, водоносности рек, а также влиянием хозяйственных факторов. Амплитуда многолетних колебаний уровня подземных вод и изменения химического состава их значительно превышают сезонные и годовые.

Естественные режимы подземных вод

Естественные режимы подземных, в основном грунтовых, вод в зависимости от действующих факторов подразделяют с некоторой условностью на климатические, гидрологические, режимы подземного притока и комплексные.

Климатические режимы связаны с влиянием климатических факторов, под действием которых изменяется баланс грунтовых вод, то есть соотношение питания и расходования их (преобладание питания над расходованием обуславливает повышение уровня грунтовых вод, и наоборот; при равенстве приходных и расходных статей баланса колебаний уровня нет). Грунтовым водам, характеризующимся данным типом режима, свойственно питание за счет осадков. Поэтому сезонные, годовые и многолетние колебания уровня грунтовых вод и дебита нисходящих родников происходят под влиянием просачивающихся осадков. Поскольку инфильтрационное питание зависит не только от количества выпавших осадков и распределения их по сезонам года, но и от испарения, водопроницаемости, мощности и теплового режима зоны аэрации, то характер колебаний уровня грунтовых вод может быть различным. В южных степных, полупустынных и пустынных районах уровень повышается в феврале...марте в результате инфильтрации талых вод и осадков в условиях пониженного испарения. В последующий период (до осени) уровень падает под влиянием усиливающегося испарения и транспирации, при обильных осадках может начать повышаться. Летние осадки в пустынных и полупустынных районах почти не доходят до грунтовых вод. В северных районах степной зоны, в лесостепи и лесной зоне, где значительно позже повышается температура и оттаивают породы, высокое положение уровня грунтовых вод наступает лишь в апреле

или в мае...июне, а в районе развития многолетнемерзлых пород — в июле. Летние осадки вызывают подъем уровня. В зимний период в связи с прекращением инфильтрации уровень залегают на низких отметках. В зоне влажных субтропиков колебания уровня грунтовых вод в течение всего года следуют за выпадением осадков. Чем меньше глубина залегания грунтовых вод и выше водопроницаемость зоны аэрации, чем большая часть осадков достигает уровня и быстрее происходит подъем его. Чем меньше коэффициент недостатка насыщения пород зоны аэрации, тем на большее значение по вышается уровень грунтовых вод при выпадении осадков.

Климатический режим, по А. А. Коноплянцеву, свойствен грунтовым водам водораздельных пространств, широких аллювиальных равнин, горных массивов и многих других районов. Характерным для него является связь многолетних колебаний уровня грунтовых вод с изменениями климатических факторов, в свою очередь, зависящими от изменений солнечной активности. Последняя связь имеет сложный характер и пока недостаточно изучена.

Гидрологические режимы обусловлены влиянием поверхностных водотоков и водоемов. В отличие от климатических гидрологические факторы воздействуют на режим подземных вод путем не только изменения их баланса, но и гидростатической передачи напора. Формы влияния рек на режим грунтовых вод различны. При наличии гидравлической связи между ними, если река дренирует террасы, то при подъеме уровней ее создается подпор грунтовых вод и уровень их повышается. Снижение уровней реки вызывает спад грунтовых вод. В случае питания рекой грунтовых вод уровень последних следует за изменениями расходов реки благодаря гидростатической передаче напора от реки. Ширина зоны влияния рек на режим грунтовых вод зависит от расходов реки, амплитуды изменения ее уровней геологического строения берегов и параметров пластов. В долинах больших рек она может достигать многих километров. С удалением от реки влияние ее уменьшается. Особенно тесная связь режима грунтовых вод и реки наблюдается на пойменных террасах. В тех районах, где реки с грунтовыми водами гидравлически не связаны, но питают их путем свободной фильтрации колебания уровня грунтовых вод с заметным опаданием (на 2...3 месяца, а иногда и более) следуют ;м изменениями расходов рек. Поскольку в таких районы происходит питание не только грунтовых, но и напорных вод, то пьезометрический уровень повторяет с тем или иным опозданием колебания расходов рек. Характер ее зонных колебаний уровня грунтовых вод, определяемых влиянием рек, во многом зависит от типа питания рек. Эти колебания различны в бассейнах рек дождевого, снегового, ледникового и

смешанного питания.

Влияние озер на режим гидравлически связанных с ними грунтовых вод в приозерной полосе земель аналогично влиянию рек.

Морские приливы и отливы, изменяющие нагрузку водоносные пласты, вызывают в приморских районах заметные колебания уровня грунтовых и напорных вод.

Приливы могут быстро повышать пьезометрический уровень артезианских вод, залегающих в песчано-глинистых отложениях на глубине до 200...300 м, причем это влияние прослеживается в глубь берега на 10...15 км и более, При отливе происходит спад уровня. I

Режим подземного притока характерен для районов, в которых режим подземных вод отражает влияние при тока из области питания. Наиболее типичен для периферических частей конусов выноса и предгорных шлейфов, где грунтовые и напорные воды синхронно повторяют с опозданием колебания расходов рек в области питания.

При неглубоком залегании грунтовых вод, кроме гидрологических факторов и подземного притока, воздействуют климатические и биологические факторы (осадки, испарение, транспирация). При равном примерно влиянии всех рассмотренных факторов формируются *комплексные* режимы грунтовых вод с весьма разнообразными формами колебаний уровня, Геологические процессы также оказывают влияние на режим подземных вод. Например, в результате землетрясений нередко изменяются уровень воды в колодцах и дебит нисходящих и восходящих родников. Исчезают действующие и возникают новые родники. Режим химического состава грунтовых вод формируется более сложно и изучен слабее, чем режим уровня. Причины изменения минерализации были указаны в Эти режимы различны в разных климатических зонах и улопиях дренированности. Минерализация и химическим состав грунтовых вод в природных условиях менее и :менчивы, чем уровень. Химический состав напорных ппд в большинстве случаев отличается постоянством.

Нарушенные режимы подземных вод

Под влиянием хозяйственных факторов естественные режимы подземных вод могут нарушаться. Изменения, происходящие на орошаемых и осушенных землях, описаны в главах XXV и XXVI. Ниже приведены особенности некоторых других нарушенных режимов.

Режим подземных вод в районе водохранилищ. Водоохранилища создают

подпор грунтовых вод на участках речных долин, где река до этого дренировала грунтовые воды, или усиливают их питание за счет реки. В результате повышается уровень грунтовых вод, а при определенных гидрогеологических условиях — и пьезометрический уровень напорных вод. Подъем уровня подъемных вод достигает наибольших значений вблизи водохранилища и уменьшается с удалением от него. Влияние крупных водохранилищ может распространяться иногда на десятки километров. Период установления кривой подпора (депрессионной поверхности) нередко длится в течение многих лет. При проектировании водохранилищ на основании гидрогеологических исследований составляют прогноз подпора грунтовых вод, чтобы своевременно принять меры борьбы с подтоплением застроенных территорий, заболачиванием и засолением земель.

Режим подземных вод в районах их эксплуатации.

Отбор подземных вод для водоснабжения или орошения приводит к уменьшению запасов воды в пласте. В результате снижается уровень подземных вод с образованием депрессионных воронок, радиус которых при напорных водах может достигать многих десятков километров. Особенно большое снижение уровня наблюдается в районе крупных городов. Например, в Москве начиная с 60-х годов прошлого столетия для водоснабжения пробурено более 1 000 артезианских скважин в каменноугольных известняках. Суммарный дебит их в настоящее время превышает 500 тыс. м³/сут. За время эксплуатации значительно снизился пьезометрический уровень. Так, в нижнекаменноугольном горизонте отметки уровней за 1946...1964 гг. снизились на 48 м. В Парижском артезианском бассейне с начала эксплуатации его (1841 г.) напор уменьшился к 1935 г. на 80... 100 м. Примерно также снизился уровень и Лондонского артезианского бассейна.

Режим подземных вод на площади искусственного пополнения.

Одна из мер борьбы с истощением подземных вод — пополнение запасов их путем задержки поверхностного стока и усиления инфильтрации его. Наиболее перспективные районы для этого — конусы выноса, галечниковые части которых представляют собой удобные подземные водохранилища. Сток из них сдерживается суглинистыми отложениями периферической части конуса.

Магазинирование поверхностного стока проводят также на аллювиальных террасах и в других районах с благоприятными для этого условиями. Для задержки и поглощения поверхностных вод устраивают специальные инфильтрационные бассейны, канавы, траншеи, борозды, используют русла временных водотоков и поглощающие скважины. Запасы грунтовых вод пополняют преимущественно в

осенний, зимний и весенний периоды, когда проходят паводки, а потребность в воде наименьшая.

Аккумулятивная вода благодаря глубокому залеганию предохранена от испарения. Воды эксплуатируют путем откачки из скважин.

Режим подземных вод в районах осушения месторождений полезных ископаемых. В некоторых угольных шахтах на 1 т добытого угля приходится откачивать несколько десятков кубических метров подземных вод. В результате откачки снижается уровень грунтовых и напорных вод, создаются глубокие депрессионные воронки— не меньшие, чем при крупных водоаборах. Это может осложнить условия водоснабжения прилегающей территории.

Режим грунтовых вод на застроенных площадях. Уровень грунтовых вод часто повышается вследствие утечки воды из водопроводно-канализационных коммуникаций, поливов насаждений, асфальтирования улиц, уменьшающего испарение и т. д.

При щелочных водах, создающих угрозу наиболее ['токсичного содового засоления почв, необходимая глубина залегания грунтовых вод возрастает до 3...3,5 м.

Для анализа и прогноза режима грунтовых вод на орошаемых землях и для разработки мероприятий по регулированию режима необходимо знать баланс грунтовых вод и содержащихся в них' солей, а также изменения этих балансов во времени.

§ 83. Баланс грунтовых вод

Балансом грунтовых вод называют соотношение поступления (приходные статьи) и расходования (расходные статьи) грунтовых вод в количественном выражении (мм или м³/га) за определенный период (декада, месяц, год и т.д.).

Источниками питания грунтовых вод в орошаемых районах являются потери воды на фильтрацию из земляных каналов, а также из каналов с некачественными противофильтрационными покрытиями, просачивание оросительных вод на полях при вегетационных, промывных и других поливах и инфильтрация сбросных вод. Естественными источниками питания являются осадки, поверхностный и подземный приток. Инфильтрационное питание грунтовых вод осадками в различных климатических зонах СССР рассмотрено выше.

Расходные статьи баланса грунтовых вод в общем случае следующие: расход в зону аэрации (испарение, транспирация и т.д.), подземный отток, выклинивание на поверхность, отток по коллекторно-дренажной сети, отбор на орошение и т.д.

Баланс грунтовых вод находится в тесной взаимосвязи с общим водным балансом пород зоны аэрации. При определенных гидрогеологических

условиях грунтовые воды находятся в связи с водоносными горизонтами, залегающими ниже относительного водоупора, на котором находится пласт, содержащий грунтовую воду.

Методы изучения водного баланса рассматривают в курсах «Мелиоративная гидрогеология», «Гидрология», «Сельскохозяйственные мелиорации».

Баланс грунтовых вод изучают различными методами: экспериментальным, при котором каждую статью баланса определяют непосредственным измерением; методом, основанным на анализе колебаний уровня грун-



товых вод (используется уравнение неустановившегося движения грунтовых вод в конечных разностях — метод Г. Н. Каменского); ряд статей баланса грунтовых вод можно определять и на основе ре-[^] -P !':!'-!•-!• -[^] жимных наблюдений с последующим решением обратных задач, используя математическое моделирование; гидрофизическими.

Рис. 82. Схема составляющих водного баланса орошаемого района (по С. Ф. Аверьянову).

Баланс грунтовых вод изучают на балансовых участках (площадь их в несколько десятков гектаров), типичных по гидрогеологическим условиям для орошаемого массива. Получив данные о статьях баланса на участке, их переносят с соответствующими коррективами на орошаемый массив, баланс которого должен быть изучен.

Поскольку баланс грунтовых вод находится в тесной взаимосвязи с общим водным балансом территории и водным балансом зоны аэрации, их изучают в комплексе.

По С. Ф. Аверьянову, уравнения баланса имеют следующий вид (рис. 82). *Водный баланс орошаемой территории* (учитываются поверхностные воды, воды зоны аэрации и грунтовые воды):

Для экспериментального определения статей водного баланса оборудуют специальные площадки различного типа (см., например, рис. 83). Приведем общие представления о методах определения составляющих водного ба-

ланса.

Осадки измеряют дождемерами, а часть их, достигшую уровня грунтовых вод, — в лизиметрах-испарителях (рис. 84). Последние «заряжают» монолитами породы, в которых поддерживают заданный постоянный или переменный (такой же, как и на окружающем поле) уровень грунтовых вод. В лизиметрах высевают культуры, которые поливают теми же нормами, что и культуры, растущие вокруг лизиметров. Лизиметры с естественной растительностью или с оголенной почвой не поливают.

Конструкции лизиметров различны. Их изготавливают из железа, железобетона, пластмассы и других материалов. Сечение круглое или прямоугольное, площадь сечения изменяется от долей до нескольких квадратных метров и более. Глубина поддерживаемого в лизиметрах уровня грунтовых вод обычно изменяется от 0,5 до 4...5 м, иногда до 10 м. Эти же установки используют для измерения расхода грунтовых вод в зону аэрации. При просачивании осадков или оросительной воды по объему воды, отобранному для поддержания заданного уровня грунтовой воды, устанавливают инфильтрацию, а по объему долитой воды — расход грунтовой воды в зону аэрации.

Для измерения этого расхода необходимо определять в лизиметрах изменение запасов влаги в зоне аэрации. Это проводят разными методами и, в частности, с помощью тензиометров, установленных в лизиметре над уровнем грунтовых вод в нескольких точках по вертикали. Тензиометр сравнительно простой и широко распространенный в практике гидрофизических исследований прибор, предназначенный для измерения капиллярного потенциала почвенной влаги, коэффициента влагопроводности, представляющего собой коэффициент фильтрации ненасыщенного грунта, и влажности почв. Тензиометр состоит из керамического датчика (фильтра), устанавливаемого в грунт на нужную глубину, измерительного устройства (ртутного или другого типа манометра), с которым он соединен вакуумным шлангом, заполненным водой (рис. 85). Если потенциал влаги в грунте ниже нуля, вода вытекает из тензиометра до установления равновесия, и манометр фиксирует потенциал. При повышении влажности грунта вода из него поступает в тензиометр до равновесия. Для определения влажности грунта используют тарировочную зависимость капиллярного потенциала влаги от влажности. Тензиометры широко используют и при гидрофизических исследованиях процессов влагопереноса для оценки инфильтрационного питания грунтовых вод.

Особую ценность этот метод представляет при значительной мощности зоны аэрации (более 5... 10 м). Тензиометры в этом случае устанавливают от поверхности земли до уровня грунтовых вод в стенках шурфов или скважин,

надежно изолированных от влияния внешних факторов. Одновременно ведут наблюдения за температурой грунта, что в комплексе позволяет рассчитать расход потока влаги.

Расход влаги на испарение и транспирацию достигает значительных размеров, зависит от глубины залегания грунтовых вод, видов, количества зеленой массы и урожая растительности, а также от климатических условий (табл. 19, рис. 86). Значительной транспирацией обладает естественная растительность, покрывающая неосвоенные земли среди орошаемых.

Поступление оросительных вод, потери воды на фильтрацию из рек и каналов и расходы сбросных и дренажных вод измеряют гидрометрическими методами. Потери на фильтрацию из каналов измеряют также с помощью специальных приборов — фильтромеров. Кроме того, возможно построение, по данным ярусных пьезометров, гидродинамических сеток, позволяющих при известном коэффициенте фильтрации рассчитать расход потока, фильтрующегося из канала.

Потери воды в руслах рек изменяются в широких пределах. В галечниках при глубоком залегании грунтовых вод они составляют нередко 15...20% (и более) от расхода воды в реке.

Важнейшим источником питания грунтовых вод служат воды, фильтрующиеся из каналов. В СССР общая протяженность каналов превышает 350 тыс. км, а еже при достаточно высокой водопроницаемости этого пласта [более $100 \text{ м}^2/\text{сут}$. Создание благоприятного режима грунтовых вод на орошаемых землях требует дальнейшего совершенствования способов орошения и техники полива и методов искусственного дренирования почв. Первое направление I технического прогресса одновременно необходимо и для рационального и экономного использования водных ресурсов.

§ 86. Прогноз режима грунтовых вод

Прогноз режима грунтовых вод необходим при составлении проектов намечаемого или развития существующего орошения, а также в связи с изменениями метеорологических условий, водоносности рек, вододачи и др.

Результаты прогноза режима грунтовых вод служат > основой проекта орошения, так как позволяют установить, могут ли грунтовые воды, залегающие глубоко, при проектируемых способах орошения, технике полива и режиме орошения подняться до опасного уровня; какова будет при этом минерализация грунтовых вод; через сколько лет произойдет подъем уровня и какой интенсивности потребуется дренаж, чтобы обеспечить необходимый режим грунтовых вод. На основе прогноза режима проектируют и оросительные нормы для намечаемых сельскохозяйственных культур.

Для староорошаемых земель прогнозируют уровень грунтовых вод на весенний период (начало полевых работ), середину вегетационного периода и на осенне-зимний период (для планирования влагозарядковых и промывных поливов).

При устойчиво пресных грунтовых водах, свойственных интенсивно дренированной и дренированной зонам, прогнозируют только изменения уровня. В остальных зонах необходим прогноз и уровня, и химического состава грунтовых вод.

Прогноз режима осуществляют следующими методами.

Водно-балансовый метод прогноза в настоящее время является одним из основных. Им определяют изменение запасов грунтовых вод в зависимости от заданных элементов баланса. При известных свойствах пород рассчитывают общую величину и скорость повышения уровня 1 грунтовых вод. Элементы баланса для проектных или существующих условий устанавливают предварительно на 1 опытных участках путем выявления: зависимости инфильтрации осадков, оросительных вод и фильтрации из каналов от глубины залегания грунтовых вод, характера пород зоны аэрации и метеорологических условий;

зависимости расхода грунтовых вод на испарение и транспирацию различными культурами от тех же факторов;

зависимости подземного притока, включая подпитывание напорными водами, и оттока от глубины залегания грунтовых вод и изменений ее во времени; зависимости дренажного стока от водоподачи, метеорологических факторов и глубины залегания грунтовых вод.

Примеры некоторых из этих зависимостей приведены на рисунках 86, 87.

Аналитические методы основаны на прогнозе уровня путем решений дифференциальных уравнений неустановившегося движения грунтовых вод. Необходимы знания общих гидрогеологических условий, фильтрационных характеристик грунтов, отметок заданных уровней воды в каналах, ожидаемой инфильтрации, испарения и т. д. Метод применим в сравнительно простых гидрогеологических условиях при однородном геологическом строении. *Метод конечных разностей* заключается в расчете колебаний уровня грунтовых вод тюд влиянием инфильтрации, испарения и подземного стока. Расчеты ведут путем решения дифференциальных уравнений неустановившегося движения грунтовых вод в конечных разностях, используя ряд параметров, получаемых в процессе наблюдений за режимом грунтовых вод.

Методы математической статистики сводятся к установлению корреляции связей колебаний уровня грунтовых вод с одним или несколькими факторами, например осадками, водоподачей на орошение, испарением и др. Метод применим в основном для староорошаемых районов со сравнительно

стабильной ирригационно-хозяйственной обстановкой, при наличии данных наблюдений, охватывающих более 15...20 лет. Метод трудоемкий, но использование быстродействующих счетных машин облегчает его применение.

Метод гидрогеологических аналогов основан на прог-•рзе режима грунтовых вод массивов нового освоения. Метод весьма приближенный. Используются результаты наблюдений в староорошаемых районах, аналогичных по гидрогеологическим и ирригационно-хозяйственным условиям.

Метод моделирования фильтрации требует знания 'гидрогеологических условий массива орошения, параметров пластов и элементов баланса грунтовых вод. По этим данным создают- фильтрационную модель, схематизирующую природную обстановку, на основе которой прогнозируют режим грунтовых вод для заданных ирригацион-но-хозяйственных условий. Моделирование позволяет в сложных гидрогеологических условиях при установившемся и неуставившемся режимах фильтрации оценить взаимосвязь грунтовых и напорных вод, подземных и поверхностных вод, прогнозировать влияние каналов и 1 поливов, водохранилищ, а также предсказать влияние освоения новых массивов на режим подземных вод прилегающих староорошаемых земель. Метод моделирования дает наиболее точные результаты при наличии достоверной исходной гидрогеологической информации. Моделирование успешно применяют при расчетах вертикального и горизонтального дренажа и эксплуатационных водозаборов подземных вод.

Результаты прогноза для районов нового освоения графически представляют в виде карт ожидаемых глубин залегания грунтовых вод на различные годы после начала орошения.. Такие карты необходимы для планирования сроков строительства дренажа.

Методы прогноза изменений химического состава грунтовых вод в связи со сложностью этих процессов находятся в стадии разработки. Существующие предложения сводятся к применению экспериментальных и аналитических методов прогноза. Первый из них заключается в описанном выше изучении водно-солевого баланса и прогнозирования на его основе изменений содержания солей в грунтовых водах для заданных ирригационно-хо-зяйственных условий. Аналитические методы основаны на решении дифференциальных уравнений конвективной диффузии. Пока эти решения даны для сравнительно простых гидрогеологических условий,