

О.К. Ланге

**Гидрогеология на службе
социалистического
строительства**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 55
ББК 26.3
О-11

О-11 **О.К. Ланге**
Гидрогеология на службе социалистического строительства / О.К. Ланге – М.:
Книга по Требованию, 2022. – 92 с.

ISBN 978-5-458-59735-7

ISBN 978-5-458-59735-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2022

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2022

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

I. ВВЕДЕНИЕ

Прежде чем перейти к изложению основных вопросов гидрогеологии и ее роли в гидротехнике и инженерном деле, необходимо остановиться на том, что в настоящее время представляет собой гидрогеология как наука и какие задачи она ставит перед собой в целом.

Дело в том, что в отношении предмета гидрогеологии в настоящее время имеется несколько мнений. Одни утверждают, что гидрогеология есть ветвь геологии, а подземная вода может рассматриваться как любое полезное ископаемое— уголь, свинец, соль и т. д. Другие,—что гидрогеология есть наука, представляющая собой отрасль гидрогеологии, а с геологией она связана только постольку, поскольку подземная вода находится в земле. Следовательно, с этой точки зрения до известной степени учение о подземных водах представляется как учение о соотношении воды и заключающего ее сосуда.

Нужно сказать, что обе эти точки зрения в значительной мере дефектны. Каждая из них, конечно, по своему правильна. Ясно, что когда мы говорим о подземной воде, мы имеем в виду и землю, и воду, и потому, естественно, что при этом должны быть затронуты и вопросы геологии, и вопросы гидрологии. Но это не основание для того, чтобы утверждать, что гидрогеология есть только подчиненная отрасль геологии или гидрологии. Дело в том, что когда вода приходит в соприкосновение с землей, мы вовсе не имеем соотношения жидкости и вмещающего ее сосуда.

Такое представление давно отброшено и в особенности инженерами-строителями и гидротехниками. Каждый из них знает, что когда вода попадает в песок или глину, эта смесь воды с глиной или песком вовсе не является смесью стакана с наполняющей его водой.

С этой точки зрения естественно, что гидрогеология—наука о воде, находящейся в недрах земли — представляет собой

целый ряд своеобразных, специфических особенностей, которые заставляют считать ее самостоятельной дисциплиной. Несомненно, что целый ряд ее положений базируется на геологических основаниях; несомненно, что и из гидрологии она черпает целый ряд данных о соответствующих закономерностях, касающихся воды; но в то же время она не может трактовать свой предмет, как чисто механическое соединение двух тел, находящихся в разных фазах вещества — твердой земли и жидкой воды.

В настоящее время говорят так: гидрогеология — это наука о земле и воде в их взаимоотношениях. Говоря другими словами, гидрогеология не может трактовать раздельно эти два понятия — землю и воду. Земля и вода представляют собой комплекс, в котором компоненты должны изучаться совместно, так как жизнь этого комплекса протекает по своеобразным, ему особо свойственным закономерностям.

Таково в общих чертах положение с определением сущности гидрогеологии.

Кроме того, вопрос о том, существует ли инженерная гидрогеология, тоже имеет целый ряд принципиальных разногласий.

Некоторые утверждают, что инженерной гидрогеологии нет, а есть инженерная геология. Поскольку инженер строит, постольку он имеет дело с земной корой — он имеет дело с геологическими образованиями. Вода же есть только некоторая деталь в строении земли, и поэтому должна идти речь об инженерной геологии. Это определение идет из тех же самых источников, по которым гидрогеология есть только ветвь геологии.

Другие утверждают, что существует инженерная гидрогеология, которая может развиваться совершенно независимо и параллельно инженерной геологии. Там, где инженер имеет дело с землей и водой, он уже имеет дело с комплексом, с гидрогеологией; если же он строит в сухой земле, то он имеет дело только с геологическими объектами. Нужно сказать, что эта вторая точка зрения будет более правильной, потому что механический подход к земле, как к обычному геологическому образованию, в том случае, если земля насыщена водой, дает себя тяжело чувствовать на практике. Раньше пытались рассматривать этот вопрос с чисто инженерно-геологической точки зрения, и это, несомненно, сказалось на практических результатах. Возьмем хотя бы борьбу инжене-

ров-геологов с оползнями Черноморского побережья, Среднего Поволжья и т. д., где первое время подходили к этому делу чисто геологически.

В результате оказалось, что эта геологическая точка зрения требует значительных коррективов, и теперь этим делом занимаются не геологи, которые отказались от указанных задач, а гидрогеологи.

Оползни как Поволжья, так и других мест СССР теснейшим образом связаны с режимом подземных вод в данной области, и выделить жизнь подземных вод из жизни оползней—невозможно. Можно было бы привести еще много других примеров из „инженерной“ практики, в которых гидрогеологические методы разрешения единственно правильны (расчеты дренажа, обоснование гидротехнических сооружений и пр.). Я полагаю, что есть все основания считать, что инженерная гидрогеология, как таковая, существует.

Гидрогеология—учение о подземных водах—развивает следующие, сравнительно ограниченный, цикл вопросов.

Первый вопрос—откуда берутся подземные воды? Все знают, что есть подземная вода, но существуют самые ожесточенные споры по поводу того, откуда берется эта вода. Эти споры до сих пор еще не прекратились, и вопрос этот до сих пор еще не решен.

Таким образом, вопрос о генезисе подземных вод—это основной вопрос гидрогеологии.

Второй вопрос касается закономерностей, связанных с передвижением подземных вод в недрах земли. В этом отношении уже довольно много сделано, но все же вопрос недостаточно уточнен. Определение закономерностей движения подземных вод до сих пор еще является предметом скорее экспериментального изучения, нежели научно-исследовательского, синтетического или сводно-математического разрешения.

Третий вопрос—это вопрос о так называемом режиме и связанном с ним балансе подземных вод. Вода откуда-то приходит, она движется в каком-то направлении в недрах земли и в результате возникает какой-то круговорот, какая-то жизнь этой подземной воды. Какова жизнь этой подземной воды в процессе ее беспрестанного передвижения в недрах земли? В этом процессе изменяются не только ее скорость и масса, но и само качество подземной воды, и среда, зак-

лючающая в себе воду. Какова природа тех факторов, воздействие которых сказывается на воде и включающей ее породе? Все эти вопросы касаются режима подземной воды и еще дополняются понятием о ее балансе, т. е. о соотношении между прибылью подземной воды и убылью ее, представляя исключительный интерес с точки зрения и теории, и практики гидрогеологии.

И, наконец, четвертый вопрос — это вопрос о так называемом региональном распределении масс подземной воды в недрах земли. Практика показала, что количество подземной воды в разных областях не одинаково, даже если вода встречается внешне в одинаковых условиях, условия же залегания подземной воды в недрах земли весьма разнообразны. Таким образом, возникает вопрос об учете подземной воды с точки зрения местных интересов, интересов данного края, района и т. д.

Возникают вопросы о вертикальном и горизонтальном размещении (о залегании и распределении) водных масс в земной коре, и отсюда возникает, следовательно, та часть гидрогеологии, которая получила название региональной гидрогеологии.

Вот четыре основных вопроса, которые представляют интерес с точки зрения гидрогеологии, как самостоятельной дисциплины.

На этих вопросах необходимо, хотя бы самым беглым образом, остановиться для того, чтобы в известной степени подытожить те сведения, которыми мы в настоящее время располагаем и которые кладем в основу практических расчетов и мероприятий.

II. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В отношении вопроса о происхождении подземной воды существуют в настоящее время представления, которые сильно разнятся между собой и сводятся в общем к трем точкам зрения.

Подземная вода в природе может образоваться довольно разнообразными способами, из которых более или менее признанными являются следующие:

1. Инфильтрационный¹ способ, когда вода проникает в недра земли путем просачивания с поверхности. Такой

¹ Инфильтрация — просачивание.

просачивающейся водой могут быть метеорные осадки—дождь, тающий снег и т. д. Вода может просачиваться также со дна подоема—озера, реки, моря. Таким образом, вода, проникающая в недра земли с ее поверхности, является затем составной частью этих недр и представляет собой подвижную массу, которая должна подвергаться дальнейшему изучению в комплексе с вмещающими ее недрами.

Но инфильтрацией мы не можем объяснить все случаи происхождения подземной воды. Во многих случаях мы имеем налицо подземную воду в довольно большом количестве, и в то же время у нас нет никаких данных, которые указывали бы на возможность ее проникновения в недра способом просачивания. Если мы возьмем такой район, как Каспийское побережье близ Красноводска, то там есть участки земли, прилегающие к морю и представляющие собой нечто вроде мысообразных выступов, покрытых песками. Количество осадков там минимальное. Если говорить об инфильтрации вод Каспийского моря, то нужно было бы ожидать солоноватых вод. Между тем, близлежащие колодцы дают пресную воду и в довольно большом количестве, несмотря на то, что лето отличается исключительной сухостью.

Конечно, количество это, в конце концов, ограничено, и при очень интенсивном использовании пресные воды могут быть израсходованы до конца, но в общем все же оно значительно. На месте израсходованной пресной воды через некоторое время появляется новая вода, а между тем предполагать здесь наличие инфильтрации не приходится, так как дождей в течение всего лета почти не бывает, а испарение с поверхности в то же самое время достигает колоссальных размеров. Следовательно, здесь вода должна образовываться каким-то другим способом.

2. Конденсационный способ. Представляют себе, что в таких случаях мы имеем дело с водой, которая образуется путем конденсации¹ парообразной влаги. Но какая же влага конденсируется? Примерно в 70-х годах прошлого столетия один из венских инженеров—гидротехник Фольгер—высказал мысль, что конденсируется та влага, которая, имеется в воздухе. В воздухе всегда находится некоторое количество влаги, причем количество влаги, которое может содержаться в воздухе, подчинено совершенно определенным физическим закономерностям. Если мы возьмем какую-либо кубатуру воз-

¹ Конденсация — сгущение.

духа, то в ней при определенной температуре может содержаться и определенное максимальное количество влаги. Так, например, если мы возьмем кубический метр воздуха при температуре 5° , то в нем может содержаться 6,8 грамма парообразной влаги, как максимум; при температуре 10° будет 9,3 грамма, а при температуре 15° уже 12,7 грамма влаги, как максимум. Представим себе, что при температуре 15° мы имеем насыщенный парами воздух и он начинает охлаждаться. Тогда, при понижении температуры до 5° у нас приблизительно 6 грамм этой воды выступит на поверхности куба в виде капелек.

Количество парообразной влаги в воздухе может измеряться либо в граммах на 1 м^3 , либо в миллиметрах давления ртутного столба. Следующая табличка дает представление о максимально возможном количестве паров воды в воздухе при разных температурах:

Температура воздуха										
в $^{\circ}\text{C}$	—10	— 5	0	5	10	15	20	25	35	
Максим. давление пара в мм	2,0	3,1	4,6	6,6	9,1	12,7	17,4	23,0	42,2	
Максим. вес пара в грамм. на 1 м^3	2,3	3,4	4,9	6,8	9,3	12,7	17,4	22,8	40,3	

Таким образом, можно себе представить, что при обмене воздуха, который находится в атмосфере с тем воздухом который находится под землей, благодаря разнице в температуре, происходит соответствующее выделение влаги. Так, например, если более теплый и более насыщенный парами воздух попадает в более прохладные недра земли, должно выделиться некоторое количество воды. Так как этот процесс, этот круговорот происходит в течение веков, то он является источником для образования (путем конденсации паров воды в жидкую воду в недрах) подземной воды. Когда под землей пары воды сгустятся в капельки, то эти капельки, подчиняясь силе тяжести, начинают стекать до тех пор, пока они не встретят водоупорный горизонт. На поверхности такого горизонта начинает собираться вода, образующая вместе с содержащей ее породой водоносный слой.

В таком виде конденсационная теория оказалась совершенно неприемлемой, потому что выяснилось, что для образования подобным образом водоносного горизонта нужно было бы, чтобы этот процесс движения воздуха происходил с

очень заметной быстротой. Если бы мы взяли пространство в квадратный метр на поверхности земли, через которое воздух атмосферы проникает в недра земли, то скорость движения воздуха должна была бы быть примерно не менее 5 см в секунду. При таком движении, если бы воздух был в достаточной мере насыщен парами, он стал бы в земле отдавать свою влагу, и там образовался бы водоносный горизонт, но для этого нужно, чтобы поступающий воздух был бы теплее, чем воздух в земле. А как же быть в тех случаях, когда температура воздуха ниже температуры земли? В этих случаях мы должны иметь обратную картину—подземная вода будет испаряться и, следовательно, если принять эту теорию, то окажется, что условия на земной поверхности далеко не всегда благоприятствуют способу образования воды путем конденсации. В жаркие дни могут существовать вполне подходящие условия для выделения воды из теплого, нагретого воздуха, попадающего в прохладные недра земли. Однако, и здесь надо иметь в виду, что летом, особенно в полупустынях и пустынях, воздух мало насыщен влагой, всего на 30—40% в среднем; но если перейти к более холодным сезонам и в более холодные области, то там обстоятельства совершенно не благоприятствуют конденсационной теории. Эта теория имела большой успех, особенно в Германии и среди южно-русских геологов и агрономов, но позднее была почти всеми оставлена.

В начале 1900 годов ей были даны совершенно новые принципиальные установки, согласно которым для образования подземной воды путем конденсации стало признаваться обязательным проникновение воздуха в землю. Было отмечено, что вода, которая выпадает в виде дождя или снега, не может глубоко проникать в землю и, в крайнем случае, смачивает ее на несколько сантиметров; глубже может проникать лишь парообразная вода. Последние представления по этому вопросу таковы, что для проникновения парообразной воды в землю не обязательно проникновение туда же и воздуха. Дело в том, что смесь воздуха и паров воды представляет собой смесь двух совершенно самостоятельных механических (термодинамических) систем, которые в своем передвижении ни в коей мере не связаны. Как говорит один из немецких исследователей, можно представить себе, что паровая динамика ни в коей мере не зависит от динамики воздушной массы.

Оказывается, что движение паров всегда имеет место в том случае, если давление их не одинаково. Всегда пар будет

передвигаться от места с большим давлением к месту с меньшим давлением. Следовательно, дело не в том, что воздух должен как то передвигаться, а в том, что температура среды неоднородна или непостоянна, с чем и связана различная упругость пара. Допустим, что поверхностный слой почвы нагреется, тогда здесь увеличится давление, и масса воды в парообразной форме должна будет устремиться от нагретого слоя в сторону воздуха (испарение) и в сторону глубже лежащего холодного слоя почвы или грунта. Если, наоборот, слой почвы охладится, то благодаря уменьшению в нем парового давления токи парообразной воды направлятся к нему и из воздуха (роса) и из недр. На рис. 1 дана схема различных состояний грунтовых вод. На этой схеме большие кружки — частицы почвы, маленькие кружки — молекулы воды в виде пара. 1 — неполная гигроскопичность; 2 — максимальная гигроскопичность; 3 и 4 — пленочная вода, пленка максимальной толщины (4) передвигается в сторону частицы (3) пока толщина пленок на обеих частицах не уравнивается; 5 — переход пленочной воды в гравитационную (по А. Ф. Лебедеву).

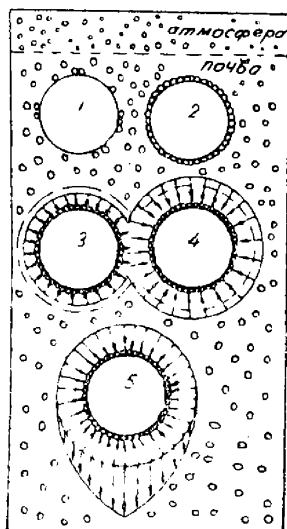


Рис. 1. Схема различных состояний грунтовых вод.

Постепенно сгущаясь пары подземного воздуха образуют гигроскопическую, пленочную (ламинарную) и капельножидкую (гравитационную) воду (см. рис. 1—2).

Это передвижение парообразной воды, независимое от движения атмосферы, чрезвычайно характерно и для почвы и для более глубоких слоев. Так как нарастания и колебания температуры очень неравномерны, то всегда возможно, что у нас будут такие участки в земной коре, которые создадут благоприятные условия для конденсации паров воды. Так, например, мы знаем, что на некоторой глубине в грунте имеется

слой постоянной годовой температуры, ниже которого будет идти вглубь нарастание ее. Выше этого слоя сезонные колебания температуры воздуха оказывают свое влияние, и обыкновенно в этой области земли всегда можно наблюдать

образование (путем конденсации) парообразной воды, которое приурочено к этой своеобразной геотермической ступени. Ниже расположены более теплые области¹: там мы имеем большое напряжение паров и поэтому ток идет в направлении вверх.

Следовательно, принципиальные установки конденсационной теории теперь другие, чем те которые были выставлены Фельгером. В настоящее время мы имеем новую интерпретацию конденсационной теории, которая связана с именем нашего агронома А. Ф. Лебедева и с именем немецкого ученого Метцгера, который, независимо от Лебедева, в 1905 г. высказал такого рода идею (Лебедев к этому пришел тоже в 1904—1905 г.).

3. Ювенильный способ. Есть еще одно воззрение на происхождение подземных вод, которое получило название ювенильного способа и было развито Эдуардом Зюссом в 1902 г.

Сущность этого воззрения заключается в том, что где-то в земной коре, на глубине многих километров, температура настолько высока, что там мы имеем либо расплавленное, текучее, тестообразное состояние земных пород, или же они находятся в своеобразном пластичном состоянии. Вот эта чрезвычайно сильно нагретая, масса богата всякого рода газами, среди которых есть и кислород и водород. Так как газы чрезвычайно сильно нагреты, они обладают огромнейшей упругостью. Вполне естественно, что они стремятся оттуда вырваться и по всякого рода трещинам поднимаются вверх, постепенно попадая в более высокие области, где температура понижена. Водород соединяется с кислородом и получается обычное H_2O . Такое соединение может происходить при температуре около $500—600^\circ$.

Эта парообразная вода, имеющая температуру около 500° , тоже обладает колоссальнейшей энергией и пытается продолжать свое движение вверх. Подходя еще ближе к земной поверхности, горячие пары воды попадают в условия нашей

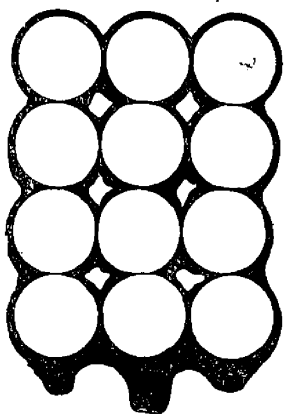


Рис. 2. Характер передвижения пленочной капельножидкой воды в зернистом грунте.

¹ Примерно на каждые 100 м углубления в недра температура их повышается на $3^\circ C$.

земной коры, охлаждаются еще более и, совершенно естественно, переходят в капельножидкое состояние. После такого превращения эта масса уже подчиняется всем условиям тяготения и всем закономерностям восходящих подземных вод. Таким образом возникают восходящие ювенильные воды. Выхода их на дневную поверхность сопровождаются выделением газов, которые являются спутниками паров, выделяемых раскаленными недрами. Ювенильные воды обычно бывают сильно минерализованы и газированы; часто в них находят следы сравнительно редких элементов.

Обычно считают, что большинство минеральных вод образовалось именно таким ювенильным способом. Это та вода, которая до своего появления на земную поверхность в круговороте не принимала участия. Она идет из недр земли и впервые появляется на поверхности в виде минеральных источников.

Полагают, что можно представить себе и иное развитие этого процесса. В верхних частях земной коры происходят явления выветривания, при которых целый ряд минералов принимает вид гидратов (каолины, цеолиты, железняки.) Мы знаем, что железо, оставленное на воздухе превращается в ржавчину. Эта ржавчина представляет собой железо плюс еще некоторое количество воды. Вот этот процесс присоединения воды к какому-нибудь веществу очень характерен для нашей земной поверхности. Но то, что образуется у нас на земле, в процессе динамики земной коры может перекрываться другими отложениями и с течением времени оказаться на большой глубине. Попавши на большую глубину в область высоких температур¹, водные минералы эти могут принимать участие в процессе образования воды, а именно, они теряют ее. Мы знаем, что глина теряет воду, когда ее обжигают, и превращается в новое вещество—кирпич, фарфор и т. д. Таким образом, и перегретые массы земной коры, содержащие водные минералы, которые когда-то были на земной поверхности, а потом в процессе движения земной коры попали в зону метаморфизма, отдают свою воду, и эта ювенильная вода затем опять появляется на поверхности.

В настоящее время принимаются все эти три положения, с помощью которых можно объяснить происхождение подземной воды. Сейчас уже нет тех тенденций, которые были

¹ Эта область носит название зоны метаморфизма или пояса геохимического превращения минеральных масс.