Материалы к лекции по гидрогеологии

Гидрогеоло́гия (от [др.-греч.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) ὕδωρ «водность» + [геология](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F)) — наука, изучающая происхождение, условия залегания, состав и закономерности движений [подземных вод](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8B). Также изучается взаимодействие подземных вод с горными породами, поверхностными водами и атмосферой.

В сферу этой науки входят такие вопросы, как динамика подземных вод, гидрогеохимия, поиск и разведка подземных вод, а также мелиоративная и региональная гидрогеология. Гидрогеология тесно связана с [гидрологией](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F) и [геологией](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F), в том числе и с [инженерной геологией](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F), [метеорологией](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F), [геохимией](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F), [геофизикой](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0) и другими [науками](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0) о Земле. Она опирается на данные [математики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), [физики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0), [химии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F) и широко использует их методы исследования.

Данные гидрогеологии используются, в частности, для решения вопросов [водоснабжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4), [мелиорации](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F), экологических последствий гидротехнического строительства (водохранилищ и др.), эксплуатации месторождений подземных питьевых, технических, минеральных, промышленных и термальных вод, а также прогноза водопритоков в горные выработки месторождений твёрдых полезных ископаемых (шахты, карьеры).

История гидрогеологии

Накопление знаний о подземных водах, начавшееся с древнейших времен, ускорилось с появлением городов и поливного земледелия. В частности, свою лепту внесло сооружение копаных колодцев, строившихся в 2—3 тыс. до н. э. в Египте, Средней Азии, Китае и Индии и достигавших глубин в несколько десятков метров. Примерно в этот же период появилось лечение минеральными водами.

Первые представления о свойствах и происхождении природных вод, условиях их накопления и круговороте воды на Земле были описаны в работах древнегреческих ученых Фалеса и Аристотеля, а также древнеримских [Тита Лукреция Кара](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%82_%D0%9B%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%86%D0%B8%D0%B9_%D0%9A%D0%B0%D1%80) и [Витрувия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B8%D0%B9). Изучению подземных вод способствовало расширение работ, связанных с водоснабжением в Египте, Израиле, Греции и Римской империи. Возникло понятия о ненапорных, напорных и самоизливающихся водах. Последние получили в XII веке н. э. название артезианских — от названия провинции [Артуа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D1%82%D1%83%D0%B0) (древнее название — Артезия) во [Франции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F).

В России первые научные представления о подземных водах как о природных растворах, их образовании путем инфильтрации атмосферных осадков и геологической деятельности подземных вод были высказаны [М. В. Ломоносовым](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B2,_%D0%9C%D0%B8%D1%85%D0%B0%D0%B8%D0%BB_%D0%92%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87) в сочинении «О слоях земных» (1763 г.). До середины XIX века учение о подземных водах развивалось как составная часть геологии, после чего обособилось в отдельную дисциплину.

2.1 Круговорот воды в природе  
  
Вода прослежена от поверхности Земли до верхней мантии. Ниже водородные связи рвутся и молекулы Н2О не существует. Подсчитано, что на долю подземных вод приходится 2460 млн. км2. Из них в осадочных породах их содержание составляет 190 млн. км3, в кристаллических – 860 млн. км3.  
  
Природные воды – единственные из полезных ископаемых, запасы которых в результате круговорота непрерывно пополняются. Составными элементами круговорота воды являются: испарение, осадки, сток.  
  
Испарение – обратимый процесс перехода воды из жидкого или твердого состояния в газообразное, на что затрачивается 23 поступающей на Землю солнечной энергии. Испарение зависит от геологических условий района – характера, структуры и влажности почвы, структурно-текстурных особенностей горных пород, глубины залегания подземных вод.  
  
Осадки. Различают твердые, жидкие и смешанные. К твердым относятся изморозь (кристаллы льда размером до 0,1 мм), иней (кристаллы льда до 0,5 мм), снег (кристаллы в виде снежинок и хлопьев), снежная и ледяная крупа, ледяной дождь, град, гололёд. Жидкими осадками являются роса, дождь, морось. Среди смешанных осадков выделяют: смесь дождя и снега, туман. Атмосферные осадки участвуют в пополнении (питании) подземных вод.  
  
Практикой подземной разработки месторождений установлена тенденция увеличения водообильности выработок с повышенным выпадением осадков.  
  
По данным А.И. Кравцова на ряде шахт Донбасса приток воды в горные выработки в течение года изменяется, причем наибольшей величины он достигает в конце апреля и начале мая (220 м3/час при нормальном 85-90 м3/час).  
  
Сток. Выпавшие на Землю атмосферные осадки частично испаряются, а оставшаяся часть образует сток, разделяемый на поверхностный и подземный, возникающий в ходе просачивания (инфильтрации) вод в горные породы через поры и трещины. Изображенные на рисунке 1 схемы соотношения между поверхностными и подземными водами отражают возможные варианты геологических условий. Интенсивность поверхностного стока зависит от климата района, рельефа территории, наличия растительности и др.  
  
где И – испарение, О – осадки, Q П – поверхностный сток, Q – подземный сток, Т – транспирация Рисунок 2.1 – Схема круговорота воды в природе  
  
Процессы взаимодействия между атмосферными и поверхностными водами составляют гидрогеологическую ветвь общего круговорота воды на Земле.  
  
Подземные воды также участвуют в круговороте, образуя сложную подземную ветвь – геологический круговорот. Как форма движения материи, геологический круговорот совершается в виде инфильтрации, фильтрации, взаимодействия воды с горными породами, участвуя и многообразных современных геологических процессах.  
  
Количественно гидрогеологический круговорот для любого района Земли может быть выражен в виде уравнения водного баланса: Q (осадки) = С (поверхностный сток) И Н (инфильтрация) И (испарение); Водный баланс – это количественное выражение круговорота воды или отдельных его звеньев (осадки, сток, испарение).   
  
2.2 Основные понятия гидрогеологии Подземные воды – это воды, находящиеся в верхней части земной коры и залегающие ниже поверхности Земли. В литосфере вода содержится в крупных полостях, порах и трещинах горных пород, находится в постоянной взаимосвязи с горными породами их включающие и образует водоносные горизонты. Водоносный горизонт – это часть пласта или пласт, заполненный водой и приуроченный к регионально выдержанным водопроницаемым породам, однотипных по гидрогеологическим признакам и имеющих общую гидравлическую или пьезометрическую поверхности. Водоносные породы – это пласты, линзы и другие формы залегания пород, в которых поры, пустоты и трещины заполнены гравитационной водой.  
  
Водоносный пласт – выдержанный по мощности и распространению одновозрастной пласт породы с относительно однородными водно-емкостными и фильтрационными свойствами.  
  
Водоносный комплекс – толща горных пород, состоящая из нескольких водоносных горизонтов с разделяющими их относительно водоупорными слоями или пластами, рассматриваемая как единая гидродинамическая система. Гидрогеологический бассейн – совокупность водоносных и относительно водоупорных горизонтов и комплексов, выделяемых по общим условиям формирования, состава и свойств заключенных в них вод. Водоупорные породы – не пропускающие воду или слабопроницаемые; подстилающие водоносный горизонт называются водоупорной почвой, а перекрывающие – водоносной кровлей. Область, в пределах которой распространен водоносный горизонт, называется площадью или областью распространения (рисунок 2.8). Область, где подземные воды вытекают из водоносного горизонта, называется областью разгрузки или дренажа, а площадь, где происходит питание водоносного горизонта – областью питания. Расстояние от уровня подземных вод (гидравлического или пьезометрического) до водоупорной почвы называется мощностью водоносного горизонта. В горном деле, в зависимости от положения относительно пласта полезного ископаемого, водоносные горизонты могут быть подугольными (подрудными) и надугольными (надрудными).   
  
2.3 Виды воды в горных породах  
  
Основными видами воды в горных породах являются:  
  
а) вода в твердом состоянии. Эта вода распространена в зонах многолетнемерзлых пород в виде кристаллов, жил, линз, прослоев льда; б) парообразная вода (водяной пар). Пары воды, образующиеся при испарении в атмосфере или земной коре, заполняют вместе с воздухом не занятые водой поры и трещины в горных породах (рисунок 2.2). Количество паров не превышает несколько тысячных долей процента от массы пород. В определенных условиях при понижении температуры до точки росы пары могут конденсироваться и переходить в жидкое состояние. Точка росы – это температурный предел, при котором водяные пары, находящиеся в воздухе, начинают конденсироваться и переходить в жидкое, а при очень резком изменении температуры, и в твердое состояние.  
  
В общем объеме парообразной воды значительная доля принадлежит горячему пару больших глубин или выходу перегретых вод на поверхность Земли. Обособленные скопления пара встречаются на месторождениях нефти и газа.  
  
Передвигается парообразная вода от участков с большей к участкам с меньшей упругостью пара. в) связанная вода. Связанная вода удерживается на поверхности минеральной частицы или внутри ее молекулярными и электрическими силами сцепления, значительно превышающими силу тяжести. Подразделяется такая вода на физически и химически связанную воду. Располагается в зоне аэрации горных пород.   
  
Физически связанная вода  
  
Существование физически связанной воды обусловлено наличием на поверхности минеральной частицы слабого отрицательного заряда. Благодаря дипольному строению, молекулы воды притягиваются к поверхности минеральной частицы со слабым отрицательным зарядом, водородными положительными концами, образуя прочную связь. Связанная вода составляет примерно 42 всей воды, содержащейся в земной коре. Средняя её плотность 1,2 – 1,4 г/см3.  
  
Физически связанная вода подразделяется на прочносвязанную (гигроскопическую или адсорбционную) и рыхлосвязанную (пленочную). Частицы пород, особенно тонкодисперсных, способны адсорбировать на свою поверхность молекулы водяного пара или жидкой воды (при смачивании) и удерживать их электростатическими силами как в виде отдельных молекул, так и в виде пленки толщиной в несколько молекул. Сверху этой пленки может образовываться как бы вторая пленка, притягиваемая молекулярными силами, действие которых ослабевает по мере утолщения пленки.  
  
Пленочная вода способна передвигаться от частиц с большей толщиной пленки к частицам с меньшей ее толщиной.  
  
Признаки физически связанной воды:  
  
- не подчиняется силе тяжести;  
  
- не передает гидростатического давления в порах породы;  
  
- не замерзает при температуре минус 78С;  
  
- не обладает растворяющей способностью;  
  
- не замерзает до минус 78С – гигроскопическая вода и до минус 6С – пленочная.  
  
Наибольшим количеством связанной воды обладают глинистые породы (до 45 ), обуславливая такие их свойства как пластичность, набухание, липкость и др.  
  
где 1 – частицы грунта; 2 – молекулы воды в виде пара; а – неполная гигроскопичность, б – максимальная гигроскопичность, в и г – частицы почвы с пленочной водой (вода движется от частицы г к частице в, окруженной более тонкой пленкой); д – частицы почвы со свободной водой Рисунок 2.2 – Схема различных видов воды в породе по А.Ф. Лебедеву   
  
Химически связанная вода  
  
Химически связанная вода принимает участие в строении кристаллической решетки в виде молекулы (Н2О), гидроксила (ОН-), водорода (Н) и оксания (Н3О). Подразделяется такая вода на конституционную(диаспор – AlOOH), которая выделяется из минерала в пределах от 300 до 1000С; кристализационную (гипс – CaSO4. 2H2O), температура удаления не более 300 С и цеолитную воду (опал SiO2 nH2O), выделяемую при меньших температурах (100С-50С) и легче восстанавливаемую. Как правило, удаление воды из кристаллической решетки минералов влечет за собой перестройку последней.  
  
Таким образом, наличие в горных породах тех или иных видов воды во многом предопределяет как основные водные свойства горных пород, так и условия движения подземных вод.  
  
Свободная вода  
  
В породах земной коры свободная вода может быть капиллярной и гравитационной.  
  
Капиллярная вода удерживается и передвигается за счет сил капиллярного давления как при просачивании поверхностных вод через породы зоны аэрации, так и при подъеме подземных вод над их уровнем по тонким порам и трещинам (капиллярам). Высота капиллярного поднятия может достигать 600-1200 см в глинистых породах и до 400 см – в суглинистых и совсем незначительна в песчано-гравийных отложениях.  
  
Рисунок 2.3 - Распределение воды в верхней части земной коры   
  
Гравитационная вода  
  
Гравитационная вода передвигается по порам и трещинам в горных породах под действием силы тяжести и напорного градиента. Такая вода характерна для зернистых и трещиноватых пород, образуя свободные постоянные водоносные горизонты в зоне насыщения верхней части подземной гидросферы.  
  
Вода в надкритическом состоянии (диссипированная). Такая вода характерна для нижней зоны литосферы, где температура выше критической (374С), характеризуется флюидным состоянием, меньшей вязкостью , большей миграционной способностью и пр.  
  
2.4 Водно-физические свойства горных пород  
  
Свойства, которые проявляются при взаимодействии горных пород с водой, называются водными.  
  
К основным водным свойствам горных пород относятся:  
  
Водонепроницаемость – способность горных пород пропускать через себя свободную воду при наличии напорного градиента. Количественно определяется коэффициентом фильтрации (КФ), т.е. объемом воды, проходящей через единицу поверхности в единицу времени при напорном градиенте равном единице или скоростью перемещения воды в породах.  
  
Величина коэффициента фильтрации зависит от размера и структуры порового пространства, свойств фильтрующейся жидкости и направления движения.  
  
По степени проницаемости все породы условно подразделяются на три группы:   
  
а) непроницаемые (водоупорные) – практически не пропускают воду; КФ = 0,1 - 0,01 м/сут. и менее. Относятся глины, аргиллиты, плотные кварциты, граниты и пр.;  
  
б) слабонепроницаемые – КФ = 1 – 1 м/сут. Относятся лесс, суглинки;  
  
в) хорошо проницаемые – КФ = 100-1 м/сут. Относятся пески, песчаники, гравелиты, трещиноватые известняки, мел, мергели и др.  
  
Влажность.  
  
В природных условиях горные породы в той или иной степени содержат воду.  
  
Влажность горных пород – степень насыщенности водой (пленочной, капиллярной, гравитационной) пор, трещин и других пустот в естественных условиях. Такая влажность называется естественной влажностью. Она выражается в процентах по весу к абсолютно сухой породе и определяется формулой:   
  
где W – естественная влажность, ?;  
  
g е – вес образца при естественной влажности, гр.;  
  
gc–вес образца горной породы высушенного при-105-106С,гр.  
  
Различают также относительную влажность – отношение объема воды в образце к объему пор в нем и отражает долю заполнения пор водой.   
  
Относительная влажность определяется формулой:   
  
где g –относительная влажность, доли единицы:  
  
W – весовая влажность породы, доли единицы;  
  
?уд. – удельный вес горной породы, доли единицы;  
  
n - пористость породы, доли единицы.  
  
Влажность, соответствующая полному заполнению всех пор породы водой, называется влагоемкостью.  
  
В зависимости от влажности песчаные и глинистые породы могут находиться в различном физическом состоянии – изменяется их прочность, деформируемость и устойчивость.  
  
Влагоемкость способность горной породы поглощать и удерживать некоторое количество воды (в долях единиц или ?). По степени влагоемкости различают породы:   
  
а) весьма влагоемкие (торф, глины, суглинки);  
  
б) слабо влагоемкие (мел, рыхлые песчаники):  
  
в) невлагоемкие ( скальные породы, пески, галечники).  
  
Водонасыщение – заполнение всех пор и пустот породы водой при давлении.  
  
При проведении горных работ в водонасыщенных горных породах применяют специальные способы проходки с применением различных способов технической мелиорации (закрепления с помощью цементирующих растворов), тампонирования, водопонижения и др.  
  
Водоотдача – способность водонасыщенной породы отдавать часть воды путем свободного стекания под действием силы тяжести, либо в результате воздействия (откачки и т.п.). Оценивается процентным отношением объема свободно вытекающей из горной породы воды к ее объему. Водоотдача пород характеризуется коэффициентом водоотдачи, определяемым в процентах или долях единицы по формуле:  
  
В = Wп – Wм, (2.3) где В – коэффициент водоотдачи, ?;  
  
Wп – полная влагоемкость, ?;  
  
Wм – максимальная молекулярная влагоемкость, ?.  
  
Водоотдача возрастает с увеличением крупности частиц породы открытой пористости, трещиноватости и с уменьшением смачиваемости. Это основная характеристика, используемая при выборе способа водозащиты горных выработок, расчета сети дренажных скважин, интенсивности снижения уровня воды при водопонижения и др.  
  
Водопонижение – способность горных пород, вскрытых горной выработкой или скважиной, поглощать воду.  
  
2.5 Скважность и пористость горных пород  
  
Накопление и перемещение воды в земной коре возможно благодаря наличию в толще горных пород различных пустот, форма и размеры которых колеблются в значительных пределах. Пустоты могут быть заполнены водой или газами и служить каналами для их передвижения. Поэтому, одним из главнейших свойств горных пород является пористость или скважность, т.е. общий объем всех пустот в породе. По размерам пустот пористость подразделяется на некапиллярную (сверхкапиллярную) и капиллярную. Их характеристика приведена в таблице 2.1   
  
Таблица 2.1 – Виды пористости  
  
Виды пористости Наимено-вание пустот Размеры пустот Типичные породы  
  
Диаметр округлых пустот, мм Ширина трещин, мм   
  
Некапилляр-ная Каверны, трещины 2,0 2,0 Закарстован-ные, сильно трещиноватые, крупнообло-мочные, рыхлые  
  
Сверхкапил-лярная 2,0-0,5 2,0-0,25   
  
Капилляр-ная Капилляры 0,5-0,0002 0,25-0,0001 Тонкотрещи-новатые, пористые, смешанные  
  
Субкапил-ляры 0,0002 0,0001 Глинистые, ультрапористые  
  
Количественно пористость породы характеризуется коэффициентом пористости, равным отношению объема пор ко всему объему породы: ?,   
  
Наибольшей пористостью обладают глинистые породы –50-60?.  
  
Различают также пористость общую (физическую) – общий объем всех пор, независимо от их формы, величины и взаимного расположения и эффективную (динамическую) – объем тех пор, через которые происходит движение воды.  
  
Пористость и коэффициент пористости характеризуют плотность горных пород, что при их оценке как оснований сооружений и горных объектов имеет существенное значение. От пористости зависят водопроницаемость, водоотдача, влагоемкость, сжимаемость и другие свойства горных пород. Расчет величины пористости мелкозернистых песков и связных глинистых грунтов производят по объемному и удельному весам породы. Взаимоотношения подземных вод и горных пород существенно зависят также от гранулометрического состава, т.е. от размеров частиц, слагающих породы, которые в свою очередь обусловливают те или иные размеры пор в породе. Гранулометрический состав показывает процентное содержание (по массе) частиц различного размера, слагающих данную рыхлую породу. Для его определения производят разделение пород на фракции, т.е. группы частиц одинакового размера и определяют процентное содержание различных фракций. В зависимости от процентного соотношения различных фракций устанавливают классификационное название породы (глина, суглинок, супесь, песок, щебень и др.).  
  
2.6 Условия залегания подземных вод  
  
По условиям залегания в земной коре различают следующие типы подземных вод: почвенные, верховодка, грунтовые, межпластовые и артезианские.  
  
Почвенные воды – это влага, содержащая в почвенном слое у поверхности земли, в зоне аэрации. Передвигаются они под действием молекулярных, капиллярных сил. Такие воды не имеют под собой водоупорного слоя и при избытке влаги просачиваются до уровня грунтовых вод.   
  
Рисунок 2.4 – Схема залегания почвенных, грунтовых и межпластовых вод  
  
Верховодка  
  
При инфильтрации через зону аэрации воды встречают на своем пути водонепроницаемые или слабоводопроницаемые глинистые прослойки и линзы их удерживающие. Образуются при этом маломощные водоносные горизонты локального распространения.  
  
Рисунок 2.5 – Верховодка   
  
Залегают такие воды на небольшой глубине поверхности, с небольшими запасами, носят сезонный характер, безнапорные. Верховодка часто служит источником водоснабжения в сельских районах. В районах больших городов верховодка легко загрязняется.  
  
Грунтовые воды  
  
Подземные воды, залегающие на первом от поверхности водоупоре, выдержанном по простиранию, называют грунтовыми.  
  
Грунтовые воды имеют свободную поверхность, называемую зеркалом грунтовых вод. Они формируются за счет инфильтрации атмосферных и поверхностных вод. Основные черты грунтовых вод следующие: - залегают вблизи поверхности Земли в рыхлых отложениях изменчивой мощности, дренируемых реками; - воды безнапорные; - область питания совпадает с областью разгрузки (дренажа); - пласт обычно не полностью насыщен водой; - глубина залегания уровня, температура вод, минерализация, расход подвержены систематическим колебаниям (суточным, месячным, годичным); - изменчивость физических свойств и химического состава; - обладают тесной связью с поверхностными водами. Поверхность грунтового потока имеет различный наклон на разных участках. Ее положение определяется гидроизогипсами, т.е. кривыми, соединяющими точки с одинаковыми абсолютными отметками установившегося уровня воды. Схема, на которой показаны гидроизоигипсы, выработки, колодцы, элементы рельефа называется картой гидроизогипс.   
  
По карте гидроизогипс (рисунок 2.6) можно определить: - направление грунтового потока; - глубину залегания грунтовых вод: - уклон грунтового потока; - характер взаимосвязи грунтовых вод с поверхностными (рисунок 2.7); - условия питания и разгрузки; - скорость движения водного потока и пр.   
  
Рисунок 2.6 – Карта гидроизогипс   
  
Направление движения грунтовых вод берут по нормали к двум смежным гидроизогипсам. Движение воды направлено от более высоких отметок уровня к более низким. (рисунок 2.6). Глубину залегания грунтовых вод в любом заданном пункте определяют по разности отметок горизонтали поверхности и гидроизогипсы. Уклон потока подземных вод для любого участка вычисляют делением сечения карты гидроизогипс на кратчайшее расстояние между двумя гидроизогипсами, взятое в масштабе карты.   
  
где А – река дренирует грунтовые воды; Б – река питает грунтовые воды; В – река питает и дренирует грунтовые воды Рисунок 2.7 – Схема связи грунтовых вод с поверхностными   
  
Связь грунтовых вод с поверхностными устанавливают по характеру сопряжения гидроизогипс с рекой. В природе наблюдаются два основных случая: первый – грунтовые воды питают поверхностные (рисунок 2.7, А), второй – поверхностные воды питают грунтовые (рисунок 2.7, Б). Кроме того, реки могут одновременно питать и дренировать грунтовые воды (рисунок 2.7, В).   
  
По соотношению и характеру изменения гидроизогипс можно получить представление о потоке. Участки замкнутых гидроизогипс с высокими отметками указывают на положение водоразделов грунтовых вод, где условия питания наиболее благоприятны. Зоны с нулевой глубиной до воды указывают на участки выхода подземных вод на поверхность земли. Совокупность происходящих изменений водного потока (уровня, состава, температуры, расхода, скорости и др.) под влиянием естественных и искусственных факторов определяет режим этих вод. Выходя на поверхность грунтовые воды образуют источники нисходящего типа.  
  
Межпластовые воды  
  
Межпластовые – подземные воды, залегающие между двумя водоупорными слоями. Они могут быть приурочены к различным породам (пескам, песчаникам, известнякам и др.), представляя собой поровые, трещинные и карстовые воды. Межпластовые воды могут быть безнапорными (при вскрытии которых уровень их остается на месте) и напорными. При вскрытии напорных межпластовых вод, уровень их поднимается обычно выше подошвы верхнего водоупора, при условии, когда все поры и пустоты водоносного горизонта заполнены и вода находится под гидростатическим давлением. Для них характерно ограниченное питание и разгрузка, отличаются замедленным водообменом, что приводит к увеличению их минерализации. Характеризуются также незначительным распространением, характерны для участков с холмистым рельефом, где развиты горизонтально залегающие пласты пород.   
  
Артезианские воды Это межпластовые воды порового, трещинного, карстового или смешанного типа, залегающие на значительных глубинах и приуроченные к крупным мульдообразным тектоническим структурам. Водосодержащими являются различные водопроницаемые породы. где а – область питания; б – область напора; в – область разгрузки; г – область возможного самоизлива напорных вод; 1, 5 – напорные водоносные горизонты; 2 – пьезометрический уровень напорных вод горизонта 1; 3 – восходящий источник; 4 – участок возможной гидравлической взаимосвязи напорных горизонтов (гидрогеологическое «окно») Рисунок 2.8 – Схема артезианского бассейна Линия, определяющая положение уровня в напорном водоносном пласте, называется пьезометрическим уровнем. Величина напора – это разность отметок вскрытия горизонта напорных вод и установившегося уровня. Величина непостоянная и изменяется в зависимости от условий залегания водоносного горизонта и часто определяет напряженное состояние вокруг горных выработок и условия их устойчивости. Основные особенности напорных вод следующие; - область питания и разгрузки не совпадают (иногда отдалены на сотни и тысячи километров); - режим их характеризуется относительным постоянством: - приуроченность к мульдам; - наличие напора; - малая подверженность загрязнению; - бассейновый характер распространения. Напорные воды, изолированные от атмосферы (связь имеется лишь в области питания и разгрузки), характеризуются меньшей зависимостью их режима от климатических факторов, относительным постоянством уровней, температуры и химического состава, меньшей загрязненностью и лучшим санитарным качеством воды. Поэтому их можно использовать для различных видов водоснабжения (хозяйственно-питьевого, производственно-технического, лечебно-питьевого, термального и др.) и орошения. Для решения практических задач по обеспечению устойчивости горных выработок, безопасности ведения горных работ и водопонижения в пределах шахтного поля или его части строят карты гидроизопьез (рисунок 2.9) и прогнозные карты безопасных напоров. Карта гидроизопьез составляется аналогично карте гидроизогипс грунтовых вод и представляет собой систему изолиний, соединяющих точки с одинаковыми отметками пьезометрического уровня.   
  
Условные обозначения где 1 – горизонтали поверхности; 2 – гидроизопьезы; 3 – изогипсы кровли водоносного горизонта; 4 – направление движения артезианских вод; 5 – скважина (в числителе номер скважины, в знаменателе отметка пьезометрического уровня). Рисунок 2.9 – Карта гидроизопьез (пример)   
  
Например, по карте по сгущению и разрежению гидроизопьез судят об изменении мощности водоносного горизонта или водопроницаемости. При уменьшении водопроницаемости пьезометрическая поверхность становится круче, а гидроизопьезы сгущаются. Если мощность пласта увеличивается по потоку, пьезометрическая кривая выполаживается. По карте определяют также связь напорных вод с поверхностными водотоками и водоемами (рисунок 2.9), направление движения напорных вод, уклон пьезометрической поверхности, глубину уровня, высоту напора воды над кровлей водоносного пласта, равную разность отметок пьезометрического уровня и кровли водоносного пласта где АА – пьезометрическая поверхность Рисунок 2.10 – Питание реки напорными водами через водонепроницаемую кровлю   
  
Кроме перечисленных типов подземных вод различают также трещинные, карстовые и подземные воды многолетней мерзлоты. Трещинные воды – это воды, содержащиеся в трещинах и небольших пустотах горных пород. Среди различных видов трещин для подземных вод важны трещины двух типов – тектонические и вторичные или выветривания. Первые распространены на глубине 100-500 м и более, носят региональный характер. Трещины выветривания имеют местное значение, неглубоки (до 100 м).  
  
При наличии крупных тектонических трещин или участков с интенсивной тектонической трещиноватостью, подземные воды приобретают характер потоков, в которых движение происходит с повышенными скоростями по законам отличным от законов движения воды в рыхлых зернистых породах.  
  
Трещинные воды могут быть как напорными, так и безнапорными, причем на различных участках одного и того же водоносного массива трещиноватых пород напорные воды могут сменяться безнапорными. Карстовые воды – это подземные воды, циркулирующие по пустотам и трещинам пород, карстового происхождения. В закарстованных породах происходит весьма сложная циркуляция вод как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях в виде сплошного потока подземных вод. Они резко поглощают поверхностный сток, обладают тесной связью с поверхностными водами. Для них характерно также резкое колебание уровня и расхода. Карстовые воды, обычно, безнапорные, грунтового типа. Химический состав их зависит от состава карстующихся пород. Минерализация их обычно повышена.   
  
2.7 Промышленные и минеральные воды   
  
Промышленными называют подземные воды, содержащие некоторые компоненты в концентрациях, позволяющих их извлечение для промышленных целей. Залегают такие воды на больших глубинах (500м и более), занимают сравнительно ограниченные площади. Для них характерны такие элементы как йод, бром, бор, литий, германий, медь, цинк, алюминий, вольфрам и др. Минеральными называют такие подземные воды, которые оказывают благотворное физиологическое влияние на человеческий организм в силу общей минерализации, ионного состава, содержания газов и активных компонентов. К минеральным водам условно относятся вода с минерализацией, превышающей 1 г/л (солоноватые – до 10 г/л, соленые – 10-35 г/л, рассолы – свыше 35 г/л). Однако встречаются лечебные минеральные воды с минерализацией меньше 1 г/л, но с высоким содержанием специфических биологически активных компонентов.  
  
По температуре минеральные воды делят на холодные (до 20С), теплые или субтермальные (20-37С), термальные (37-42С), горячие или гипотермальные (свыше 42С). Основными типами минеральных вод являются железистые, мышьяковистые, сероводородные (сульфидные) углекислые, радоновые, йодные, бромные. Распределение основных типов минеральных вод определяется геолого-тектоническими особенностями и историей геологического развития регионов. Например, провинции углекислых вод приурочены к областям альпийской складчатости (Кавказ, Памир, Камчатка и др.), хлоридных вод – к глубоким частям крупных артезианских бассейнов и др.  
  
2.8 Физические свойства и химический состав подземных вод  
  
Установлено, что простейшую формулу Н2О имеет молекула парообразной влаги – гидроль; молекула воды в жидком состоянии (Н2О)2 дигидроль; в твердом состоянии (Н2О)3 –тригидроль. Изучение физических свойств и химического состава подземных вод необходимо не только для оценки их качества для питьевых и промышленно-хозяйственных целей, выяснения условий питания, происхождения и пр., но и при выборе материала для крепления горных выработок и подборе шахтного оборудования. Основными физическими свойствами подземных вод являются температура, прозрачность, цвет, запах, плотность, радиоактивность. Температура подземных вод изменяется в широких пределах: в областях распространения вечной мерзлоты она отрицательная и составляет до -6С, в районах вулканической деятельности – более 100С. По температуре воды делятся на весьма холодные – до 4С; холодные – 4-20С; теплые – 20-37С; горячие –37-42С; весьма горячие – 42-100С и более. Температура воды оказывает огромное влияние на скорость протекания физико-химических процессов в земной коре. Температура неглубоко залегающих подземных вод обычно составляет - 5 - 15С, при глубоком погружении водоносных горизонтов артезианских бассейнов - 40- 50С; во внутренней геотермической зоне на глубине 3000-4000 м буровыми скважинами вскрыты перегретые подземные воды с температурой более 150С. Прозрачность воды зависит от наличия в ней минеральных солей, механических примесей, коллоидов и органических веществ. Подземные воды считаются прозрачными, если в толщине слоя 30 см не 36 содержится взвешенных частиц. Цвет подземных вод зависит от химического состава и наличия примесей. Большей частью подземные воды бесцветны. Однако, жесткие воды имеют голубоватый оттенок, закисные соли железа и сероводород придают воде зеленовато-голубую окраску, органические гуминовые кислоты окрашивают воду в желтый цвет, а воды, содержащие соединения марганца – черные.  
В большинстве случаев запах в подземных водах отсутствует. Наличие специфического запаха может быть обусловлено присутствием в ней каких-либо соединений (сероводорода, гуминовых кислот, органических соединений), образующихся в результате разложения животных и растительных остатков. Для определения запаха воду подогревают до 50-60С.  
Вкус воды зависит от присутствия в ней растворенных минеральных веществ, газов и примесей. Так, например, хлористый натрий придает воде соленый вкус, сернокислые соли натрия и магния – горький, при наличии азотистых соединений – сладковатый, а ионов свободной углекислоты – приятный, освежающий. При определении вкуса воду подогревают до 30С. Плотность воды обусловлена растворенными в ней солями, газами, взвешенными и температурой. Радиоактивность обусловлена присутствием в ней природных радиоактивных элементов: урана, радона, радия, продуктов их распада – гелия и др., формирование которых определяется многими геологическими, гидрогеологическими и геохимическими факторами. Вследствие наличия трех изотопов водорода – 1Н (протий), D (дейтерий), Т (тритий) и шести изотопов кислорода 14О, 15О, 16O, 17O, 18O, 19O имеются 36 изотопных разновидностей воды, из которых только девять являются стабильными.  
Соединение D2O называется тяжелой водой, содержание которой в природе составляет 0,02?. Изучение состава и свойств подземных вод производится на всех стадиях разведки, а также в процессе вскрытия и эксплуатации месторождений.  
Исследование состава подземных вод преследует основные цели: - выяснение их пригодности для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения; - оценка возможного вредного влияния вод на бетонные и металлические конструкции шахт и горное оборудование. Химический состав подземных вод позволяет судить также об особенностях формирования и питания подземных вод, взаимосвязи водоносных горизонтов. Химический состав подземных вод определяется количеством и соотношением содержащихся в них ионов (минерализацией воды), жесткостью, количеством и составом растворенных и нерастворенных в воде газов, реакцией воды (рН), агрессивностью и пр. Главнейшими химическими компонентами подземных вод являются катионы – Na, K, Ca2, Mg2, анионы – HCO3-, Cl-, SO42-, микрокомпоненты – Fe2, Fe3, Al3, Mn2, Cu2, Zn2, Br, I, N и другие газы – N2, O2, CO2, CH4, H2 и др., комплексные органические соединения – фенолы, битум, гумус, углеводороды органические кислоты. Химический состав подземных вод принято выражать в ионной форме в мг/л и г/л. Главными источниками веществ, растворенных в подземных водах, являются горные породы, газы атмосферы и поверхностные воды, питающие подземные воды и те геохимические условия, которые сложились в пределах площади распространения и на различных глубинах. По степени минерализации (содержания в воде ионов, молекул и различных соединений) подземные воды месторождений твердых полезных ископаемых могут быть пресными, с минерализацией до 1 г/л, слабосолоноватыми – 1-3 г/л: солеными – 3-10 г/л, очень солеными – 10-50 г/л и рассолами – более 50 г/л. Жесткость воды (Н) – свойство воды, обусловленное присутствием в ней солей кальция и магния. Выражается жесткость в мг.экв/л. Различают жесткость общую, временную (устранимую) и постоянную (неустранимую), карбонатную и некарбонатную Общая жесткость оценивается по содержанию всех солей Са2 и Mg2 в виде Ca(HCO3)2, Mg(HCO3)2, CaSO4, MgSO4, CaCl2, MgCl2 и вычисляется путем суммирования этих ионов в мг.экв/л. где значения Са2 и Mg2 приведены в мг/л;   
20,04 и 12,16 – эквивалентные массы кальций-иона и магний- иона. Временная жесткость (устранимая) обусловлена гидрокарбонатными и карбонатными солями Са2 и Mg2:(Ca(HCO3)2, Mg(HCO3)2, CaCO3 иMgCO3). Гидрокарбонатная жидкость – величина, показывающая на сколько уменьшилась общая жесткость после выпаривания, а карбонатная жесткость – величина расчетная. Если карбонатная жесткость больше, чем общая жесткость, ее считают равной общей жесткости.  
  
Временную жесткость рассчитывают по формуле: , (2.6) где значение HCO3- берется в мг/л, 61,018 – его эквивалентная масса. Постоянная (неустранимая) и некарбонатная жесткости обусловлены хлоридами, сульфатами и другими некарбонатными солями кальция и магния. Определяется как разность между общей и временной жесткостью: Нпост. = Нобщ. – Нвр. (2.7) Выражается жесткость в мг.экв./л Ca2 и Mg2 в 1 мг.экв./л жесткости. Природные воды подразделяются по степени жесткости на пять групп (в мг.экв./л); очень мягкие – до 1,5; мягкие – 1,5-3; умеренно жесткие – 3,0-6,0; жесткие – 6,0-9; очень жесткие – 9,0. Щелочность обусловлена наличием в воде щелочей Na в видеNaOH, Na2CO3 и NaHCO3. 1 мг.экв./л щелочности соответствует 40 мг/л NaOH; 53 мг/л NaCO3 и 84,22 мг/л NaHCO3. Активная реакция воды – степень ее кислотности или щелочности, количественно характеризующаяся концентрацией водородных ионов рН (десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с положительным знаком), по величине которой подземные воды подразделяются на: очень кислые - 5; кислые – 5-7; нейтральные – 7; щелочные – 7-9; высоко щелочные 9. Агрессивность воды – способность разрушать бетон, железобетонные и металлические конструкции. Различают сульфатную, углекислую, выщелачивания магнезиальную и общекислотную виды агрессии. Сульфатная агрессия определяется повышенным содержанием иона SO42-. При избытке иона SO42- происходит кристаллизация в бетоне новых соединений: образуется гипс CaSO4 . 2H2O с увеличением объема на 100 и сульфоалюминат кальция (бетонная бацилла) с увеличением объема в 2,5 раза, что приводит к разрушению бетона. Вода агрессивна к бетону при содержании иона SO42- - свыше 250 мг/л. Углекислая агрессивность. При воздействии агрессивной угольной кислотой происходит растворение и вынос из бетона CaCO3- основной составной части цемента. При избытке СО2 наблюдается переход СаСО3 в Са(НСО3)2, который легко растворяется и выносится из бетона. Избыток СО2 20 мг/л называется агрессивной углекислотой. Агрессивность выщелачивания (бикарбонатная щелочность) происходит за счет растворения и вымывания из бетона извести СаСО3 при малом содержании в воде иона НСО3-. Воды, содержащие менее 30 мг/л связанной углекислоты и обладающие жесткостью менее 1,4 мг/л, считаются агрессивными, независимо от других показателей. Магнезиальная агрессивность приводит к разрушению бетона при повышенном содержании Mg2 В зависимости от сорта цемента, условий и конструкции сооружения, иона SO42- , более 250 мг/л, предельно допустимое количество ионов Mg2 составляет от 750 мг/л до 1000 мг/л. Общекислотная агрессивность зависит от концентрации водородных ионов рН. Вода обладает коррозирующими свойствами при рН 6,5. 2.9 Формирование химического состава подземных и шахтных вод  
  
Подземные воды находятся в постоянном взаимодействии с атмосферными водами, горными породами и минеральными образованиями месторождений твердых полезных ископаемых. В результате происходит растворение и выщелачивание горных пород, особенно таких как карбонаты, сульфаты, галоиды. Если в воде присутствует углекислота, происходит разложение нерастворимых в воде силикатов по следующей схеме: Na2 Al2 Si6 O16 2H2O CO2 NaCO3 H2 Al2 Si2O8 (2.8) В результате в воде накапливаются карбонаты и гидрокарбонаты натрия, магния, кальция, т.е. происходит увеличение минерализации подземных вод. Распространение их подчиняется общей гидрохимической зональности. Вертикальную гидрохимическую зональность определяют геологические условия формирования подземных вод, связанные с особенностями состава, строения и свойств горных пород. Изменения этих параметров приводят к изменениям во взаимодействии системы горная порода – подземные воды, отражается на химическом, газовом составе и степени минерализации подземных вод.   
  
В вертикальном разрезе земной коры выделяют три гидродинамические зоны [1]: а) верхняя – интенсивность водообмена, мощностью от десятков до нескольких сотен метров. Здесь подземные воды находятся под влиянием современных экзогенных факторов. По составу – гидрокарбонатные кальциевые маломинерализованные воды. Водообмен исчисляется годами и столетиями (в среднем 330 лет); б) средняя – замедленного водообмена. Глубина зоны изменчива (примерно 3-4 км). Скорость движения подземных вод и их дренаж уменьшается. На состав вод этой зоны оказывают влияние вековые изменения экзогенных условий. Воды преимущественно натриевые, сульфатно-натриевые или сульфатно-натриево-кальциевые. Водообмен длится десятки и сотни тысяч лет; в) нижняя – весьма замедленного (застойного) водообмена. Экзогенные условия здесь не оказывают никакого влияния. Приурочены обычно к глубоким частям впадин. Распространены на глубинах более 1200 м и более. Воды обычно высокоминерализованные, по составу хлоридные кальциево-натриевые и хлоридно-магниево-натриевые. Возобновление подземных вод составляет миллионы лет.  
  
Соответственно гидродинамическим выделяются гидрохимические зоны. Гидрохимическая зона представляет собой часть артезианского бассейна, относительно однородную по гидрохимическому строению, в границах которой минерализация и состав вод изменяются в сравнительно узких пределах; г) верхняя – пресных вод с минерализацией до 1 г/л мощностью 0,3-0,6 м; д) промежуточная, солоноватых вод и соленых вод с минерализацией от 1 до 35 г/л; е) нижняя – рассолов (более 35 г/л). На формирование химического состава подземных вод месторождений твердых полезных ископаемых, кроме названных выше факторов, существенно влияют окислительные и восстановительные условия, которые складываются в процессе ведения горных работ. Как отмечает М.В.Сыроватко [17] гидрохимическая зональность нарушается с началом эксплуатации месторождения, когда вступает в действие шахтный водоотлив из системы горных выработок. Поэтому формирование химического состава глубинных шахтных вод протекает в исключительно сложных условиях. Для угольных месторождений характерны два типа природной обстановки: в верхних частях – окислительная, на глубоких горизонтах – восстановительная. Основным фактором, определяющим условия и закономерности формирования шахтных вод является искусственно созданная окислительная обстановка, в которую попадают подземные воды. После поступления в шахту, вследствие несколько повышенной температуры и хорошего проветривания выработок , нарушается ход естественных химических процессов, ведущих к формированию определенного для соответствующих глубин состава вод. В более глубоких горизонтах воды насыщены более стойкими соединениями (NaCl, Na2SO4), сравнительно малоактивны и устойчивы к окружающей среде. По мере их передвижения по выработкам, в воде значительно увеличивается содержание Ca2, Mg2 и SO4-, повышается жесткость и минерализация (в основном за счет сульфатов). В меньшей степени возрастает содержание Na, Cl-, Al2O3, SiO2, Fe2O3. При уменьшении рН иногда исчезает СО32- и появляется НСО3-. Содержание СО2 и О2 изменяется в зависимости от обстановки. 44 Изменение состава воды происходит пропорционально длине пути протекания воды по выработкам и времени. Наибольшие изменения претерпевают подземные воды, поступающие в виде редких капежей, особенно в очистных выработках. Систематические исследования, проведенные на шахтах Донбасса, свидетельствуют о том, что кислые воды образуются только на верхних горизонтах, куда поступают подземные воды низкой минерализации и обладающие меньшей щелочностью. И в большинстве случаев кислые воды формируются в старых заброшенных выработках, где они застаиваются продолжительное время.  
Кислые воды являются хорошими растворителями, вследствие чего минерализация их быстро повышается по мере протекания по выработкам. Предполагается, что зона возможного образования кислых вод охватывает подземные воды, где в составе их сильные кислоты преобладают над щелочами. Нижняя граница совпадает с верхней границей метановой зоны (примерно глубина 150 м) и с верхней границей – распространения натриевых. Максимальные мощности зоны возможногообразования кислых вод 350-400 м.  
Почти все без исключения шахтные воды агрессивны, в верхних частях – обладающие сульфатной, в нижней – агрессивностью выщелачивания.  
  
2.10 Режим подземных вод Под режимом понимают совокупность изменений во времени уровня или напора их, расхода, химического и газового состава, температурных условий, скорости движения подземных вод. Изменение режима подземных вод происходит под влиянием природных (в основном климатических и структурных) факторов и техногенной деятельности человека. Особенно резкие изменения их режима наблюдаются в горнодобывающих районах. Водоотливы из горных выработок уменьшают напоры подземных вод, а иногда полностью осушают водоносные пласты, нарушая природный режим подземных вод. Горные выработки или дренажные системы повышают коэффициент водообмена, возникающие деформации поверхности способствуют увеличению подземного стока; отмечается взаимосвязь водоносных горизонтов и с поверхностными водами. В одних условиях количество откачиваемых шахтных вод может компенсироваться естественным притоком подземных вод, в других – интенсивный приток в горные выработки приводит к истощению ресурсов подземных вод шахтного поля или месторождения. При эксплуатации глубоких горизонтов в соответствующих геологических условиях происходит обычно изменение притока шахтных вод с глубиной, не зависящее от их ресурсов. Для условий Донбасса отмечается следующая закономерность: наибольшая водообильность наблюдается на глубинах 150-200 м, ниже 300-500 м водопритоки несколько уменьшаются, что особенно заметно на глубине более 500 м. Немаловажное значение имеет характер залегания пород. При горизонтальном залегании пластов и приуроченности водоносных горизонтов к пористым породам притоки шахтных вод в паводковые периоды не превышают 20-25 . Наклонное залегание пород способствует сезонному увеличению паводковых вод на 50, 100 и больше. Особенно резкие колебания наблюдаются при наличии карстующихся пород с увеличением притока до 300-400 . Нарушения естественного режима подземных вод возникает уже в самом начале шахтного строительства, при проходке стволов.   
  
Вскрываются многие водоносные горизонты каменноугольных отложений до глубин 500-600 м, а при закладке глубоких шахт – до 1000-1200 м. Но поскольку крепление стволов осуществляется вслед за углубкой, притоки в них незначительные и составляют 10-20 м3/час, в отдельных районах (Красноармейский) до 70-100 м3/час. Поэтому вокруг шахтных стволов не наблюдается широких депрессий и в зону осушения попадают незначительные площади.  
Дальнейший дренаж подземных вод происходит при проведении подготовительных выработок, особенно квершлагов, вскрывающих по несколько водоносных горизонтов. Однако ввиду небольших сечений квершлагов притоки в эти выработки не превышают 10-15 м3/час. Более интенсивное осушение водоносных горизонтов наблюдается при очистных работах, при обрушении и оседании пород над выработанным пространством. Сопровождается обычно образованием трещин, связывающих разобщенные до этого водоносные горизонты, залегающие над разрабатываемыми пластами в пределах 30-50-кратной мощности угольного пласта. В дальнейшем происходит задавливание трещин обрушения и уменьшение их водопроницаемости, приток в лаву на этом участке будет уменьшаться или полностью прекратиться и уровни подземных вод восстанавливается до уровней поверхности общей шахтной депрессии. Таким образом, формирующиеся над очистными выработками депрессионные воронки являются временными, мигрируя по площади отработки вслед за перемещением забоя лавы.  
При неглубоком залегании пласта полезного ископаемого зона водопроводящих трещин может достигать земной поверхности и водопритоки в шахту будут формироваться за счет просачивания атмосферных осадков по площади очистных работ. При вскрытии тектонических нарушений притоки составляют 300-400 и более м3/час, иногда 1000 м3/час. Однако такие интенсивные притоки редки и кратковременны.   
  
В результате подработки горными работами водоносных горизонтов имеют место отдельные редкие случаи вывода из строя водозаборов подземных вод.  
2.11 Происхождение подземных вод.  
По происхождению выделяют несколько типов подземных вод: 1) инфильтрационные подземные воды – образуются в результате просачивания (инфильтрации) в водопроницаемые горные породы атмосферных осадков. В отдельных случаях наблюдается поступление воды в водоносные горизонты из рек, озер и морей. Таким образом, можно считать инфильтрацию основным источником пополнения подземных вод, распространенными в верхних горизонтах с интенсивным водообменом. 2) конденсационные подземные воды. В засушливых районах, при малом выпадении атмосферных осадков и большой испаряемости, в формировании подземных вод определенную роль играет конденсация водяных паров воздуха в порах и трещинах горных пород, возникающая за счет разности упругости водяных паров атмосферного и почвенного воздуха. Такой же процесс может происходить и внутри горной породы. В результате конденсации в пустынях образуются линзы пресных вод над солеными грунтовыми водами. 3) седиментогенные подземные воды (седиментум – осадок) – это воды морского происхождения. Они образовались одновременно с накоплением осадков. В ходе последующего тектонического развития такие воды претерпевают значительные изменения в процессе диагенеза, тектонических движений и других факторов, попадая в зоны повышенных давлений и температур. Нередко их называют погребенными. Вместе с тем, большую роль в формировании седиментогенных вод отводят элизионным процессам (элизио – обжимаю). Первичные осадки содержат до 80-90 воды, при уплотнении которых происходит их отжим. Естественная влажность горных пород 8-10 . 48 4) ювенильные подземные воды (юные) или магматогенные, образованы из паров, выделяющихся из магмы при ее остывании. Попадая в области более низких температур пары магмы конденсируются и переходят в капельно-жидкое состояние, создавая особый тип подземных вод. Такие воды обладают повышенной температурой и содержат в растворенном состоянии необычные для поверхностных условий соединения и газовые компоненты. Приурочены к областям современной вулканической деятельности. Вблизи поверхности такие воды смешиваются с обычными подземными водами и поступают на поверхность в смешанном виде. 5) возрожденные или дегидратационные воды образуются в результате выделения ее из минеральных масс, содержащих кристаллизационную воду. Такой процесс перехода из связанного в свободное состояние возможен при повышенных температурах и давлениях.