



Р.Г. Корнева
канд. геол.-мин. наук
Геологический институт РАН¹
отдел тектоники
лаборатория сравнительного
анализа осадочных бассейнов
главный специалист
rita@ginras.ru

Барометрический аспект формирования динамики безнапорных подземных вод

¹Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7.

Анализ причинно-следственной связи подтопления сооружений показал, что значительное влияние на положение уровня грунтовых вод оказывает атмосферное давление, величина которого под сооружением меньше, чем в естественных условиях. Этим обусловлен подъем уровня воды под сооружением, причем иногда на значительную величину. Это обстоятельство позволило по-новому подойти к теоретическому переосмыслению динамики и режима безнапорных подземных вод в естественных условиях. В статье рассматриваются особенности влияния атмосферного давления на уровенную поверхность подземных вод, при том, что, проходя через зону аэрации, оно ослабевает, заставляя теоретический (первоначальный) уровень воды подниматься на некоторую относительную величину. Зависимость давления и статического напора обратная, и с ее участием формируются потоки грунтовых вод и их направленность

Ключевые слова: подтопление сооружений; безнапорные подземные воды; атмосферное давление; зона аэрации; динамика подземных вод

Гражданское и промышленное строительство в южных районах Европейской части России, в ряде районов Сибири, в Ленинградской области, практически во всех городах сопровождается процессами подтопления сооружений. В результате происходит их деформация, крен и разрушения, измеряемые сотнями случаев [5]. Силами различных организаций были проведены съемочные и изыскательские работы, результаты которых не позволили сделать выводы о причинах резкого скачка безнапорных подземных вод и удержании уровня под сооружениями, даже в тех случаях, когда техногенное избыточное питание отсутствовало. Тем не менее утечки из коммуникаций, как избыточное питание грунтовых вод, считалось главной причиной их подъема под сооружениями [1, 4, 5, 10, 12].

В результате многолетних исследований созданы справочники, разработаны расчетные схемы и модели [13, 14, 15], которые применяются на практике при прогнозировании процессов подтопления под сооружениями.

Результаты произведенных наблюдений, расчетов и прогнозов безусловно являются ценным материалом, имеющим научное и практическое значение, но их анализ показывает, что основная причина подъема уровня подземных вод под сооружениями остается не совсем изученной. Это подтверждается рядом выводов, ставящими под сомнение доминантную роль избыточного питания грунтовых вод.

1. Подтопление сооружений происходит всегда независимо от начального положения уровня подземных вод; климатических условий, определяющих величину инфильтрационного питания и разгрузки через испарение; гидродинамических характеристик безнапорного водоносного горизонта, проницаемых свойств пород зоны аэрации и водовмещающих слоев их литолого-петрографических особенностей и засоленности; величин нагрузки на основание сооружений; объема и состава поступающих антропогенных утечек.

2. Известны случаи подъема подземных вод на стадии строительства при отсутствии коммуникационных утечек, под асфальтовыми и бетонными покрытиями, при гидравлической изоляции фундаментов [1, 13]. Отмечался подъем уровня в линзах подземных вод в аридной зоне после дождя, в то время как зона аэрации оставалась сухой.

3. Борьба с подтоплением с помощью дренажа не всегда приводит к желаемым результатам, обеспечивая лишь временные перерывы в подтоплении [5].

4. Скорость подъема и положение установившегося уровня подтопления имеет тенденцию к стабилизации, не зависящей от непрекращающегося избыточного питания, динамики антропогенного воздействия и вариантов сочетания природных и техногенных условий [15].

5. Количественные характеристики утечек и величин подъема уровня не являются четко коррелируемыми величинами и не зависят от сезонных колебаний уровня [15].

6. Формирующиеся под сооружениями водоносные горизонты представляют собой купола с высокими градиентами уровня по периферии, поднимаясь в центральной части с 30 м до критических 3 м, не растекаясь при этом, противореча существующим представлениям о законах фильтрации, ее причинах и следствиях.

Перечисленные аргументы показывают, что основные, а может быть, и главные причины подтопления сооружений, как и геометрия поверхности безнапорных вод в естественных условиях, до конца не выявлены и не изучены в полной мере. При таком положении дел прогнозирование и моделирование процессов подтопления без установления его истинных причин, а также применение существующих гидродинамических расчетов, приводит к некорректным результатам и, соответственно, к неэффективным способам борьбы с ними.

Изучение подтопления рассматривалось традиционно по схеме: одна причина (избыточное питание при коммуникационных утечках) – одно следствие (подъем уровня), естественно, весь получаемый фактический материал как бы подтверждал правомерность ее существования, всех устраивал и служил обоснованием способов борьбы с подтоплением с помощью дренажа и гидроизоляции.

Задача решалась с использованием причинно-следственных связей формирования и режима уровня поверхности грунтовых вод. В определенный период времени понятие «грунтовые воды» было заменено «безнапорными подземными водами». Во всех случаях, в отличие от других типов природных вод, «безнапорные подземные воды» – воды в пластах горных пород, ограниченные поверхностью, **давление на которой равно атмосферному** [5, 8, 14]. Отсюда следует, что **зависимость уровня поверхности безнапорных подземных вод от атмосферного давления** (неоднократно упоминается в определениях разных авторов) является весьма существенным признаком, обеспечивающим ее пространственную и временную изменчивость. Масштаб влияния атмосферы в техногенных условиях показывает, что амплитуда повышения уровня грунтовых вод



Рис. 1.
Здание, разрушившееся вследствие подтопления в процессе строительства (фото автора).

под сооружением может измеряться десятками метров, в связи с чем заслуживает особого внимания. Это условие не получило должного развития в динамике безнапорных подземных вод, где в основном принимается во внимание и используется в расчетах градиент уровней подземных вод, как более наглядная и убедительная величина при определении направления и скоростей потоков. Но сами градиенты уровней являются следствием некоторых условий пребывания воды в зоне аэрации, начиная с периода формирования осадка и водоносного горизонта, и кончая его конечным состоянием, преобразованным литогенными и морфогенными процессами (эрозионными, суффозионными, просадочными, выщелачиванием, засолением и т.д.).

Достаточно подробно влияние атмосферы изучено на примере напорных подземных вод с учетом значительных глубин влияния, их естественных вариаций в атмосфере, приливно-отливных явлений [2]. Влияние атмосферного давления на уровень грунтовых вод описано в трудах, посвященных режиму и динамике грунтовых вод [2, 8]. Влияние атмосферного давления на подземные воды описывается у В.А. Мироненко с позиции изменения структуры водовмещающих пород, которые испытывают нагрузку, сжимающую их поровое пространство и снижающую проницаемость, за счет чего уровень воды в капиллярах повышается. Также объясняется повышение уровня в аридной зоне, когда отмечается повышение атмосферного давления, влияющее на повышение уровня воды в линзах без поступления в них атмосферных осадков.

Приняв зависимость уровня безнапорных подземных вод и атмосферного давления как

важный признак, можно прийти к выводу, что уровень воды под сооружениями, как и вне их зависит от величины атмосферного давления, и соответственно, подъем уровня воды под сооружением может свидетельствовать о падении под ним атмосферного давления, т.е. образования под фундаментом некоторого разреженного пространства. Следовательно, одной из причин подтопления может служить **падение атмосферного давления на поверхности безнапорного горизонта под сооружением**, причем на величину, существенно превышающую естественные колебания уровня, связанные с колебаниями атмосферного давления – 20–30 см иногда до 1 м [9]. Передавая атмосферное давление на скелет породы основания, сооружение снимает его с уровня поверхности, вызывая ее подъем.

Другой причиной является то обстоятельство, что **за пределами сооружения оно остается прежним, т.е. более высоким**, за счет чего возникает дисбаланс между фрагментами воды под сооружением и за его пределами, при котором вода из окружающего пространства вытесняется под фундамент как бы всасывается, и, воссавшись, уже не вытекает, образуя купола с высокими гидравлическими градиентами по периферии (**рис. 2**). Этим явлением можно объяснить куполообразные формы уровня поверхности с максимумами в центре сооружений, где атмосферное давление снижается на большую величину (в сравнении с ситуацией по периферии) и давление на породы основания в центре тяжести максимально и максимальна вероятность разрушения здания (**рис. 1**).

Куполообразные скопления воды под сооружениями и покрытиями можно объяснить и тем, что по периферии его атмосферное давление

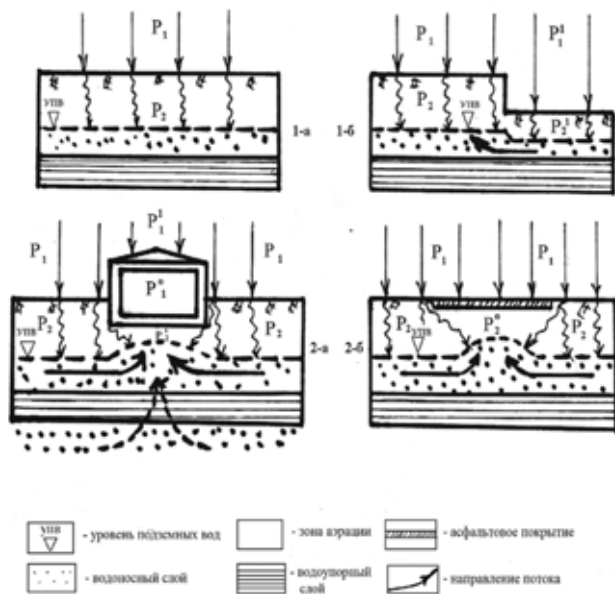


Рис. 2.
Схемы распределения атмосферного давления в условиях:
1а – равнины, 1б – впадины, 2а – под сооружением, 2б – под асфальтовым покрытием. P_1 – естественное на ровной поверхности; P_1^1 – в понижениях, на крыше зданий; P_1^2 – под крышей здания; P_2 – на уровне поверхности подземных вод, P_2^1 – под сооружением, P_2^2 – под асфальтовым (бетонным покрытием)

сохраняет свое влияние больше чем в центре, где оно в большей степени передается с воды на скелет пород основания (рис. 2.2).

В целом для рассматриваемой задачи естественные колебания уровня в 20–30 см можно посчитать не столь существенными, но то обстоятельство, что под сооружением оно повышается иногда на значительную величину, заставляет обратить внимание на этот процесс. Причем амплитуда колебаний уровня может зависеть от площади, веса сооружения, а также наличия вблизи водоемов и водотоков, и начальной глубины залегания грунтовых (безнапорных) вод, регулирующей величину барометрической ступени.

Таким образом под сооружением формируется сложная система «атмосфера – подземные воды – горные породы», в которой два компонента этой системы «атмосфера – вода» мобильны, а состав и строение породы играют опосредованную буферную роль, зависящую от ее способности формировать кайму капиллярного поднятия и удерживать поступившее дополнительно количество воды. Процесс взаимодействия подземных вод с атмосферой в зоне капиллярного поднятия – процесс сложный, многовекторный, инерционный и, кроме всего прочего, зависит от того, в какой степени чело-

век способен изменить проницаемую способность пород основания (пластовая, трещинная, поровая). Он способен лишь на время изменить условия взаимодействия, которые, несмотря на динамику избыточного питания, заканчиваются стабилизацией подтопления, но все равно – установившийся уровень всегда будет выше первоначального.

Вмешиваясь в ход естественных процессов в конкретной точке гидрогеосферы с помощью какого-либо сооружения или действия, человек вступает во взаимоотношение с ней (рис. 2-а, 2-б), при котором провоцирует ее ответную реакцию, труднопредсказуемую по интенсивности. При этом затронутая и затронутая человеком части вступают во взаимодействие с явным пересом естественных сил, обеспечивающих состояние атмосферы, гидросферы и гидрогеосферы (глобальных, региональных и др.). Следствием этого взаимодействия являются изменения в режиме и динамике фрагмента водоносного горизонта, попавшего в зону антропогенного влияния. Кроме того, нарушения в безнапорных водоносных горизонтах могут активизировать их динамическую связь с напорными, вследствие чего борьба с подтоплением вообще становится безрезультатной, и уровень поднявшейся воды может превысит дневные отметки (по данным автора).

Анализ проведенных исследований позволяет по-новому подойти к методологии изучения безнапорных подземных вод в естественных условиях, при которых уровень воды в каждой точке водоносного горизонта есть следствие его пребывания в нем. Это определено условиями формирования водоносного горизонта вместе водовмещающим осадком, представляющим, скорее всего, пласт, выдержанный по площади. Слой воды в нем первоначально однороден по составу и по мощности. В дальнейшем вследствие экзогенных процессов с образованием суффозионных, эрозионных и других форм рельефа, изменяющих строение и свойство пород зоны аэрации, водоносный горизонт становится неоднородным и по составу, и по уровню, а также по условиям взаимосвязи с атмосферой. Как правило, в пределах водораздельной площади уровень воды всегда несколько выше, чем в понижениях.

Взаимоотношение уровня поверхности безнапорных подземных вод с атмосферой осуществляется через почвенно-растительный покров, затем субстрат (относительно сухой), капиллярную кайму, в пределах которой сила взаимодействия ослабевает и зависит от способности каждого из них рассеивать газовые потоки, идущие сверху, наталкивающихся на потоки,

идущие снизу. Соответственно, при прочих равных условиях влияние атмосферы на уровенную поверхность и ее пространственно-временной режим будет тем слабее, чем мощнее и плотнее зона аэрации, и в этом случае уровень воды относительно первоначального будет выше, чем в случае с меньшей плотностью и мощностью. Кроме того, чем глубже расположена уровенная поверхность, тем значительнее ее реакция на вмешательство за счет большей величины барометрической ступени.

Выдвигаемая гипотеза позволяет объяснить подъем уровня в линзах подземных вод в аридной зоне до и во время дождя без явного увлажнения пород зоны аэрации, а также подъем уровня под асфальтовыми, цементными и другими покрытиями [1], и даже при распушке почвенного покрова, в процессе его зимнего промерзания, при которых нарушается естественно сформированная структура пород, обеспечивающая естественную связь уровня воды с атмосферным давлением.

Весенний подъем уровня подземных вод, объясняемый инфильтрационным питанием за счет таяния снега, также можно признать не всегда корректным, поскольку промороженная за зиму почва не пропускает талые воды вглубь, пока не оттает, и большая их часть идет на испарение и поверхностный сток, обеспечивая весеннее половодье и распутицу, что также препятствует взаимодействию атмосферы с подземными водами. Следовательно, доминантная роль инфильтрационного питания подземных вод в целом ряде случаев может вызывать сомнения, как и динамика формирования потоков подземных вод по линии «водораздел – базис дренирования».

Геометрия уровенной поверхности подземных вод в естественных условиях связана с особенностями строения зоны аэрации (мощность, ее проницаемая способность, плотностью сложения и литолого-петрографический составом), обеспечивающими распределение величины атмосферного давления по уровенной поверхности. Соответственно, при прочих равных условиях атмосферное давление на уровне грунтовых вод скажется менее в условиях больших глубин, и более – в условиях меньших глубин. Относительно некоторой нейтральной (нулевой поверхности) в первом случае уровень будет выше, чем во втором. Соответственно, в суглинистых породах обстановка должна больше способствовать подъему уровня воды, чем в песчаных.

Сравнительный анализ химического состава и минерализации грунтовых вод по линии «водораздел – речная долина» показал, что

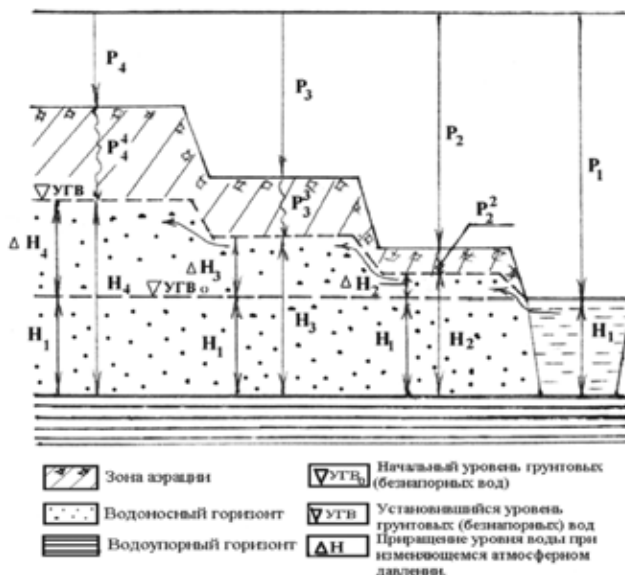


Рис. 3. Схема соотношений атмосферного давления и уровня безнапорных подземных вод по фрагментам рельефа по линии «водораздел – речная долина (водоем)»

нарастания минерализации по этому направлению не прослеживается, вследствие чего можно предположить, что и поток не всегда движется по этому же направлению, а минерализация и химический состав формируются за счет вертикально-направленного энергообмена [7]. При этом элементы водоносного горизонта существуют как фрагменты с разными барометрическими состояниями уровенной поверхности, и, соответственно, статическим напором воды внутри фрагмента. Тогда между ними могут локально формироваться перетоки воды из фрагмента с большим давлением в фрагменты с меньшим. На упрощенной модели разреза «водораздел – речная долина» (рис. 3) показано, как могут формироваться потоки грунтовых вод между участками с разной мощностью зоны аэрации при однородном литологическом составе почвы, субстрата и водоносного слоя.

На местности и картах они хорошо фиксируются ландшафтными методами и «пластикой рельефа». В каждом таком фрагменте давление на поверхности грунтовых вод будет стабильно зависеть от временной вариации уровней [14], мощности и состава зоны аэрации, способности передавать давление атмосферы на уровень подземных вод.

Например, на классическом разрезе мощность зоны аэрации уменьшается от водораздела к речной долине, а давление атмосферы на уровень воды в этом же направлении увеличивается. Соответственно, латеральные перемещения, т.е. формирование потока подземных

вод, зависит от разности барометрических состояний соседних фрагментов, в результате чего на их контактах могут сформироваться потоки, а их гидравлические градиенты направления и скорости течения – не причина, а следствие выравнивания барометрического состояния урвонной поверхности (рис. 3). Тогда гидравлический градиент и фильтрационные свойства водовмещающих пород, применяемые при гидродинамических расчетах и моделировании в динамике подземных вод, имеют вторичное значение (не причина, а следствие) и не зависят от абсолютных отметок дневной поверхности и глубин залегания подземных вод, а скорее, наоборот. Даже при отсутствии гидравлического градиента поток может быть направлен в фрагмент, где влияние атмосферного давления на урвонную поверхность меньше, по принципу «сообщающихся сосудов».

Схематическая графическая модель разреза водоносного горизонта по линии «речная долина – водораздел», позволяет подойти к ее математической реализации, т.е. созданию алгоритмов, в основе которых мы предлагаем учесть обратную связь атмосферного давления и уровня воды в конкретной точке горизонта. При этом не осложнена эта связь на поверхности воды в водоеме или водотоке, и влияние атмосферного давления на поверхности воды максимально, тогда как на водоразделе она наиболее осложнена наибольшей по разрезу мощностью зоны аэрации. В то же время между этими состояниями должно существовать некоторое равновесие, т.е. равенство (по законам гидравлики). Тогда это условие можно выразить уравнением (1):

$$\frac{P_1 - P_2 - P_2^2}{H_2} = \frac{P_1}{H_1}$$

$$\frac{P_2 - P_3 - P_3^3}{H_3} = \frac{P_1 - P_2 - P_2^2}{H_2} \quad (1)$$

$$\frac{P_3 - P_4 - P_4^4}{H_4} = \frac{P_2 - P_3 - P_3^3}{H_3}$$

где P_1 – атмосферное давление, максимальное на уровне поверхностных вод водоема (водотока) – базиса дренирования на изучаемой площади;

$P_{2,3,4}$ – атмосферное давление на дневной поверхности выделенных элементов рельефа с возрастающими абсолютными отметками;

P_2^2, P_3^3, P_4^4 – атмосферное давление на уровне подземных вод, приуроченных к разновысотным элементам рельефа;

H_1 – уровень воды в водоеме;

$H_{2,3,4}$ – уровень грунтовых вод в фрагментах зоны аэрации.

Представленные формулы могут рассматриваться как начальный этап математического моделирования гидрогеологических систем безнапорных подземных вод, при котором P_1 – константа на конкретный момент времени, H_1 – также более-менее определенная величина (столб воды в реке, озере и т.п.). Известны в данном случае приращение уровня $\Delta H_{2,3,4}$ и соответствующие им давления в зоне аэрации. Если при этом уровень в каждом конкретном случае можно измерить, то тогда давление можно будет рассчитать, скорректировать с литологическим составом пород зоны аэрации и использовать в дальнейшем для экстраполяции данных на изучаемую площадь в разных направлениях, в пределах которой зависимость будет дифференциальной по линиям разреза и интегральной по площади. Соотношение барометрического состояния блоков по линии котловина (речная долина, водоем, акватория) – водораздел предопределяет вероятность возникновения латерально-направленных перемещений фрагментов подземных безнапорных вод в сторону меньшего давления в воде.

Многообразие природных условий предопределяет несколько вариантов формирования потоков безнапорных вод в зависимости от барометрической ситуации на их поверхности от полного отсутствия (застойный режим) до классически направленного от водораздела к базису дренирования, и до инверсионно-направленного от дрены к водоразделу. В последнем случае область питания можно будет признать водотоки или водоемы, в то время как до настоящего времени они считались областями разгрузки подземных вод.

Особенности взаимоотношений урвонной поверхности подземных вод с атмосферой, как и все другие природные условия, подчинены сезонным колебаниям, широтной и высотной зональности, в которых выделяются соответствующие ландшафтные зоны, где криолитозона занимает значительную площадь страны, и специфические гидрогеологические условия. В данном случае многолетнемерзлые толщи (слои) пород играют роль, аналогичную сооружениям, перекрывающим доступ атмосферы к подземным водам. В результате здесь повсеместно наблюдаются заболачивание, наледи, бугры пучения, которые также свидетельству-

ют о преобладании вертикальных направлений в перемещении вещества.

В результате проведенных исследований, наблюдений, измерений и формального анализа процессов, формирующих динамику и режим безнапорных подземных вод, считаем полезным при съемочных, изыскательских инженерно-геологических и гидрогеологических работах, наблюдениях за строящимися и существующими сооружениями различного назначения фиксировать атмосферное давление и проводить корреляцию его значений с режимом урвненной поверхности безнапорных подземных вод. Такой подход позволит более полно изучить гидрогеодинамическую ситуацию не только на момент изучения, но и на перспективу в естественных и нарушенных условиях при их существующем зонально-климатическом и гидродинамическим многообразии.

Выводы

Изучение и анализ существующих материалов, характеризующих процессы подтопления сооружений, позволили заключить следующее.

1. Уменьшение величины атмосферного давления на поверхность грунтовых (безнапорных) подземных вод под сооружениями и покрытиями является одной из главных причин их подъема, вызывающей подтопление.

2. Отношение атмосферного давления с уровнем подземных вод в естественных условиях определяет барометрическое состояние водоносного горизонта по площади.

3. Неоднородный по строению и составу водоносный горизонт характеризуется наличием фрагментов, барометрическое состояние в которых определяет возможность формирования между ними потоков (перетоков) подземных вод в плане.

4. Сделанные выводы позволяют по-новому подойти к теоретическим основам динамики подземных вод, учитывая причинно-следственные связи формирования потоков подземных вод, геометрии их урвненной поверхности, ее режима, взаимоотношений с напорными подстилающими водоносными горизонтами, трансформации в техногенных условиях. ¹⁰

Литература

1. Ананьев В.П., Валяник Н.В. Анализ развития процессов подтопления на промышленных площадках города Волгодонска // Проблемы инженерной геологии в связи с промышленно-гражданским строительством и разработкой месторождений полезных ископаемых. Свердловск. 1984. С. 146–150.
2. Барцев О. Б., Гарькуша Д. Н., Никаноров А. М., Минина Л. И., Зубков Е. А. Режим грунтовых вод, масштабы и причины техногенного подтопления населенных пунктов юга Ростовской области // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. № 2. С. 415–422.
3. Волейшо В.А. Закономерности формирования гидродинамического режима подземной гидросферы под воздействием региональных внешних факторов: автореф. дис. М. 2006, 41 с.
4. Господинов Д.Г., Дзекцер Е.С. Закономерности формирования фильтрационных параметров лессовидных грунтов в связи с образованием техногенных гидрогеологических систем на застроенных территориях / Подземные воды и эволюция литосферы. М.: Наука. Т. II. 1985. С. 367–370.
5. Дзекцер Е.С. Концепция защиты исторического города от подтопления. М.: ГУП ЦПП. 1999. 52 с.
6. Зубков Е. А., Гарькуша Д. Н., Барцев О.Б., Иванов И.В., Дмитрик Л.Ю. Динамика, причины и последствия техногенного подтопления территории города Волгодонска // Материалы Второго молодежного инновационного проекта «Школа экологических перспектив». Воронежский госуниверситет. 2013. С. 127–132.
7. Корнева Р.Г. Особенности методики гидрогеологической съемки в условиях техногенного воздействия на территории юга Сибири: автореф. дис. М.: ВСЕГИНГЕО. 1988. 26 с.
8. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. М.: Недра. 1983. С. 65–71.
9. Михайлов Л.Е. Грунтовые воды. Л.: ЛПИ. 1982. 40 с.
10. Муфтахов А.Ж. Гидродинамические основы прогноза подтопления промплощадок и фильтрационные расчеты защитного дренажа в сложных гидрогеологических условиях: автореф. дис. М.: ВНИИ ВОДГЕО. 1975. 44 с.
11. Муфтахов А.Ж. О влиянии интенсивности дополнительной инфильтрации на динамику урвневных грунтовых вод при подтоплении территорий / Инженерная защита территорий. М.: ВНИИ ВОДГЕО. 1982. С. 20–24.
12. Покровский В.Д. Исследование процессов подтопления урбанизированных территорий с использованием геоинформационных технологий (на примере города Омска): автореф. дис. Томск. 2015. 215 с.
13. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986. 20 с.
14. Сологаев В.И. Фильтрационные расчеты и компьютерное моделирование при защите от подтопления в городском строительстве. Омск: СибАДИ. 2002. 416 с.
15. Тихомиров Е. Н. Определение величины питания грунтовых вод на застроенных территориях по данным режимных наблюдений: автореф. дис. М. 1995. 19 с.

R.G. Korneva, PhD, Chief Specialist, Laboratory for Comparative Analysis of Sedimentary Basins, Tectonics Department, Geological Institute RAS¹, rima@ginras.ru

¹7, Pyzhevsky side street, Moscow, 119017, Russia.

Barometric Aspect Formation Dynamics of Non-artesian Groundwater

Abstract. Causation analysis of impoundment structures showed that a significant impact on the situation of the groundwater level has a barometric pressure value under construction less than under natural conditions. This is due to the water level rise under construction, sometimes by a significant amount. This circumstance has allowed new insights to the theoretical reconsideration of dynamics and non-pressure regime of groundwater in vivo. This article discusses the features of influence of atmospheric pressure on the surface of groundwater that passes through the unsaturated zone it weakens, causing the theoretical (initial) the water level to rise to some the relative amount. Dependence of pressure and static head backward and with her participation formed groundwater flows and directions.

Keywords: flooding of structures; non-pressure underground water; atmospheric pressure; aeration zone; groundwater dynamics.

References

- Anan'ev V.P., Valianik N.V. *Analiz razvitiia protsessov podtopleniia na promyshlennykh ploshchadkakh goroda Volgodonska* [Analysis of the development of flooding processes at industrial sites of the city of Volgodonsk]. *Problemy inzhenernoi geologii v sviazi s promyshlennograzhdanskim stroitel'stvom i razrabotkoi mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* [Problems of engineering geology in connection with industrial and civil construction and development of mineral deposits], Sverdlovsk, 1984, pp. 146–150.
- Bartsev O. B., Gar'kusha D N., Nikanorov A. M., Minina L. I., Zubkov E. A. *Rezhim gruntovykh vod, masshtaby i prichiny tekhnogenogo podtopleniia naselennykh punktov iuga Rostovskoi oblasti* [Groundwater regime, the extent and causes of technogenic flooding of settlements in the south of the Rostov region]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and ecogeodynamics of regions], 2014, vol. 10, no. 2, pp. 415-422.
- Voleisho V.A. *Zakonomernosti formirovaniia gidrodinamicheskogo rezhima podzemnoi gidrosfery pod vozdeistviem regional'nykh vneshnikh faktorov* [Patterns of formation of the hydrodynamic regime of the underground hydrosphere under the influence of regional external factors]: diss. abstract. Moscow, 2006, 41 p.
- Gospodinov D.G., Dzekhtser E.S. *Zakonomernosti formirovaniia fil'tratsionnykh parametrov lessovidnykh gruntov v sviazi s obrazovaniem tekhnogenykh gidrogeologicheskikh sistem na zastroennykh territoriakh* [Patterns of formation of filtration parameters of loesslike soils in connection with the formation of technogenic hydrogeological systems in built-up areas]. *Podzemnye vody i evoliutsiia litosfery* [Groundwater and the evolution of the lithosphere], Moscow, Nauka Publ., vol. II, 1985, pp. 367–370.
- Dzekhtser E.S. *Kontseptsiiia zashchity istoricheskogo goroda ot podtopleniia* [The concept of protecting a historic city from flooding], Moscow, GUP TsPP Publ., 1999, 52 p.
- Zubkov E. A., Gar'kusha D N., Bartsev O.B., Ivanov I.V., Dmitrik L.Iu. *Dinamika, prichiny i posledstviia tekhnogenogo podtopleniia territorii goroda Volgodonska* [Dynamics, causes and consequences of technological flooding of the city of Volgodonsk]. Proc. of the Second Youth Innovation Project «*Shkola ekologicheskikh perspektiv*» [School of Environmental Perspectives]. Voronezh university, 2013, pp. 127–132.
- Korneva R.G. *Osobennosti metodiki gidrogeologicheskoi s'emki v usloviakh tekhnogenogo vozdeistviia na territorii iuga Sibiri* [Features of the methodology of hydrogeological survey under conditions of anthropogenic impact in the south of Siberia], diss. abstract. Moscow, VSEINGEO Publ., 1988, 26 p.
- Mironenko V.A. *Dinamika podzemnykh vod* [Groundwater dynamics], Moscow, Nedra Publ., 1983, pp. 65–71.
- Mikhailov L.E. *Gruntovye vody* [Ground water], Leningrad, LPI Publ., 1982, 40 p.
- Muftakhov A.Zh. *Gidrodinamicheskie osnovy prognoza podtopleniia promplohchadok i fil'tratsionnye raschety zashchitnogo drenazha v slozhnykh gidrogeologicheskikh usloviakh* [Hydrodynamic basis for forecasting flooding of industrial sites and filtration calculations of protective drainage in difficult hydrogeological conditions], diss. abstract, Moscow, VNII VODGEO Publ., 1975, 44 p.
- Muftakhov A.Zh. *O vliianii intensivnosti dopolnitel'noi infil'tratsii na dinamiku urovnei gruntovykh vod pri podtoplenii territorii* [On the effect of the intensity of additional infiltration on the dynamics of groundwater levels during flooding of territories]. *Inzhenernaia zashchita territorii* [Engineering protection of territories], Moscow, VNII VODGEO Publ., 1982, pp. 20–24.
- Pokrovskii V.D. *Issledovanie protsessov podtopleniia urbanizirovannykh territorii s ispol'zovaniem geoinformatsionnykh tekhnologii (na primere goroda Omska)* [Study of the processes of flooding of urbanized areas using geoinformation technologies (for example, the city of Omsk)], diss. abstract, Tomsk, 2015, 215 p.
- SNIP 2.06.15-85. *Inzhenernaia zashchita territorii ot zatopeniia i podtopleniia* [Engineering protection of the territory from flooding and flooding], Moscow, TsITP Gosstroia SSSR Publ., 1986, 20 p.
- Sologaei V.I. *Fil'tratsionnye raschety i komp'yuternoe modelirovanie pri zashchite ot podtopleniia v gorodskom stroitel'stve* [Filtration calculations and computer modeling for protection against flooding in urban construction], Omsk, SibADI Publ., 2002, 416 p.
- Tikhomirov E. N. *Opreделение velichiny pitaniia gruntovykh vod na zastroennykh territoriakh po dannym rezhimnykh nabludenii* [Determination of groundwater supply in developed areas according to regime observations], diss. abstract, Moscow, 1995, 19 p.