

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

П. Ф. ШВЕЦОВ

**О ЗНАЧЕНИИ ТЕПЛОВОЙ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ В ЦИРКУЛЯЦИИ
И ПИТАНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРНЫХ СТРАН ПО СИСТЕМАМ
ТЕКТОНИЧЕСКИХ ТРЕЩИН**

(Представлено академиком В. А. Обручевым 15 V 1950)

Известно, что если в русле или на пойме горной реки на высоте 800—1200 м над уровнем моря наблюдается источник подземной воды, поднимающейся по трещинам тектонического происхождения и обладающей более высокой, чем речная и грунтовая вода, температурой, появление такого источника гидрогеологи связывают с наличием глубокого напорного водоносного горизонта. Область питания этого водоносного горизонта по общепринятым представлениям должна располагаться значительно выше локализованной тектоническим разломом, например сбросом, зоны разгрузки — головки источника. Иначе говоря, существование упомянутого восходящего источника объясняется наличием движущего напора циркуляции подземной воды

$$\Delta P = h_{o,n} - h_{з,p},$$

где $h_{o,n}$ — высота уровня воды в области питания над некоторой плоскостью сравнения, $h_{з,p}$ — высота зоны разгрузки — головки восходящего источника над указанной плоскостью.

Ясно, что движущий напор циркуляции ΔP должен быть больше суммы потерь напора на сопротивления, преодолеваемые потоком подземной воды.

Но приходится наблюдать восходящие по трещинам разломов струи сравнительно теплых подземных вод и при отсутствии областей питания, значительно превышающих зону разгрузки этих вод. Речь идет о водоносных жилах, приуроченных к трещинам разломов типа сбросов, пересекающих русла и поймы горных рек и создающих обильные восходящие источники, выше которых расположены одни только горные вершины и гребни, сложенные водонепроницаемыми, например мерзлыми, породами. Вода атмосферных осадков не инфильтруется в породы, слагающие такие вершины и гребни, потому что трещины в этих породах оказались заполненными глинистым материалом или льдом; она с большой скоростью за короткий промежуток времени почти полностью стекает по крутым склонам вершин и гребней в русла ближайших рек.

К этому следует еще добавить что в северных районах Сибири на высотах в 2000—3000 м атмосферная влага в жидком состоянии существует в течение крайне коротких периодов. Подобные физико-географические и гидрогеологические условия не редки.

Область питания подземной воды, восходящей по трещинам разлома к руслу или поверхности поймы горной реки в только что охарактеризованных условиях, исходя из чисто гидромеханических закономерностей, должна располагаться на окружающих высотах. Нам кажется, однако, что теперь нельзя уже удовлетвориться подобным утверждением, заключающим предположение о существовании какой-то гипотетической области питания, в действительности не обнаруживаемой.

Для случая вертикальной циркуляции подземных вод по зияющим трещинам разломов в указанных выше условиях большое значение имеют некоторые термодинамические процессы. Автор убедился, что если пойма и русло горной речки пересекаются линией глубокого

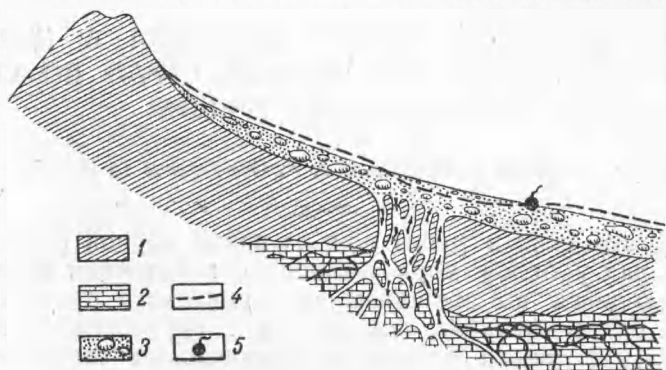


Рис. 1. Схема циркуляции и питания подземных вод по системам тектонических трещин. 1 — известняки, 2 — глинистые сланцы, 3 — валунно-галечные аллювиальные отложения, 4 — уровень воды в русле реки, 5 — головка восходящего источника

разлома с системой тектонических трещин, то ниже этой линии нередко обнаруживается обильный восходящий источник, хотя окружающие данный участок горные вершины и гребни сложены водонепроницаемыми породами (см. рис. 1). Температура воды таких источников значительно выше температуры речной и грунтовой воды, заполняющей русло и аллювиальные отложения верхнего участка горной реки.

При этом русловой поток отрезка горной реки, расположенного несколько выше восходящего источника, исчезает — теряется в валунно-галечных отложениях, перекрывающих систему тектонических трещин. Подобные факты наблюдались автором во многих районах горноскладчатой страны с явно выраженными следами новейших тектонических движений.

Анализ этих фактов привел к предположению, что связанные с разломами системы трещин в породах, слагающих коренное ложе реки, совмещают в себе пути питания и разгрузки глубоких напорных водоносных горизонтов.

Заполняющая трещины разлома гравитационная вода „расслаивается“ на две струи, движущиеся в двух противоположных направлениях — восходящем и нисходящем. Подобное явление вызывается большой разностью температур воды на поверхности земли и в ее недрах — на глубинах, измеряемых тысячами метров.

Указанная разность температур создает различие плотностей трещинной воды — необходимое условие для конвективного теплообмена, совершающегося в процессе встречного движения холодных и теплых струй.

Холодная, и поэтому плотная, речная или грунтовая вода по системе вертикальных тектонических трещин опускается вниз, тогда как содержащая пузырьки газа и пара горячая вода или теплая газоводяная эмульсия глубокого водоносного горизонта, обладающая малой плотностью, поднимается вверх. Возникновение газоводяной эмульсии на больших глубинах связано, как известно, не только с процессами химического взаимодействия водного раствора с вмещающими его породами или поступлением в воду газов из окружающих и подстилающих пород, но также и с выделением пузырьков газа из холодной поверхностной воды в процессе движения ее вниз по тектоническим трещинам и происходящего при этом нагревания. Поэтому газ многих восходящих источников трещинных вод по своему составу мало чем отличается от атмосферного воздуха.

Разность плотностей холодной речной воды, с одной стороны, и газоводяной эмульсии, с другой, и создает движущий напор циркуляции воды по трещинам сбросов. Это условие можно, в грубой форме, выразить известным уравнением:

$$\Delta P = h(\gamma_v - \gamma_{см}),$$

где h — глубина залегания кровли напорного водоносного горизонта от уровня воды в реке, γ_v — удельный вес холодной речной воды, $\gamma_{см}$ — удельный вес горячей воды или газоводяной эмульсии, поднимающейся по трещинам с глубины.

Напорные водоносные горизонты часто приурочены к трещиноватым карстующимся известнякам, перекрытым глинистыми сланцами. Наличие пузырьков свободного газа в воде восходящих источников установлено.

Через систему тектонических трещин, пересекающих толщу глинистых сланцев, осуществляется процесс теплового и гидравлического взаимодействия руслового и грунтового потоков холодной воды с теплой и горячей водной массой, заключенной в трещинах глубоко залегающих известняков.

Высказанное нами предположение частично подтверждается лабораторным опытом. В заполненной холодной водой трубке диаметром 5 мм и длиной 500 мм, нижний конец которой присоединен к резервуару с подогреваемой снизу водой, а верхний соединен с свободным потоком холодной воды, текущим по наклонному лотку, наблюдаются две струи, движущиеся в противоположных направлениях. Подогретая снизу вода поднимается вверх и уходит по наклонному лотку, уступая место спускающейся сверху более плотной холодной воде.

Указанный процесс встречной вертикальной циркуляции воды по одному и тому же каналу малого сечения не прекратится до тех пор, пока не исчезнет источник поступающего снизу тепла. При наличии нескольких подобных каналов — системы трещин — этот процесс усиливается.

Чисто гидромеханическое условие циркуляции подземных вод по глубоким тектоническим трещинам — наличие гидравлического градиента — часто дополняется, а иногда и полностью заменяется термодинамическим условием — температурным градиентом. Ясно, что сказанное приложимо только к объяснению циркуляции подземных вод по зияющим глубоким тектоническим трещинам и не приложимо к тем случаям, когда рассматривается движение подземных вод по порам в рыхлых отложениях и узким трещинам в массивных породах.

Может быть, термодинамическое условие — температурный градиент — и вызывает „подтягивание вод из области напора“ к вершине артезианского склона, как это показано на схеме А. М. Овчинникова (см. рис. 2). Другая причина (превышение области питания над крае-

вой зоной разгрузки) в данном случае не имеет значения, так как вода от области питания к краевой зоне разгрузки движется, судя по схеме, свободным потоком. Только наличие нисходящего движения холодной воды от области питания вниз по артезианскому склону может вызвать противоположное движение — подтягивание, а вернее,

вытеснение теплой воды из области напора вверх — к краевой зоне разгрузки.

Тепловая форма движения воды, несомненно, имеет место и в песчаных и супесчаных водоносных горизонтах. Факт подтягивания воды из нагретых (открытых) участков к охлажденным (затененным зданием или лесом) установлен наблюдениями. Передвижение грунтовой воды из глубины к мерзлому экрану в ходе промерзания почвы представляет собою, видимо, также термоди-

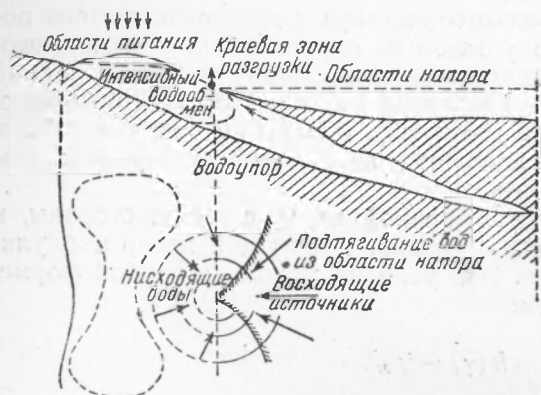


Рис. 2. Схема циркуляции подземных вод в приосевой полосе и в пределах артезианского склона горной складчатой страны (по А. М. Овчинникову)

намическое явление: оно вызвано стремлением частиц воды перебраться на наинизший энергетический уровень.

Конечно, процесс конвективного теплообмена в массе воды, заполняющей поры песчаного или супесчаного водоносного горизонта, выражен слабее и протекает медленнее, чем в массе воды, заполняющей зияющие трещины.

Институт мерзлотоведения
им. В. А. Обручева
Академии наук СССР

Поступило
13 V 1950