НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»
кафедра: «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Дисциплина «Гидрогеология»

Образовательная программа 6В07201 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Лекция «Физические и химические свойства подземных вод. Источники»

1 часть

Разработчики:
Пономарева Е.В., PhD, ассоциированный профессор (доцент) кафедры ГРМПИ
Пономарева М.В., профессор кафедры ГРМПИ

ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Показатели физических свойств подземных вод
2. Прозрачность, цветность, запах и вкус, температура
3. Плотность, вязкость, электропроводность, радиоактивность

Подземные воды представляют собой сложную систему, состав, состояние и свойства которой в каждом конкретном случае определяются:

1) свойствами самой воды;

2) свойствами, содержащихся в ней веществ;

3) условиями взаимодействия их между собой и с окружающей средой.

В подземных водах всегда присутствуют минеральные, органические вещества, газы и живое вещество. Твердые, жидкие и газообразные вещества могут содержаться в подземных водах в различных формах и иметь различный изотопный состав.

Физические и химические свойства подземных вод являются важнейшими показателями качества, и их оценка необходима при любых гидрогеологических исследованиях.

При использовании подземных вод в хозяйственно–питьевых целях или для целей орошения оценка соответствия их существующим нормам и государственным стандартам является обязательной.

Прозрачность. Наличие взвесей (*мутность*) является редким для подземных вод, поэтому обычно для их оценки с этой точки зрения пользуются *показателем прозрачности*, величина которого обратна мутности.

При ориентировочной оценке прозрачность выражается предельной высотой столба воды (см) в градуированном цилиндре с плоским дном, при которой возможно чтение стандартного шрифта, расположенного на расстоянии 4 см от дна цилиндра (*прозрачность по шрифту*). Более точно оценка прозрачности (мг взвеси на 1 дм^3) проводится фотометрическим путем сравнения со стандартными эталонными суспензиями каолина. Вода, используемая для хозяйственно–питьевого водоснабжения, должна иметь прозрачность по «шрифту» не менее 30 см по стандартной шкале – не более 1,5 мг/дм^3.



https://ochistkavodi.ru/baza-znanij/zagryaznenia/mutnost.html

Для визуального определения степени мутности или прозрачности воды употребляют термины: *прозрачная, слабоопалесцирующая, опалесцирующая, слегка мутная, мутная и сильно мутная*.

Цветность. Подземные воды обычно бесцветны. Окраску от *слабо–желтой* до *бурой* придают воде гуминовые и фульвокислоты, а также их растворимые соли, в первую очередь *гуматы* и *фульваты окисного железа*.

Зеленоватую или *красноватую* окраску имеют воды, обогащенные соответствующими микроорганизмами, например водорослями, *зеленовато–голубую – закисным железом или сероводородом*. Цветность определяют фотометрически в градусах цветности по шкале стандартных растворов (смесь бихромата калия и сульфата кобальта), имитирующих цвет природной воды. Цветность, обусловленная фульвокислотами, может достигать 3000° и более.

Запах и вкус воды зависят от содержания в ней газов, минеральных и органических веществ (в том числе продуктов жизнедеятельности микроорганизмов) и могут быть как естественного, так и искусственного генезиса.

Определение интенсивности запаха и вкуса проводится органолептически при температурах 20 и 60 °С и оценивается по пятибалльной системе (*0 – нет, 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – заметная, 4 – отчетливая, 5 – очень сильная*).

Запах определяют в соответствии с ощущениями (*гнилостный, землистый, хлорный и т. д.*).

Для вкуса существуют четыре основных определения:

– *соленый;*

– *кислый;*

– *сладкий;*

– *горький.*

Все другие виды вкусовых ощущений называются *привкусами* и уточняют основные понятия, например *металлический*, *содовый*.

Вкусовые качества воды, важные для ее использования в питьевых целях, определяют предельно допустимые концентрации некоторых элементов, нормируемые ГОСТом.

Например, при концентрации хлоридов натрия до 500 мг/л вода имеет сладковатый привкус, при содержании более 500 мг/л – солоноватый. При концентрации сульфатов более 500 мг/л появляется неприятный горьковатый привкус, при концентрации железа более 0,3 мг/л появляется терпкий или чернильный привкус.

Гидрокарбонаты кальция и магния, а также свободная углекислота придают воде приятный свежий привкус.

Температура подземных вод колеблется в очень широких пределах и зависит от глубины их залегания, геологического строения территории, климатических условий и др. В гумидной (переувлажненной) зоне она обычно составляет 3…10 °С, в аридной зоне – до 12° и более. Артезианские воды могут достигать температуры 90…100°С и более. По температуре (в °С) воды подразделяются на следующие виды: *переохлажденные < 0, холодные 0 – 20, теплые 20…37, горячие 37…50, весьма горячие 50…100, перегретые > 100*.

Плотность чистой воды при 25 °С и давлении 101,325 кПа составляет 0,99797 г/см^3, она меняется в зависимости от температуры, давления, количества растворенных, взвешенных веществ и газов. Плотность подземных вод с высокой степенью засоления (минерализации) может достигать 1,5 г/см^3. Определение плотности воды всегда проводят при точно измеренной температуре (*ориентировочно – с помощью ареометра, точно – весовым методом*) и затем с помощью температурных коэффициентов для электролитов–аналогов пересчитывают на температуру воды в пласте.

Вязкость (внутреннее сопротивление частиц воды ее движению) имеет большое значение для процесса фильтрации, особенно в слабопроницаемых породах. Единицей динамической вязкости в системе СИ служит 1 паскаль/секунда (1 Па/с) – вязкость такой среды, в которой при давлении сдвига 1 Па разность скоростей ламинарного движения жидкости на расстоянии 1 м составляет 1м·с. Вязкость воды уменьшается с повышением температуры.

Электропроводность. Подземные воды в зависимости от количества растворенных в них солей обладают различной электро-проводностью, которая колеблется от $3 \cdot 10^{-5}$ до $3 \cdot 10^{-3}$ Омм для пресных вод и возрастает до $5 \cdot 10^{-3}$ – 1,2 Омм в рассолах.



https://www.nektonnasos.ru/articles/viazkost-zhidkosti-metodom-stoksa

Радиоактивность подземных вод определяется содержанием в них растворенных соединений *урана*, *радия*, а также *инертных газов*: *нерадиоактивного гелия* и *радона*, являющегося *эманацией радия*.

Единицей радиоактивности в системе СИ является беккерель (Бк) – активность нуклида 1 распад в 1 с.

Радиоактивные свойства подземных вод по отношению к объему принято выражать в удельных единицах. Подземные воды могут содержать значительные количества радона – от 1–30 в кислых магматических породах и иногда осадочных породах до 150 тыс. Бк/дм^3 в зоне окисления урановых месторождений.

Радиоактивность подземных вод, содержащих уран и радий, всегда связана с содержанием их в водовмещающих породах, поэтому максимальной радиоактивностью характеризуются воды кислых магматических пород, а наименьшей – осадочных пород, если последние не содержат вторичных или переотложенных радиоактивных минералов.

Употребление воды, содержащей радий, недопустимо, поскольку он накапливается в человеческом организме.

Вода является универсальным растворителем, поэтому в подземных водах содержатся практически все наиболее распространенные в природе химические элементы периодической системы Менделеева.

Эти компоненты поступают в подземные воды из горных пород, атмосферы и с поверхностными водами.

Химический состав воды устанавливают путем анализа проб, отобранных из скважин и родников. Тип химического состава подземных вод зависит от содержания ионов кальция, магния, натрия, хлора, сульфатного, гидро–карбонатного и др.

Кроме содержания этих ионов и массовой концентрации сухого остатка в воде, при анализе определяют *водородный показатель воды*, ее *жесткость*, *агрессивность*, а в некоторых случаях – содержание железа, коллоидов, газов, микрокомпонентов, органических веществ, бактериологический состав и т. д.

Важным показателем химических свойств воды служит *минерализация* – сумма минеральных веществ, полученных при химическом анализе, выраженная в миллиграммах на литр (мг/л).

Сухой остаток – общая масса веществ, полученная после выпаривания профильтрованной воды и последующего высушивания осадка, выражаемая в миллиграммах на литр (мг/л). Все нормативы ГОСТа на общее содержание растворенных в воде веществ ориентированы на величину сухого остатка.

Этот показатель в природных водах изменяется от нескольких десятков миллиграммов до нескольких сотен (600–700) граммов на литр.

Пресные воды преимущественно гидрокарбонатного или сульфатно–гидрокарбонатного состава, *слабосолоноватые* – гидрокарбонатно–сульфатного, *сильно солоноватые* – сульфатного или хлоридно–сульфатного, *соленые* – сульфатно–хлоридного или хлоридного, *сильно соленые и рассолы* – преимущественно хлоридного состава.

Водородный показатель (pH) характеризует активность или концентрацию ионов водорода в растворах.

Численно он равен отрицательному десятичному логарифму активности или концентрации ионов водорода.

От содержания ионов водорода и гидроксида зависят соответственно *кислотные* и *щелочные свойства* воды.

В химически чистой воде они содержатся в равных количествах, поэтому такая вода нейтральна, ей соответствует pH = 7; при pH < 7 – воды считаются кислыми; если pH > 7 – воды щелочные.

Щелочные грунтовые воды, будучи связаны с натрием, при неглубоком залегании уровня могут вызывать в аридных областях содовое засоление почв, наиболее вредное для культурных растений.

Жесткость воды обусловлена наличием ионов кальция и магния.

Жесткость бывает *общая* (сумма карбонатной соли $Ca(HCO_3)_2$ и $Mg(HCO_3)_2$ и *некарбонатной* соли $CaSO_4$ и $MgSO_4$ и $CaC1_2$ и $MgCI_2$), *временная*, или *устранимая*, (бикарбонаты кальция и магния, переходящие при кипячении в слаборастворимые карбонаты и выпадающие в осадок).

Разность между общей и устранимой жесткостью соответствует постоянной жесткости. По ГОСТ жесткость води выражают в миллиграмм–эквивалентах Ca^{2+} и Mg^{2+} на 1 л воды. Один миллиграмм – эквивалент жесткости соответствует содержанию 20,04 мг/л Ca^{2+} и 12,6 мг/л Mg^{2+}.

Существует несколько форм выражения химического анализа воды:

– ионная;

– эквивалентная;

– процентно–эквивалентная.

При ионной форме содержание ионов приводят в миллиграммах на литр (мг/л). Эквивалентная форма позволяет судить о возможных сочетаниях катионов н анионов.

При процент–эквивалентной форме содержание ионов, взятое в эквивалентах, выражают в процентах от суммы катионов и анионов, принимаемых каждая за 100 %. Эта форма удобна для сопоставления вод различной минерализации и выявления соотношений ионов. В качестве исходных данных для этих расчетов используются результаты лабораторного анализа образцов воды, выраженные в следующей форме:

Водородный показатель pH	Температура, °C	Содержание основных ионов, мг/л					
		HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}

На основании этих результатов по водородному показателю определяют наименование воды.

Химический состав подземных вод отражает историю геологического развития земли, условия взаимодействия вод с горными породами, органическим веществом, микроорганизмами и газами, характер и интенсивность антропогенных воздействий на геологическую среду. Выделяют ряд процессов и факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на химический состав и свойства подземных вод.

Выщелачивание и растворение – процесс перехода в раствор какого либо (*выщелачивание*) или всех (*растворение*) элементов из минерала. В первом случае кристаллическая решетка минерала не разрушается, во втором происходит разрушение кристаллической решетки. Выщелачивание осадочных пород наиболее интенсивно происходит в верхней части земной коры с глубоким расчленением рельефа гидрографической сетью.

Выщелачивания в первую очередь связано с инфильтрацией атмосферных осадков, имеющих небольшую минерализацию и вод поверхностного стока.

В процессе выщелачивания в воду переходят легкорастворимые соли натрия, магния и кальция. Интенсивность выщелачивания зависит от литологических особенностей вмещающих пород, в связи с этим интенсивность и степень минерализации вод в различных породах существенно отличаются друг от друга.

Существенное влияние на химический состав вод оказывает *засоленность пород*. При наличии в породах *NaC1* в процессе растворения и выщелачивания образуются воды хлоридно–натриевого состава, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ – сульфатно–натриевого, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – сульфатно–кальциевого. Магматические породы, как правило, недоступны непосредственному выщелачиванию и сначала подвергаются химическому выветриванию, например гидролизу в алюмосиликатах, или образованию кремнезема и карбонатов магния в оливинах и роговых обманках.

Смешение вод с различной общей минерализацией и неодинаковым химическим составом – один из наиболее распространенных факторов формирования состава подземных вод. В результате смешения образуются воды с отличными от исходных физико–химическими характеристиками, нередко сопровождается выпадением карбонатов *Ca*, *Mg*, *Fe*. Смешение является сложным физико–химическим процессом, в каждом конкретном случае, имеющим свои индивидуальные особенности.

Кристаллизация (выпадение осадка). Процесс растворения подземными водами минеральных компонентов горных пород достигает равновесия в случае достижения химического потенциала твердой фазы. Образующийся насыщенный раствор при изменении геохимической обстановки выделяет вещества путем выпадения их в осадок. *Кристаллизация* возникает в случае смешения вод, при изменении термодинамических условий, при уменьшении концентрации растворенного в воде газа, например, при выходе на поверхность вод гидрокарбонатного кальциевого состава выделяется углекислый газ и в осадок выпадают карбонат кальция или магния.

Процесс *концентрирования воды* заключается в увеличении количества хорошо растворимых в ней веществ в результате расходования чистой воды на испарение и транспирацию.

Наиболее интенсивно этот процесс происходит в условиях засушливого климата при неглубоком залегании грунтовых вод, когда вода испаряется с поверхности капиллярной каймы, а водорастворимые соли остаются и накапливаются в почве и грунтовых водах.

Это может привести к постепенному засолению земель. Повышение минерализации близко залегающих (< 3м от поверхности земли) грунтовых вод происходит в результате транспирации (биологического испарения) воды растениями.

Расходуя на транспирацию значительное количество воды, растения понижают уровень грунтовых вод. В связи с избирательным поглощением ионов корневой системой может измениться химический состав и *pH* грунтовых вод.

Для подземных вод глубоких водоносных горизонтов с застойным режимом водообмена перенос вещества осуществляется путем *диффузии*, направленной на установление равновесного распределения растворенных компонентов во всем объеме. В результате диффузии в естественных условиях происходит процесс выравнивания концентрации подземных вод, а также их рассоление и засоление.

При взаимодействии ненасыщенных подземных вод с высокопористыми горными породами (например, глинами, суглинками) или природными тонкодисперсными системами (с размерами частиц < 0,02 мм) происходит процесс поглощения части растворенного в воде вещества, то есть процесс *катионного обмена (адсорбции)*. Общее количество ионов способных к поглощению характеризует емкость поглощения. Коллоиды тонкодисперсных пород заряжены отрицательно и имеют на своей поверхности в качестве компенсирующих ионов те или иные катионы. Эти катионы способны обмениваться на катионы соприкасающегося с породой раствора. Обменные реакции протекают на поверхности частиц. В качестве обменных катионов здесь находятся в значительных количествах катионы кальция, магния водорода и натрия (Ca^{2+}, Mg^{2+}, H^{+}, Na^{+}), но могут находиться и катионы калия и аммония.

Гидратация и дегидратация. Гидратация представляет собой процесс взаимодействия подземных вод с горными породами путем адсорбции, то есть поглощения молекул воды поверхностным слоем породы. В отличие от процессов гидратации, приуроченных к верхним участкам земной коры, процессы дегидратации, обезвоживания, развиваются на больших глубинах и связаны с метаморфизмом горных пород. Дегидратация производит опресняющее действие на подземные воды.

Значительную роль играет *хозяйственная деятельность человека:* интенсивная застройка, гидротехнические мелиорации, забор подземных вод для различных целей, сброс в подземные воды промышленных стоков, загрязнение отходами сельскохозяйственного производства.

В условиях нарастающего давления деятельности человека на окружающую среду и в том числе на подземные воды ни одно хозяйственное мероприятие напрямую или косвенно влияющее на их состояние не должно обходиться без детального и научно-обоснованного анализа этого влияния, возможных его последствий и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия.

Подземные воды являются важным фактором, влияющим на долговечность строительных конструкций, фундаментов, подземных сооружений и инженерных коммуникаций. В зависимости от химического состава подземные воды могут вступать во взаимодействие с бетоном, железобетоном, металлами и горными породами, вызывая их разрушение. *Такое воздействие называется агрессивностью подземных вод*.

Изучение агрессивных свойств подземных вод имеет большое значение при проектировании и эксплуатации зданий, гидротехнических сооружений, тоннелей, мостов и промышленных объектов.

Агрессивность подземных вод – это способность воды разрушительно воздействовать на строительные материалы вследствие химических, физико-химических и биохимических процессов.

Агрессивное воздействие подземных вод проявляется в:

– растворении компонентов бетона;

– коррозии металлических конструкций;

– разрушении цементного камня;

– снижении прочности строительных материалов;

– образовании трещин и деформаций конструкций.

Степень агрессивности подземных вод – это характеристика того, насколько подземная вода способна разрушать или ухудшать свойства строительных материалов, прежде всего бетона, железобетона, металлов и каменной кладки.

Этот показатель учитывают при проектировании фундаментов, подземных сооружений, тоннелей, резервуаров и других конструкций, контактирующих с грунтовыми водами.

Степень агрессивности зависит от:

– химического состава воды;

– температуры;

– скорости движения воды;

– минерализации;

– кислотности среды (pH);

– содержания растворенных газов.

1. Углекислотная агрессивность

Возникает при наличии в воде свободной углекислоты (CO_2).

Механизм воздействия

Свободная углекислота взаимодействует с гидроксидом кальция бетона:

$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$

При избытке углекислоты образуется растворимый гидрокарбонат кальция:

$$CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca(HCO_3)_2$$

Полученное соединение легко вымывается водой.

В результате углекислотной агрессивности происходит:

– выщелачивание цементного камня;

– снижение прочности бетона;

– образование пор и пустот;

– разрушение поверхностных слоев конструкции.

Источниками свободной углекислоты являются: разложение органических веществ в почве; болотные и торфяные грунты; атмосферный CO_2.

2. Выщелачивающая агрессивность

Связана со способностью воды растворять гидроксид кальция, входящий в состав цементного камня.

Вода с низкой минерализацией постепенно растворяет Ca(OH)2 и выносит его из бетона.

Вследствие этого происходит: увеличение пористости; снижение плотности бетона; уменьшение прочности конструкции; ускорение проникновения других агрессивных веществ.

Особенно опасны мягкие, дождевые и талые воды, а так же воды с низкой жесткостью.

3. Сульфатная агрессивность

Один из наиболее распространенных и опасных видов агрессивности. Причиной является повышенное содержание сульфат-ионов SO_4^{2-} в подземных водах. Сульфаты взаимодействуют с компонентами цемента с образованием гипса и эттрингита.

Вследствие этого происходят: внутренние напряжения; вспучивание бетона; образование трещин; разрушение конструкции.

Источниками сульфатов являются гипсоносные породы; морские отложения; промышленные сточные воды; засоленные грунты.

4. Магнезиальная агрессивность.

Обусловлена наличием солей магния: $MgSO_4$; $MgCl_2$; $Mg(HCO_3)_2$.

При магнезиальной агрессивности магний замещает кальций в цементном камне:

$$Ca(OH)_2+MgSO_4=CaSO_4+Mg(OH)$$

Образующиеся соединения имеют слабые вяжущие свойства. В результате этого происходит размягчение бетона, снижение прочности, разрушение цементного камня.

5. Кислотная агрессивность

Наблюдается при низких значениях *pH*. Агрессивными кислотами являются: серная, соляная, азотная и органические кислоты.

Воздействие на бетон заключается в том, что кислоты растворяют соединения кальция:

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+CO_2+H_2O$$

В результате этого происходит быстрое разрушение бетона; потеря несущей способности; образование каверн и пустот.

6. Хлоридная агрессивность

Связана с повышенным содержанием хлоридов. Воздействие на бетон относительно невелико. Хлориды разрушают защитную пленку на поверхности стали и вызывают коррозию арматуры.

Вследствие этого происходит: ржавление арматуры; увеличение объема продуктов коррозии; растрескивание бетона; потеря прочности железобетона.

7. Коррозия металлов под действием подземных вод

Подземные воды являются электролитами и способны вызывать электрохимическую коррозию металлов.

Различают следующие виды коррозии:

– химическая – происходит без образования электрического тока;

– электрохимическая – происходит в присутствии влаги, растворенных солей, кислорода.

– биокоррозия – вызывается деятельностью микроорганизмов, таких как сульфатредуцирующие бактерии, железобактерии, нитрифицирующие бактерии.

Источниками называют естественные выходы на поверхность подземных вод. Выходы пресных вод называют также *родниками* и *ключами*.

Источники чаще встречаются группами вдоль выходов на поверхность водоносных горизонтов на склонах долин, в оврагах и реже на равнинах.

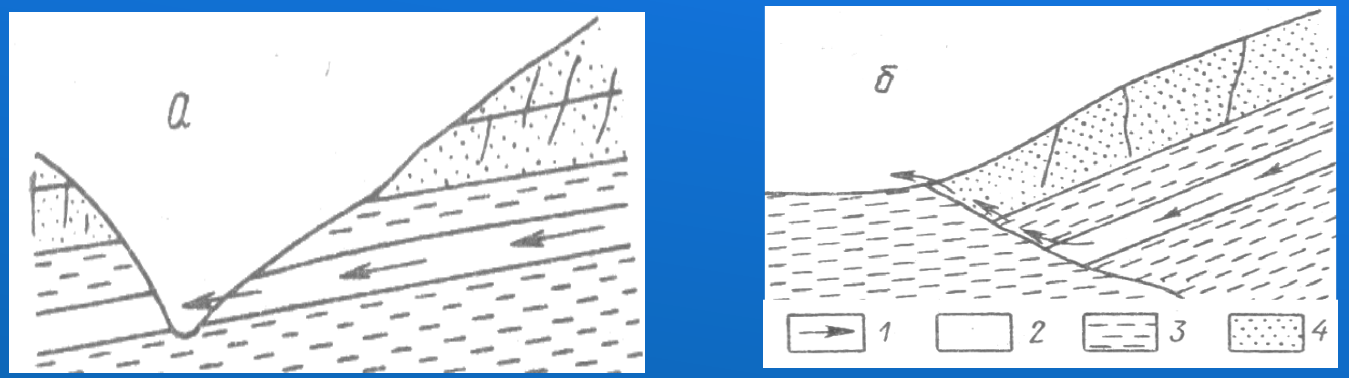
Иногда они едва заметны и только увлажняют почву, иногда за их счет образуются целые ручьи. С древних времен источники широко используются, так как дают самоизливающуюся, наиболее чистую и здоровую воду. Для предохранения от загрязнения их часто закрепляют срубами, каменными или бетонными сооружениями (каптажами).

Происхождение источников, их химический и газовый состав, температура, дебит, постоянство существования различны.

Это объясняется разнообразием питающих их водоносных горизонтов, различиями в геологическом строении и геоморфологии районов.

Классификация по характеру выхода на поверхность источники подразделяются на *нисходящие* и *восходящие*.

Схема нисходящего (а) и восходящего (б) источников



1 – направление движения воды и источники;
2 – водоносные породы;
3 – водоупорные породы; 4 – водопроницаемые породы

https://studref.com/302785/stroitelstvo/dvizhenie_podzemnyh

Нисходящих источников гораздо больше, чем восходящих. Они концентрируются в низинах – в котловинах, долинах, оврагах.

Нисходящие источники образуются при естественном выходе на дневную поверхность *безнапорных вод* (*грунтовых, трещинно-грунтовых и др.*).

Подземная вода к нисходящему источнику движется сверху вниз: от области питания к области дренирования, где она и выходит на поверхность. Источники этого типа встречаются в пониженных частях рельефа (речных долинах, оврагах, балках), а также в зоне контакта пород различной водопроницаемости.

Различают источники *сосредоточенные*, то есть выходящие в одном месте, и *рассредоточенные*, когда грунтовая вода выходит в виде отдельных источников вдоль склона оврага или речной долины.

Среди нисходящих источников для водоснабжения чаще всего используют источники *карстовых* и *грунтовых вод*.

Карстовые источники образуются при выходе подземных вод из трещин и полостей закарстованных пород. Дебит карстовых источников достигает огромных величин – нескольких кубических метров в секунду.

Источники грунтовых вод образуются в основном эрозионным путем, то есть при вскрытии грунтовых вод речными долинами, оврагами, балками или при подпруживании грунтового потока водоупорными породами.

Дебит источников грунтовых вод обычно не превышает нескольких десятков $м^3$/ч. Этого дебита бывает достаточно для удовлетворения потребностей в воде небольших предприятий и населенных пунктов.

Восходящие источники обычно встречаются в тектонически нарушенных областях, и вода в них поднимается по трещинам при выходе на поверхность напорных вод. Чаще всего они приурочены к скальным трещиноватым породам. *Восходящий источник* можно определить по колебанию в выходящей струе взвешенных песчинок, а также по выделению пузырьков воздуха и газов.

Восходящие источники являются очагами разгрузки артезианских, трещинно-жильных, межмерзлотных и подмерзлотных вод.

Значительно реже встречаются *восходящие карстовые источники*. Воды восходящих источников, имеющие лечебное значение, называются *бальнеологическими* или *минеральными*.

По температуре воды источники делят на:

а) *обыкновенные*, температура которых близка к средней годовой данного места;

б) *холодные*, температура которых ниже средней годовой; встречаются редко, главным образом в горах, где они питаются водами снегов и льдов;

в) *теплые и горячие (термы)*, температура которых выше средней годовой; чаще всего связаны с районами проявления молодого вулканизма, складчатости и молодых разломов. Источники с температурой более 80°С (*гейзеры*) периодически фонтанируют в районах молодой вулканической деятельности (Камчатка, Исландия и др.) и используются для горячего водоснабжения и отопления.

По видам воды выделяют источники:

а) зоны аэрации, приуроченные к рыхлым четвертичным отложениям и коре выветривания;

б) грунтовых вод, приуроченные к местам выхода водоносных горизонтов;

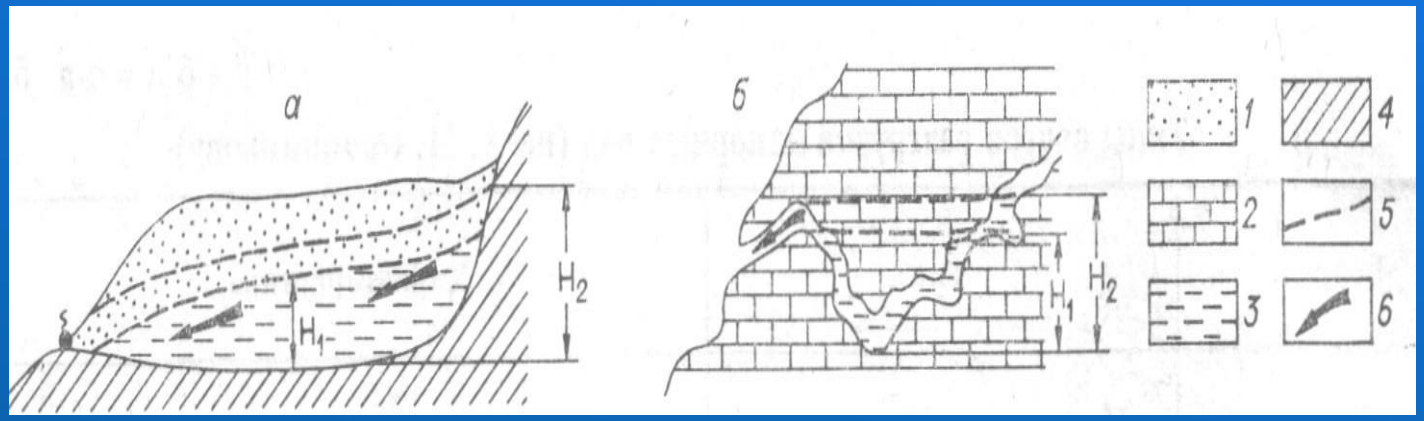
в) артезианских вод;

г) трещинных и карстовых вод.

Источники минерализованных вод в зависимости от химического состава подразделяются на *щелочные, соленые, сернистые, карбонатные (известковые), железистые и кремнистые*.

Среди источников, приуроченных к эрозионным понижениям рельефа или контакту водоносных пород с водоупорными, наряду с типичными *нисходящими (истекающими)* источниками, отмечаются источники *переливающиеся*, которые из-за наличия барража (перелива в месте выхода) характеризуются восходящим движением, чем напоминают источники артезианских вод.

Периодически действующие переливающиеся источники



а – источник переполняющегося резервуара, б – сифонный источник
H_1 – уровень подземных вод до наполнения резервуара, H_2 – уровень подземных вод при переполненном резервуаре
1 – рыхлая толща (безводная); 2 – карбонатные породы; 3 – рыхлая толща (обводненная); 4 – «коренные» породы; 5 – уровень подземных вод; 6 – направление движения подземных вод

https://studref.com/302785/stroitelstvo/dvizhenie_podzemnyh

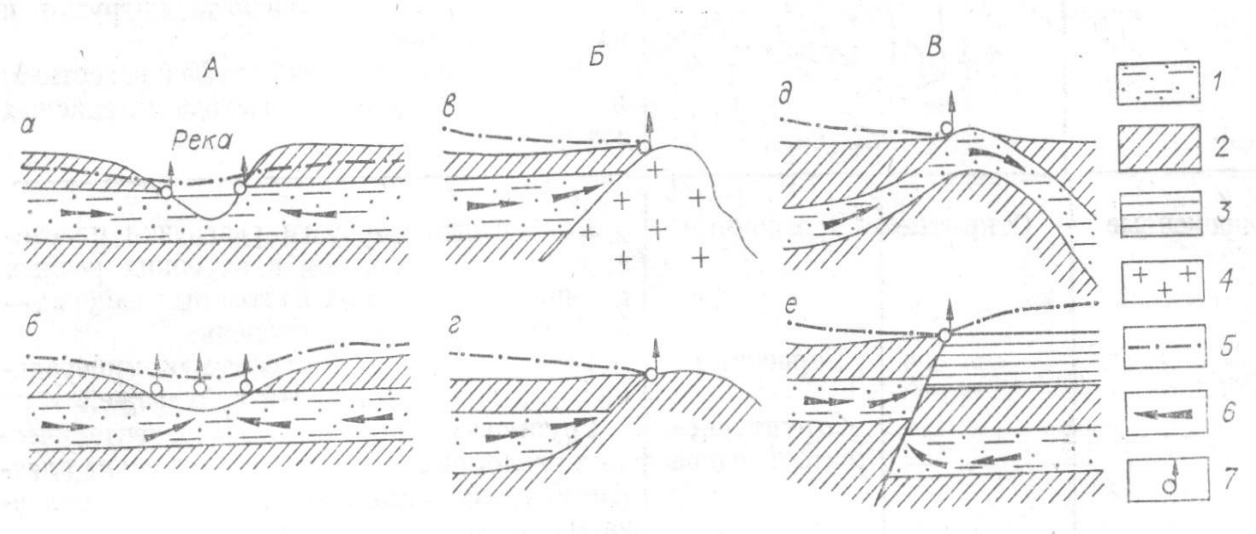
В естественных очагах разгрузки подземные воды выводятся на поверхность в виде источников (пресных, углекислых, соленых, термальных и т. д.), изливаются на дне рек и морей или переливаются в вышележащие водоносные горизонты.

Это позволяет по характеру дренирования выделять *открытые (наземные)* и *скрытые очаги разгрузки*.

По отношению к резервуару подземных вод различаются *внешние (субфлювиальные и субмаринные)* и *внутренние (подземные)* скрытые очаги разгрузки.

Очаги разгрузки напорных вод более разнообразны, они образуют *эрозионные, барьерные и структурно-тектонические источники*.

Разновидности открытых очагов разгрузки артезианских вод



А – эрозионные (*а* – в долине реки, *б* – в эрозионно-тектонических понижениях рельефа);

Б – барьерные (*в* – барьер магматических или других пород на пути движения подземных вод, *г* – складка водоупорных пород на пути движения подземных вод);

В – структурно-тектонические (*д* – сводовая часть водоносного горизонта, *е* – сброс, выводящий подземные воды).

1 – водоносный горизонт; *2* – водоупорные породы; *3* – относительно водоупорные породы; *4* – плотные магматические породы; *5* – уровень напорных вод; *6* – направление движения подземных вод; *7* – очаг разгрузки артезианских вод

https://studref.com/302785/stroitelstvo/dvizhenie_podzemnyh

Пригодность источников для практического использования оценивают по результатам продолжительных (не менее 1 года) наблюдений за изменением их дебита и качества.

Для водоснабжения важно знать *минимальный и максимальный дебиты источника*, *продолжительность времени с минимальными дебитами*; *коэффициент неравномерности дебита (Кн)*, представляющий собой *отношение максимального за 1 год дебита к минимальному*.

По дебиту источники делятся на *малые, средние и большие*, а по степени изменения дебита на:

– весьма постоянные (1:1);
– постоянные (1:2);
– переменные (1:10);
– весьма переменные (1:30);
– исключительно непостоянные (менее 1: 30).

Нисходящие источники в целом отличаются значительной изменчивостью дебита под влиянием метеорологических и других факторов.

Исключительно непостоянны *дебиты карстовых источников*. Воды этих источников подвержены наибольшим колебаниям по составу и физическим свойствам (замутняемость, бактериальное и химическое загрязнение), поэтому при использовании карстовых источников для водоснабжения необходимы тщательная гидрогеологическая их оценка и строгий санитарный надзор.

Восходящие источники характеризуются более или менее постоянным дебитом, химическим составом и температурой.

Забор воды из источников осуществляется с помощью *капотажных сооружений (водосборные камеры или неглубокие опускные колодцы)*. Прием воды из восходящих источников производится через дно капотажной камеры, а нисходящих – через ее стенки. При выходе источника из рыхлых водоносных пород в стенке или дне камеры устраивают обратный фильтр из песчано-гравийного материала.