

СКАЛИН А.В.

Генеральный директор ООО «Научно-производственное объединение «Уралгеоэкология»»

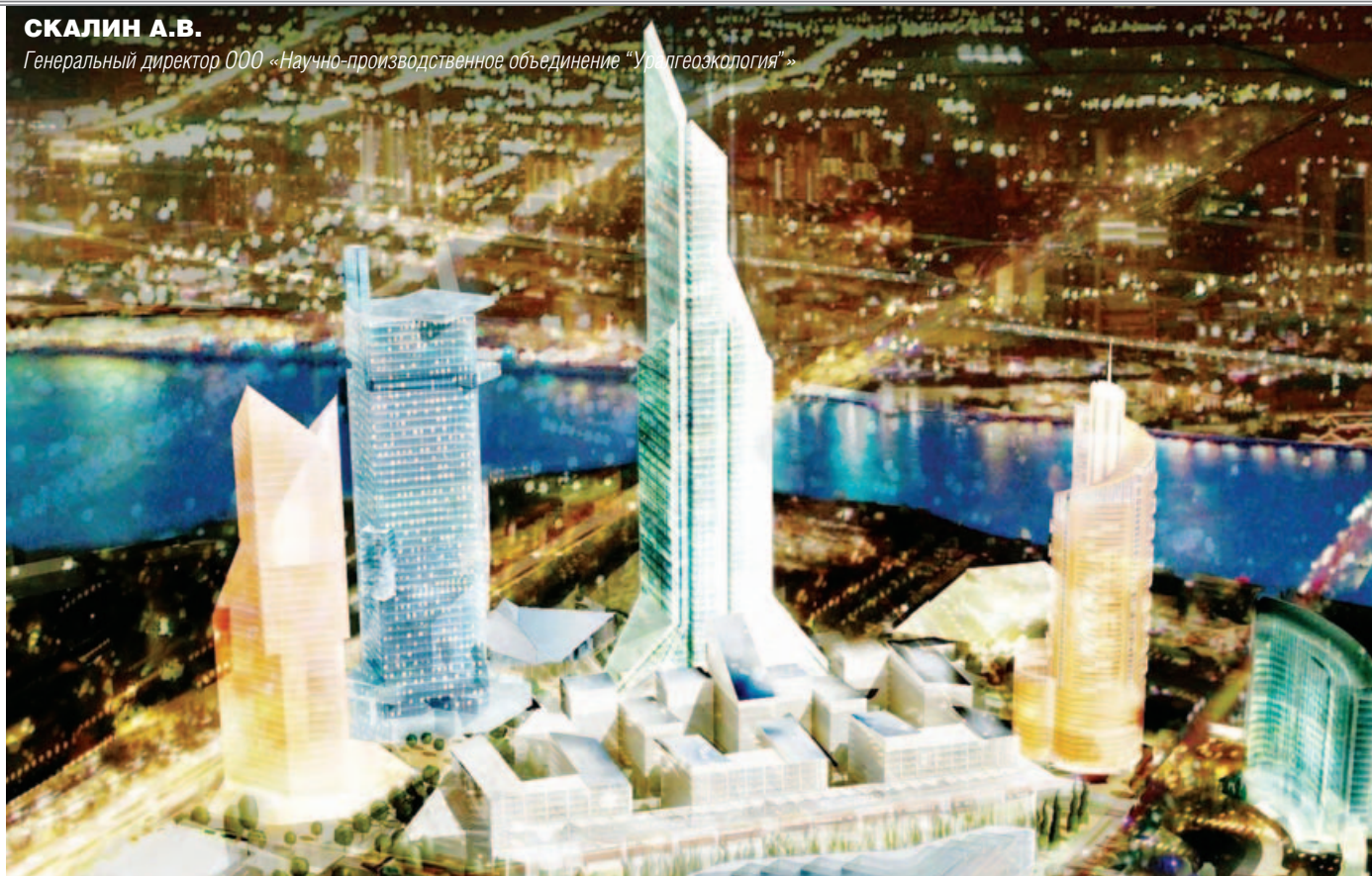


Рис. 1. Вид проектируемого высотного делового центра «Екатеринбург-Сити»

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАББРОВОГО МАССИВА ПРИ ОБОСНОВАНИИ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДЕЛОВОГО ЦЕНТРА «ЕКАТЕРИНБУРГ-СИТИ»

При инженерно-геологическом обосновании многоуровневых подземных паркингов и высотного строительства на интрузивных массивах в долинах рек целесообразно учитывать потенциальную возможность обнаружения оперяющих тектонических нарушений и приуроченных к ним водоносных зон трещинно-жильных подземных вод. Достоверно определять тектоническую трещиноватость интрузивных массивов позволяют гидрогеомеханические исследования в комплексе с каротажем однотипно оборудованных скважин, что можно продемонстрировать на примере Шувакишского габбрового массива на Среднем Урале [2].

На участке этого массива вблизи Городского пруда на реке Исеть проектируется деловой центр «Екатеринбург-Сити» (ДЦЕС), который включает в себя три 50-этажных («Исеть», «Татищев», «Де Генин») и одну 80-этажную башню («Урал»). Под ДЦЕС проектируется четырехуровневый подземный паркинг

на общей фундаментной плите с глубиной заложения около 20 м, что ниже уреза воды Городского пруда. Для проектирования ДЦЕС (рис. 1), относимого к уникальным объектам, привлечен международный состав участников.

В 2007–2008 годах для изучения вопросов геофильтрационной анизотропии и петрофизических свойств грунтов тектонической зоны дробления было пробурено 49 скважин глубиной 40 м, оборудованных однотипно как гидрогеологические пьезометры. В них был выполнен комплекс каротажных исследований, а также произведены опытно-фильтрационные работы и гидрогеохимические опробования. С 2009 года «Уралгеоэкология» производит вертикальный дренаж (с дебитом около $350 \text{ м}^3/\text{сут}$) строительного котлована глубиной до 20 м под высотную башню «Исеть» (рис. 2).

Для уточнения параметров простирации водоносной зоны на изучаемом участке габбрового массива во время зимней межени в 2008 году была про-

ведена опытная кустовая групповая откачка из трех центральных скважин 186, 01в и 020в с суммарным дебитом $950 \text{ м}^3/\text{сут}$. В результате такого «просвечивания» габбрового массива гидравлическим возмущением были подтверждены субмеридиональное простираание водоносной зоны тектонической милонитизации и практически пренебрежимо малые понижения в слабодопроницаемых блоках пород региональной трещиноватости. Схема гидроизогипс воронки депрессии подземных вод при опытной кустовой групповой откачке хорошо коррелируется со схемой глубин кровли скальных пород (геоэлектрическое поле с удельным электрическим сопротивлением более $1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Глубина тектонического нарушения габбрового массива увеличивается от 40 до 60 м и более в субмеридиональном направлении к Верх-Исетскому тектоническому разлому. Проведение ярусных откачек позволило уточнить падение тектонической зоны дробления.

Кроме того, в результате единовременных замеров температуры подземных вод в скважинах-пьезометрах был установлен ореол теплых подземных вод с температурой более 15°C (при фоновой 7°C) размером около 60 000 м², приуроченный к месту многомесячного аварийного налива горячих вод из теплотрассы в количестве примерно 100 м³/сут. При разгрузке теплых подземных вод водоносной зоны тектонической нарушенности габбрового массива в Городской пруд в конце зимней межени 2008 года во льду реки Исеть образовалась полынья, что можно рассматривать как свидетельство активной взаимосвязи подземных и речных вод. Кроме того, на акватории Городского пруда вблизи полыньи методами гравиразведки и электроразведки была прослежена опережающая тектоническая трещина Верх-Исетского разлома.

Таким образом, гидрогеомеханические исследования габбрового массива позволили установить местоположение и геометрические размеры зоны тектонического нарушения. Водопроницаемость водоносной зоны тектонического нарушения достигает 100 м²/сут, а в слабопроницаемых блоках — на один-два порядка меньше.

При исследованиях петрофизических свойств тектонического нарушения габбрового массива предпочтение было отдано скважинным методам.

Как известно, в условиях техногенного химического и теплового загрязнения геологической среды в центре мегаполисов интерпретация результатов наземных геофизических методов затруднена из-за большого числа переменных [1]. Скорость продольных волн увеличивается с ростом минерализации и с повышением температуры. Определяющее влияние на удельное электрическое сопротивление водонасыщенных пород оказывает также минерализация подземных вод.

В результате проведения инженерно-экологических изысканий применительно к изучаемой площадке проектируемого ДЦЭС под техногенными грунтами были обнаружены линзы минерализованных до 4 г/дм³ подземных вод — своеобразные водные вытяжки из грунтов зоны аэрации, формирующиеся при инфильтрации талых и дождевых вод (при естественной фоновой минерализации подземных вод около 0,4 г/дм³). Кроме того, было закартировано тепловое загрязнение подземных вод вследствие утечки горячих вод из теплотрассы с расходом около 100 м³/сут.

Водопроницаемые интервалы ($K > 1$ м/сут) приурочены к трещинно-жильным коллекторам в хрупких жильных породах, которые по результатам акустического каротажа диагностируются по высоким скоростям продольных волн, гамма-каротажа — по увеличению гамма-фона примерно в три раза, электрокаротажа — по увеличению почти на порядок кажущегося геоэлектрического сопротивления, расходомерии при наливе — по интервалам водопоглощения.

В северной части площадки проектируемого ДЦЭС под 80-этажной башней «Урал» была проведена сейсмотомография, подтвердившая вывод, сделанный по результатам гидрогеомеханических исследований, о наличии тектонического нарушения восточного падения.

В южной части площадки проектируемого ДЦЭС простирается и падение зоны тектонического нарушения наглядно можно проследить при сопоставлении послойных схем-срезов кажущихся геоэлектрических сопротивлений, построенных по данным электрокаротажа.

Анализ результатов применения комплексных геофизических исследований скважин позволяет сделать вывод о целесообразности перемещения проектируемой башни «Урал» за пределы зоны тектонического нарушения, которая к тому же характеризуется несколько повышенным гамма-фоном (хотя и меньше предельно допустимого).

Верх-Исетский тектонический разлом образовался, по-видимому, в позднем палеозое и нег сейсмологических свидетельств, указывающих на его потенциальную активность.

Таким образом, при проектировании ДЦЭС и размещении высотной башни «Урал» целесообразно учитывать геометрию тектонической опережающей структуры Верх-Исетского разлома, а также физико-механические свойства «заполнителя». В условиях тектонической нарушенности Шувакишского габбрового массива проектируемый вариант «ванны» подземного паркинга без эксплуатации дренажных систем имеет высокую стоимость и содержит в себе неоправданные риски для безопасности.

Для защиты проектируемого глубокого строительного котлована от поступления привлекаемых ресурсов подземных вод со стороны Городского пруда можно соорудить инфильтрационный водозабор в водоносной



Рис. 2. Вид строительного котлована под проектируемую башню «Исеть»

зоне трещинно-жильных вод (с величиной прогнозных эксплуатационных ресурсов до 2000 м³/сут). В балансовой структуре эксплуатационных ресурсов будут преобладать привлекаемые ресурсы подземных вод долины реки Исеть, которые имеют прогнозируемые качество и температуру (около 7°C). Откачиваемые подземные воды можно использовать в зимний период для теплоснабжения, а в летний — для охлаждения помещений высотных зданий, тем самым экономя электроэнергию. В настоящее время за право подключения к городскому водопроводу взимается плата ЕМУП «Водоканал» в размере около 150 тыс. руб. за 1 м³ воды. Следовательно, эксплуатация защитного инфильтрационного водозабора может быть экономически более эффективной, если использовать откачиваемую воду для водоснабжения и энергосбережения.

Список литературы

1. Миндель И.Г., Севостьянов В.В., Трифонов Б.А., Рагозин Н.А. Геофизические методы при инженерно-геологическом и геотехническом обосновании высотного строительства в Москве: Труды Международной конференции по геотехнике «Развитие городов и геотехническое строительство» / под ред. В.М. Улицкого. Том 3. Санкт-Петербург, 2008. С. 325–330.
2. Скалин А.В. Гидрогеомеханические исследования интрузивных массивов при обосновании высотного строительства // Геоэкология. 2009. № 3. С. 271–278.