Инженерные изыскания
Наука и практика

Антон СКАЛИН,
Анатолий СКАЛИН, генеральный директор НПО «Уралгеоэкология», к. г.-м. н.

Новая методика инженерно-геологических изысканий

В мегаполисах Среднего Урала рост стоимости земельных участков обусловил спрос на многоуровневые подземные паркинги под высотными зданиями. Строительные котлованы под уникальные объекты капитального строительства по своим размерам соизмеримы с горнодобывающими карьерами, а их дренаж производится по лицензиям на недропользование. Новая методика инженерно-гидрогеологических изысканий, разработанная авторами на строительной площадке делового центра «Екатеринбург-СИТИ», признана эффективной и получила положительное заключение ФАУ «Главгосэкспертиза России» №-753-12/ГГЭ-7892/05 от 14 августа 2012 года.

На примере многофункционального комплекса из 4-х высотных зданий от 50 до 80 этажей делового центра «Екатеринбург-СИТИ», строящегося на габбровом массиве в долине реки Исеть на берегу городского пруда в центре Екатеринбурга, рассмотрим особенности методики инженерно-гидрогеологических изысканий. Этот уникальный объект капитального строительства может представлять интерес еще и потому, что здесь производится строительное водопонижение котлована под 4-х уровневый подземный паркинг 52-этажной башни «Исеть» и осуществляется геотехнический мониторинг в пределах воронки депрессии. Следовательно, имеется возможность сопоставить рабочую гидрогеологическую модель при инженерно-гидрогеологических изысканиях с результатами строительного водопонижения. Если проводить аналогию с методикой поисково-разведочных работ на месторождениях подземных вод, то можно говорить о стадии эксплуатационной разведки, соотносимой с этапом строительного водопонижения.



Вид котлована башни «Исеть»

При обосновании эвристической гидрогеологической модели авторы уделяли большое значение оценке взаимосвязи поверхностных и трещинно-жильных подземных вод, т.к. при снижении динамических уровней подземных вод ниже уреза реки формируется инфильтрационный водозабор. В этой связи рассматривалась территория всего частного водосбора от строительной площадки (в квартале улиц Октябрьской Революции – Челюскинцев – Б. Ельцина – Боевых Дружин) и в 0,5 км северо-восточнее до акватории городского пруда, приуроченного к Верх-Исетскому глубинному тектоническому разлому. В модель закладывалась возможность обнаружения потока трещинно-жильных подземных вод в водоносной зоне в оперяющем тектоническом нарушении от глубинного разлома, которое прогнозировалось по результатам региональных сейсморазведочных работ. Другими поисковыми признаками водоносной зоны с теплыми трещино-жильными водами были полынья во льду пруда в зимнюю межень, а также данные электроразведочных и гравиразведочных работ.

Для составления погоризонтных схем геофильтрационной анизотропии габбрового массива, обусловленной тектонической нарушенностью позднего палеозоя, был применен комплекс геофизических и опытно-фильтрационных работ. Интерпретация результатов площадных сейсморазведочных и электроразведочных работ здесь была осложнена химическим и тепловым загрязнениями, установленными при инженерно-экологических изысканиях. Предпочтение было отдано методам скважинной геофизики, выполненной в 60 скважинах-пьезометрах и в дренажно-поглощающих скважинах, имеющих глубину от 40 до 125 м. Обязательный комплекс каротажа включал в себя: электрокаротаж (КС), гамма-каротаж (ГК), расходометрию с кавернометрией, термометрию. Кроме того, под высотные башни выполнена сейсмотомография и акустический каротаж, позволившие более точно определить угол падения и простирания зоны тектонической нарушенности. Из всех скважин-пьезометров были произведены опытные откачки, отобраны пробы воды, а затем выполнена групповая кустовая откачка с суммарным дебитом 950 м³/сут, позволившие дать гидрогеомеханический анализ габбрового массива [1]. По керну скважин определялись модули трещиноватости и кусковатости, производилось фотографирование, отбор образцов на физико-механические исследования и шлифы. Оставшийся керн в ящиках отправлялся на длительное хранение. В ходе горнопроходческих работ в строительном котловане на глубине ~ 16-18 м на проектной отметке ~ 236 м выполнялись измерения простирания и падения тектонической трещиноватости, были выполнены фотометрические работы с геодезической привязкой. По результатам установлена корреляция между петрофизическими, водными и физико-механическими характеристиками инженерно-геологического габбрового массива в объеме сжимаемой толщи под башней «Исеть».

Систематизация результатов геофизических, гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий позволили установить водоносную зону тектонического нарушения позднего палеозоя к западу от строительной площадки башни «Исеть». Тектоническое нарушение трассируется полем из жил кварца и даек гранит-порфиров, являющиеся прочными скальными грунтами (Rc>50МПа), но при этом хрупкими; обладает несколько повышенной радиоактивностью по сравнению с фоном габбрового массива. Жилы кварца и дайки гранит порфиров являются трещинно-жильными коллекторами подземных вод с коэффициентом фильтрации 10-20 м/сут, что почти на два порядка выше слабоводопроницаемых блоков габбрового массива. Водоносная зона в трещино-жильных коллекторах тектонического нарушения позднего палеозоя, секущая габбровый массив, является естественной дреной подземных вод, имеет субмеридиональное простирание до городского пруда на реке Исеть.

Если рассматривать пространственно ограниченную водоносную систему трещино-жильных подземных вод с позиции оценки ресурсов, то она соответствует

критериям месторождений пресных подземных вод (по наиболее общепринятому определению, предложенному Л.С. Язвиным и Б.В. Боревским).

В период 2009-2012 годов производилось строительное водопонижение котлована башни «Исеть». По результатам гидрогеологического и геотехнического мониторингов доказано, что воронка депрессии подземных вод имеет резко ассиметричную форму и образовалась вдоль водоносной зоны тектонической трещиноватости габбрового массива до городского пруда. Вертикальный дренаж является инфильтрационным водозабором в водоносной зоне тектонической трещиноватости габбрового массива, имеющей связь с рекой Исеть (гидрогеодинамическая граница с постоянным напором).

Балансовая структура эксплуатационных ресурсов при инфильтрационном водозаборе имеет следующую динамику:

- при дебите ~ 200 м³/сут динамическом уровне выше уреза реки Исеть – искусственные ресурсы (ИР) ~ 50 м³/сут, естественные ресурсы (ЕР) ~ 150 м³/сут;
- при дебите ~ 500 м³/сут и динамическом уровне на ~ 20 м ниже уреза реки Исеть – ИР ~ 50 м³/сут, ЕР ~ 150 м³/сут, привлекаемые ресурсы (ПР) ~ 300 м³/сут;
- при дебите ~ 900 м³/сут и динамическом уровне на ~ 30 м ниже уреза реки Исеть – ИР ~ 150 м³/сут, ЕР ~ 150 м³/сут, ПР ~ 700 м³/сут (78%).

ЕР подземных вод формируются на площадке водосбора за счет инфильтрации атмосферных осадков через техногенно загрязненные грунты зоны аэрации, поэтому на отдельных участках имеют минерализацию ~ 4 г/дм³ (при фоновой 0,4 г/дм³).

ИР подземных вод образуются за счет утечек из теплосетей и горводопровода. В марте 2012 года при замерзании «паразитической» воды в тектонической трещине произошло скалывание и сползание под углом падения 70° блока габбро весом ~ 200 тонн, что привело к локальному обрушению шпунтового ограждения западной стенки котлована.

ПР подземных вод формируются за счет инфильтрации речных вод по водоносной зоне тектонической трещиноватости габбрового массива, поскольку дно подземного паркинга на ~ 6м ниже уреза р. Исеть. В мае 2012 года был уменьшен суммарный дебит дренажно-поглощающих скважин, что привело к образованию фонтана на дне строительного котлована (по гидравлическому принципу действия «Петергофских фонтанов»). Качество подземных вод ПР по большинству исследованных ингредиентов отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.2074-02 (за исключением повышенной жесткости вследствие техногенного загрязнения от бетонного завода).

Привлекаемые ресурсы подземных вод проектируется использовать для водоснабжения:

- инфильтрационный водозабор может рассматриваться в периоды чрезвычайных ситуаций в качестве резервного источника водоснабжения комплекса правительственных зданий, расположенных по ул. Боевых Дружин;
- возможен частичный отказ от покупки «квоты на воду» от ЕМУП «Водоканал» (при потребности в воде башни «Исеть» в количестве 470 м^3/сут цена квоты составит более 2^x млн. $ долларов США).

В настоящее время целесообразно ставить вопрос о налоговых льготах для изыскательских организаций, разрабатывающих и внедряющих инновационные технологии, как практикуется, например, в Европе.