

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В г. ЕКАТЕРИНБУРГЕ

ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF HIGH-RISE CONSTRUCTION IN YEKATERINBURG

ДУБЕЙКОВСКИЙ С.Г.

Заместитель директора ООО «НИЦ «СтройGeoСреда»», д.г.-м.н., г. Екатеринбург

ОВЕЧКИНА О.Н.

Начальник отряда инженерной геологии ООО «НИЦ «СтройGeoСреда»», г. Екатеринбург, ovechkina_o@e1.ru

DUBEYKOVSKY S.G.

The deputy director of the Research and Survey Center «StroyGeoSreda» Ltd., doctor of geological-mineralogical sciences, Yekaterinburg

OVECHKINA O.N.

The chief of the engineering geology party of the research and survey center «StroyGeoSreda» Ltd., Yekaterinburg

Ключевые слова:

высотное строительство; нормативно-методическая база; элювиальные грунты; полевые опытные работы; pressiometрия; геофизические исследования; сейсмический профиль; сейсмическое просвечивание; инженерно-геологический элемент; модуль общей деформации; угол внутреннего трения; удельное сцепление.

Key words:

high-rise construction; normative-methodical base; eluvial soils; field trials; pressiometry; geophysical investigations; seismic profile; seismic raying; geotechnical unit; general deformation modulus; angle of internal friction; specific cohesion.

Аннотация

В статье рассматриваются инженерно-геологические условия высотного строительства в г. Екатеринбурге на основе результатов комплексных инженерных изысканий для строительства многофункционального высотного комплекса «Антей» (на стадии рабочей документации).

Инженерно-геологическая изученность Уральского региона достаточно высока. Это определяется более чем 300-летней разработкой месторождений полезных ископаемых, строительством горно-металлургических комбинатов, железных дорог, городов, предприятий ядерной энергетики и оборонной промышленности. Результаты региональных инженерно-геологических исследований отражены в книгах [1, 14].

Интенсивное хозяйственное освоение региона предполагает освоение территорий со все более сложными инженерно-геологическими условиями, которых раньше строители избегали. Поэтому приходится сталкиваться с новыми факторами, влияющими на условия строительства и безопасность эксплуатации сооружений [2, 6]. Необходимо также учитывать насыщенность региона многочисленными объектами недропользования, оказывающими масштабное техногенное воздействие на геологическую среду.

В этих условиях высотное строительство, стремительно развивающееся на Урале, требует глубокой и всесторонней оценки всего комплекса факторов инженерно-геологических условий, сформировавшихся в результате длительной и сложной истории его геологического развития. К таким факторам следует отнести, прежде всего, активную динамику инженерно-геологических структур, с которой связаны серьезные деформации многочисленных сооружений. Особое внимание следует уделять оценке напряженного состояния линеаментов, сформировавшихся вдоль зон активных тектонических разломов.

Гидрогеомеханические исследования интрузивных массивов при обосновании высотного строительства в г. Екатеринбурге [7] свидетельствуют об их геофильтрационной анизотропии, что необходимо учитывать при дренаже глубоких строительных котлованов под многоуровневые подземные паркинги. Для Екатеринбурга была выявлена возможная компрессия грунтов

Abstract

The article discusses the engineering-geological conditions of high-rise construction in Yekaterinburg on the basis of the integrated engineering survey results for constructing the «Antey» high-rise multifunctional complex (on the work paper stage).



в условиях водопонижения при строительстве метрополитена [13].

Исследования, выполненные на площадке строительства делового центра «Екатеринбург-Сити», выявили масштабные утечки из тепловых коммуникаций, что привело к образованию ореола (60×300 м) теплых вод с температурой более 15°C при фоновой 7°C. В одной из скважин на этом участке была зафиксирована максимальная температура 24,5°C на глубине 30,5 м [7].

Действующие нормативно-технические документы, регулирующие инженерные изыскания, проектирование и строительство, распространяются на жилые здания высотой менее 75 м и на общественные здания высотой до 50 м. Несмотря на это, высотное строительство набирает темпы, что меняет облик городов и подходы к архитектурно-планировочным решениям, которые должны отвечать требованиям не только комфортности, но и безопасности строительных объектов. При этом отсутствие необходимой нормативно-методической базы для изысканий, проектирования и высотного строительства создает проблемы при обеспечении безопасности возводимых сооружений.

Временный выход из создавшейся ситуации был найден в г. Москве, где еще в 2007 г. был разработан необходимый методический документ для проектирования и устройства оснований, фундаментов и подземных частей многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов [5].

Приказом № 624 Минрегионразвития РФ от 30 декабря 2009 г. был утвержден перечень видов работ по инженерным изысканиям, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства. В соответствии с ним в состав инженерно-геологических изысканий в т.ч. входят: выполнение лабораторных исследований с определением характеристик грунтов для конкретных схем расчета оснований фундаментов, физическое и математическое моделирование взаимодействий зданий и сооружений с геологической средой и специальные исследования характеристик грунтов по отдельным программам для нестандартных (в т.ч. нелинейных) методов расчета оснований фундаментов и конструкций зданий и сооружений. Положения Приказа № 624 предполагают необходимость достаточно тесного взаимодействия проектировщиков и изыскателей.

На Урале при выполнении инженерных изысканий для высотного строительства ориентируются на технические задания, подготовленные проектировщиками, имеющими опыт проектирования высотных сооружений, с учетом общих требований действующих нормативных документов [8, 10, 11].

В данной статье рассматриваются результаты комплексных инженерных изысканий, выполненных для строительства в г. Екатеринбурге многофункционального высотного комплекса «Антей» высотой до 185,3 м (рис. 1) на стадии рабочей документации.

В структурном отношении участок изысканий относится к восточному крылу Свердловского синклинария, осложненному вертикальными и крутопадающими (на запад) сбросами [9]. К зонам разломов приурочены линзообразные тела серпентинитов, дайки

гранит-аплитов и кварцевые жилы. По тектонически ослабленным зонам развиты линейные коры выветривания.

В геологическом отношении строительная площадка находится в зоне контакта сланцев кировоградской свиты (S_{1w}) с тальк-карбонат-хлоритовыми породами и серпентинитами (D_{2,3}). Простираение пород кировоградской свиты является субмеридиональным, падение — западным, под углом 60–70°.

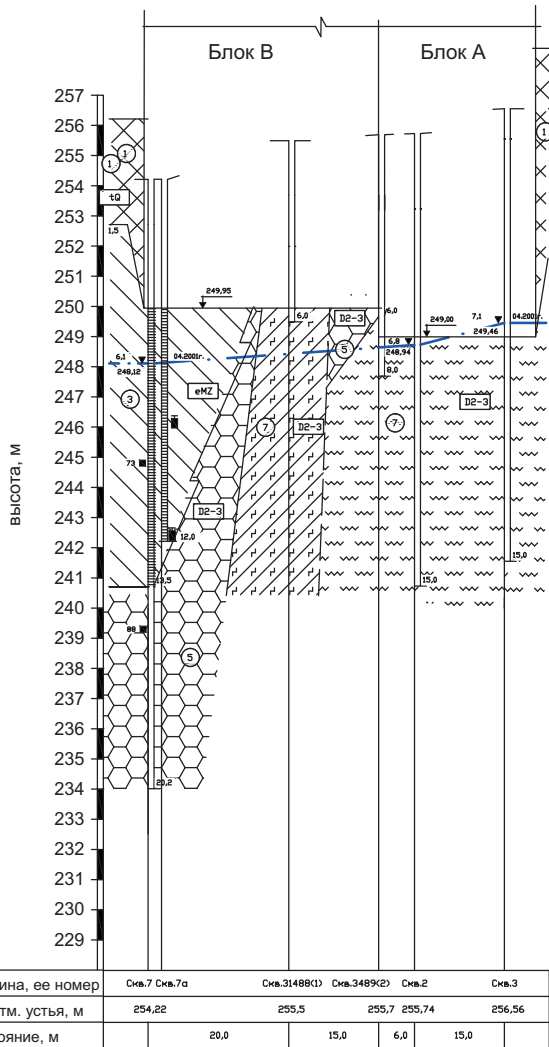
В основании инженерно-геологического разреза площадки развиты скальные грунты различной степени выветрелости (низкой и пониженной прочности, малопрочные и средней прочности), которые вверх по разрезу переходят в дресвяно-щебенистые и суглинистые. Завершают разрез делювиальные суглинки и техногенные насыпные грунты.



Рис. 1. Здание блока Е многофункционального высотного комплекса «Антей»

Инженерно-геологический разрез по линии 2 - 2

контур существующего здания

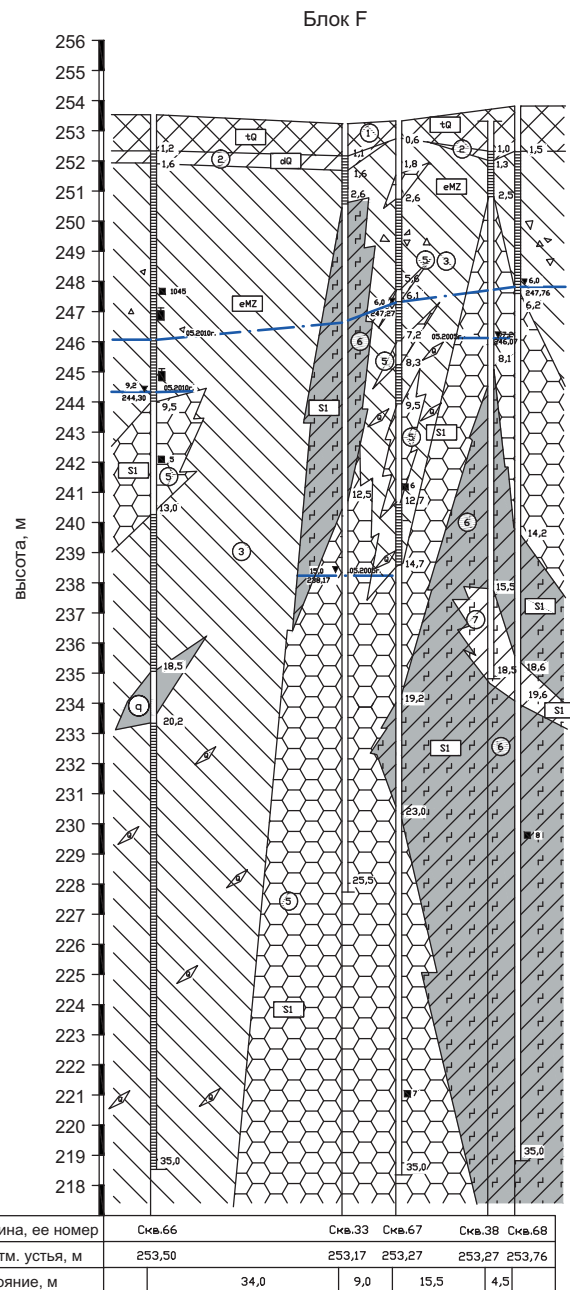


УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- Насыпной грунт: асфальт, суглинок, щебень, строительный мусор (обломки бетона, кирпичи, скальный грунт, гвозди, металл, кости, уголь)
- Суглинок делювиальный коричневый твердой и полутвердой консистенции
- Суглинок элювиальный коричневого, желтого, серовато-коричневого, красного, зеленого цвета, твердой и полутвердой консистенции, на отдельных участках щебенистый (обломков до 30%), сохранивший структуру коренных пород
- Древесно-щебенистый грунт серовато-коричневого, зеленовато-желтого цвета, с твердым супесчаным и суглинистым заполнителем до 45%. Обломки от сильно-до слабовыветрелых
- Сланцы желтовато-серого, зеленого, зеленовато-коричневого, коричневого цвета, низкой и пониженной прочности, сильно-выветрелые, сильнотрещиноватые, со следами ожелезнения и суглинистым заполнителем по трещинам
- Сланцы зеленовато-серого, темно-серые, коричневые, малопрочные, выветрелые, сильнотрещиноватые
- Серпентиниты серые, коричневатые, серые, малопрочные, выветрелые, сильнотрещиноватые
- Сланцы зеленовато-серого, коричневые, средней прочности, слабовыветрелые, сильнотрещиноватые
- Серпентиниты серые, зеленовато-серые, средней прочности, слабовыветрелые, трещиноватые
- Жила кварца, разрушенного до состояния щебня

Инженерно-геологический разрез по линии 24 - 24

контур проектируемого здания



- ① Номер инженерно-геологического элемента
 - Установившийся уровень подземных вод, м. Дата замера
6,0 у 05.10.247,76
 - ▲ Абс. отметка установившегося уровня
 - Место отбора проб грунта ненарушенной структуры и скального грунта
 - ▲ Место отбора проб грунта ненарушенной структуры
 - Место испытания грунта pressiометром
- Консистенция глинистых грунтов
- твердая
 - полутвердая
- Абс. отметка глубины заложения фундаментов, м

Рис. 2. Инженерно-геологические разрезы



В техническом задании проектного бюро «Грачев и партнеры» были четко сформулированы основные задачи инженерных изысканий, определена глубина выработок, обоснована целесообразность выполнения геофизических исследований для уточнения положения кровли скальных грунтов и границ «карманов» выветривания. В задании было предложено выполнить обобщение всей информации по площадке и прилегающим зданиям.

Результаты изысканий и материалы прошлых лет (всего по 129 скважинам) показали высокую изменчивость инженерно-геологического разреза площадки исследований как в плане, так и по глубине.

Серпентиниты средней прочности в восточной части площадки были вскрыты скважиной 4 на глубине 1,8 м, что соответствует абсолютной отметке 254,62 м (рис. 2, а). В 27 м к западу скважина 5 была остановлена в элювиальных суглинках на глубине 20,0 м (на

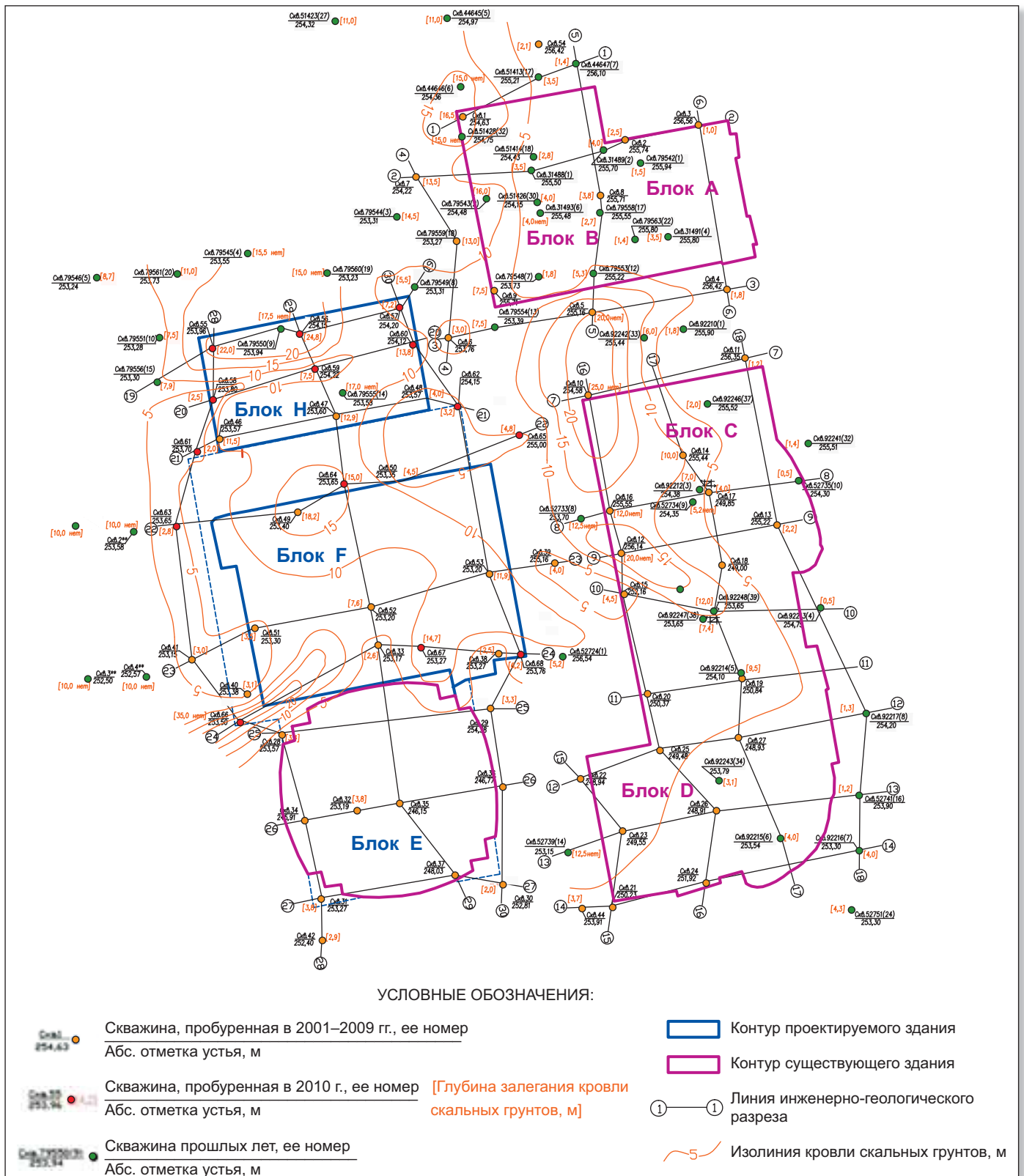


Рис. 3. Карта изолиний глубины залегания кровли скальных грунтов

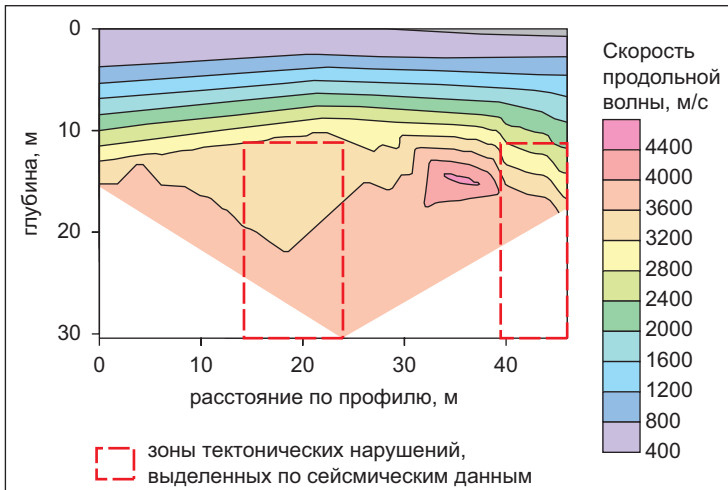


Рис. 4. Изолинии скоростей продольных волн на вертикальном профиле I-I

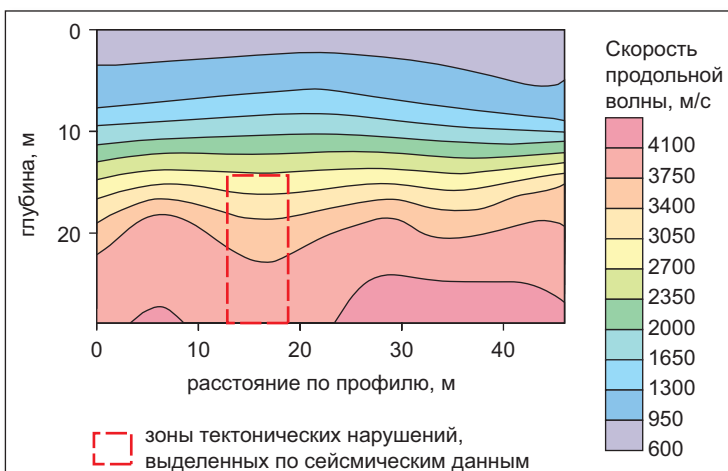


Рис. 5. Изолинии скоростей продольных волн на вертикальном профиле II-II

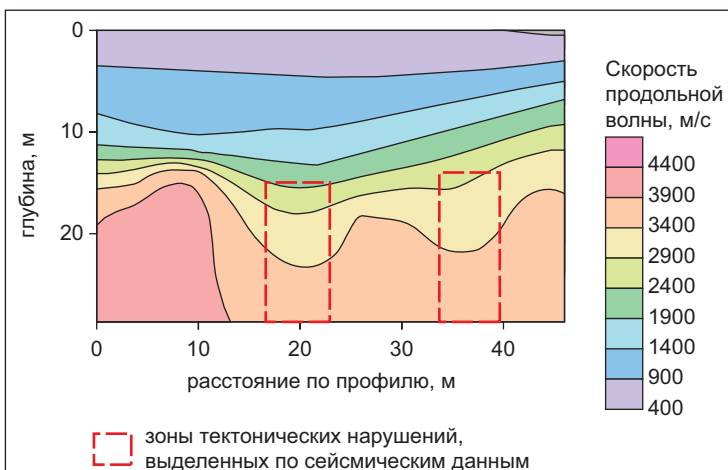


Рис. 6. Изолинии скоростей продольных волн на вертикальном профиле III-III

абс. отм. 235,2 м). Еще через 18 м в скважине 9 в интервале глубин 7,5–20,0 м были вскрыты сильновыветрелые сильнотрещиноватые тальк-хлоритовые сланцы пониженной прочности. Эти же сланцы были вскрыты скважинами 5 и 5а в интервале глубин 3,6–5,0 м.

Для установления положения кровли скальных грунтов (одного из ведущих факторов для обоснования

вания типа фундамента) на последнем этапе изысканий была сгущена сеть разведочных скважин, увеличена их глубина (до 35 м) и выполнены геофизические работы.

На карте изолиний глубины залегания кровли скальных грунтов (рис. 3) видно ее общее погружение на запад от абсолютной отметки 255,6 м до отметки 240,8 м. На этом общем фоне наблюдаются участки резкого погружения кровли скальных грунтов (например, в скв. 66 — ниже 218,5 м; в скв. 56 — ниже 229,4 м, в скв. 51428 — ниже 239,8 м).

Геофизические исследования методом сейсмического профилирования позволили установить тектонические зоны, отвечающие положениям линейных кор выветривания. Они четко выделяются в следующих интервалах: 14–24 м для сейсмического профиля I-I; 13–19 м для профиля II-II; 17–23 и 34–40 м для профиля III-III (рис. 4–6).

Геофизические исследования позволили установить, что скорость продольной волны (V_p) при переходе через границу раздела между элювиальными суглинками, сохранившими структуру коренных пород, и скальными грунтами пониженной и низкой прочности (рухляками) становится равной 2400 м/с. При переходе через границу между скальными грунтами малопрочными и средней прочности наблюдалось увеличение V_p до 3000 м/с. Положение уровня грунтовых вод отмечалось изменением V_p до значений 1200–1400 м/с.

Результаты геофизических исследований в целом отвечали данным буровых работ, отраженным на инженерно-геологических разрезах. Вместе с тем сопоставление полученной геофизической информации и результатов инженерных изысканий показало недостаточную эффективность традиционных геофизических методов для оценки структурно-тектонических особенностей строительных площадок. Основной причиной этого является использование методик, разработанных для относительно простых слоистых сред [3].

С помощью сейсмического профилирования в варианте реконструктивной томографии на участках строительства блоков F и H рассматриваемого объекта были получены картины двумерного распределения скоростей продольных волн (горизонтальные срезы) на глубинах 8–10 и 4–6 м (рис. 7, 8). Определенную информацию для обоснования типов фундаментов дает и карта горизонтального среза на глубине 11,0–15,0 м (на абс. отм. 240,0 м) (рис. 9). В пределах контуров проектируемого блока H (40-этажного здания) и блока F (8-этажного здания) прослеживаются сланцы низкой и пониженной прочности, серпентиниты малопрочные. Однако в северо-западной части площадки блока H и в юго-западной части участка блока F прослеживаются «языки» элювиальных суглинков, что требует принятия оригинальных технических решений, обеспечивающих равномерную осадку фундаментов этих сооружений.

Карта, представленная на рис. 9, подчеркивает высокую изменчивость инженерно-геологического разреза площадки изысканий. На фоне распространения скальных грунтов различной степени выветрелости прослеживаются глубокие карманы, сложенные элю-

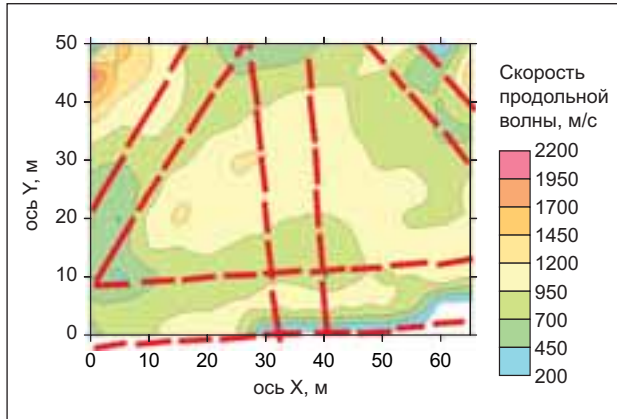


Рис. 7. Двумерное изображение (горизонтальный срез) распределения скоростей продольных волн на глубине 8–10 м по результатам сейсмотомографии на участке строительства блока Ф. Красными линиями показаны зоны тектонических нарушений

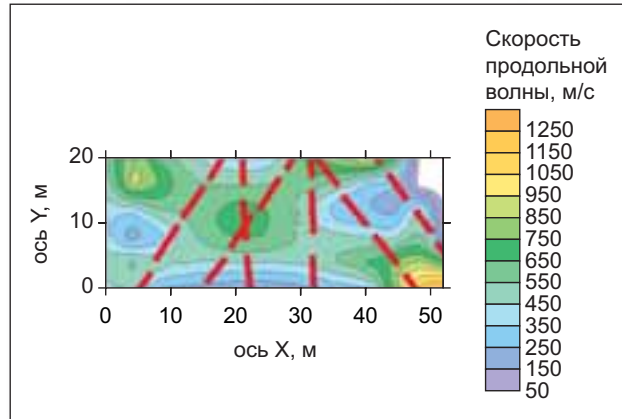


Рис. 8. Двумерное изображение (горизонтальный срез) распределения скоростей продольных волн на глубине 4–6 м по результатам сейсмотомографии на участке строительства блока Н. Красными линиями показаны зоны тектонических нарушений

виальными суглинками. Однако возможность смещения контуров зданий на участки с более благоприятными инженерно-геологическими условиями затруднена, что связано с существующей плотной застройкой и высокой стоимостью земли в этом месте города.

Для расчета устойчивости высотных сооружений важна в т.ч. оценка структурных особенностей грунтов, залегающих в их основании (углов падения ослабленных зон, направлений и трещиноватости даек, элементов залегания грунтов с выраженной текстурой и др.). Такие геофизические методы, как сейсморазведка, каротаж, электроразведка, могут решать эти задачи, однако их точность недостаточно высока. Наиболее надежным методом, с точки зрения авторов, является инструментальная документация дна и стенок котлована, которая позволяет построить трехмерную структурную модель грунтов основания высотного здания и, при необходимости, внести коррективы в конструкцию его фундамента.

При строительстве блока Е высотного комплекса «Антей» глубина котлована составила 7 м. В его стенках и дне была выделена пронизанная жилами кварца тектоническая зона, вытянутая в меридиональном направлении. К западу и востоку от нее были обнаружены скальные грунты пониженной и низкой прочности. Эта зона была учтена в расчете фундамента данного блока высотой 185,3 м.

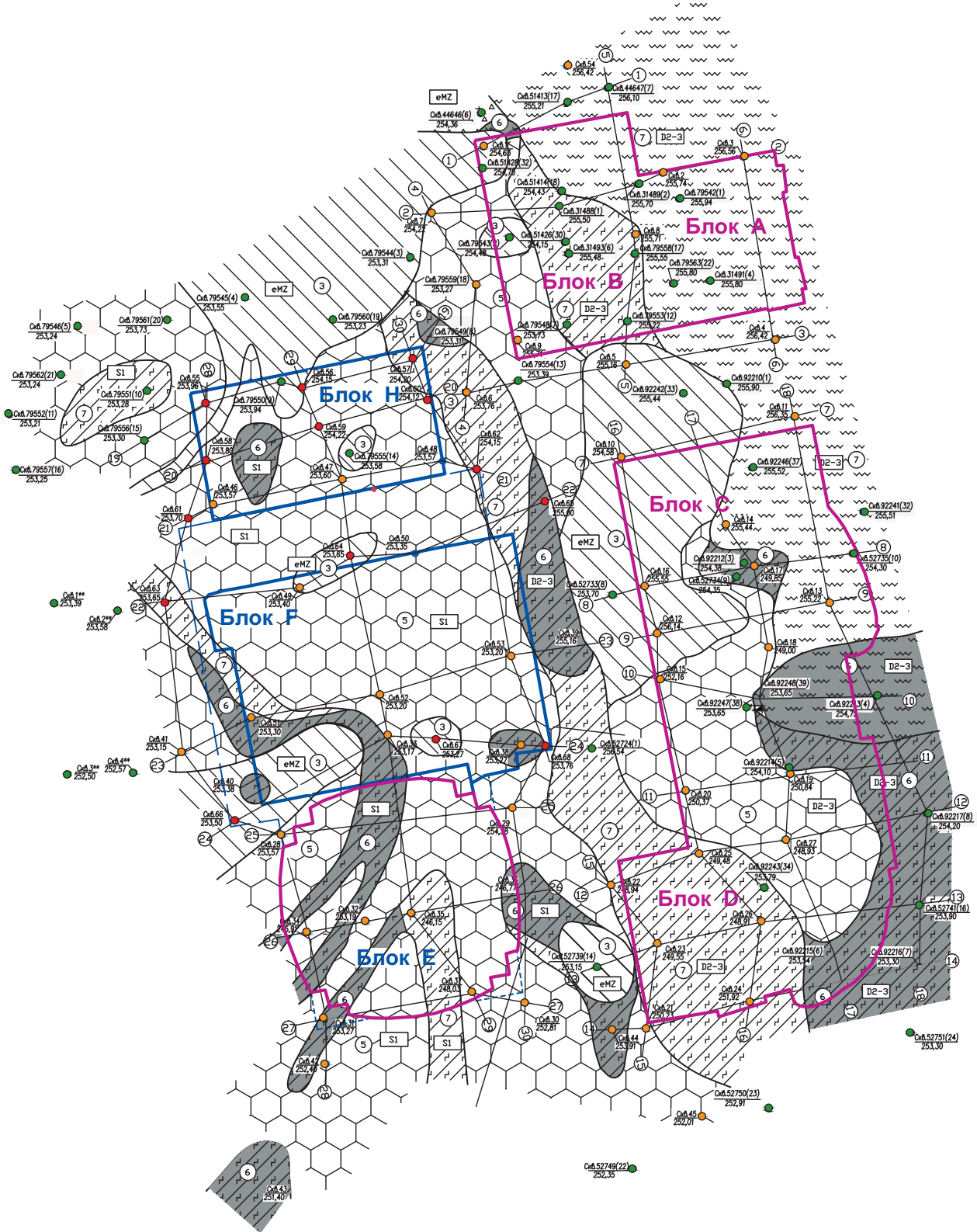
В инженерно-геологическом разрезе строительной площадки высотного комплекса было выделено 7 инженерно-геологических элементов (ИГЭ), физико-механические свойства которых были охарактеризованы в полном объеме (табл. 1).

Суглинок делювиальный (ИГЭ-2) имеет небольшую мощность и залегает выше глубины заложения фундаментов, в зоне сезонного промерзания. В основании комплекса залегают элювиальные суглинки (ИГЭ-3), реже дресвяно-щебенистые грунты (ИГЭ-4) и скальные грунты различной степени выветрелости

Таблица 1

Нормативные и расчетные характеристики физико-механических свойств грунтов*											
Наименование и № ИГЭ	Параметры									Категория грунта по трудности разработки	
	ρ_n , г/см ³	ρ_{II}/ρ_I , г/см ³	φ_n , град.	φ_{II}/φ_I , град.	C^n , МПа	C_{II}/C_I , МПа	E , МПа	R_c^n , МПа	$R_{c,II}$, МПа		
Насыпной грунт (1)	1,98	$R_0 = 0,06$ МПа. Используется только для устройства подкрановых путей. Оставлять в основании зданий и сооружений не рекомендуется									26-а
Суглинок делювиальный (2)	1,95	Не нормируется									35-г
Суглинок элювиальный (3)	1,92	1,91/1,90	25	24/23	0,052	0,049/0,048	15	-	-	35-г	
Дресвяно-щебенистый грунт (4)	2,12	-	33	-	0,051	-	26	-	-	13	
Сланцы низкой и пониженной прочности (5)	2,27	-/2,25	-	-	-	-	-	2,8	2,6	33-а	
Сланцы и серпентиниты малопрочные (6)	2,51	-/2,48	-	-	-	-	-	10,1	9,3	19-б	
Серпентиниты средней прочности (7)	2,62	-/2,59	-	-	-	-	-	31,3	27,6	19-в	

* ρ_n — нормативное значение плотности, г/см³; ρ_I — расчетное значение плотности при доверительной вероятности $a = 0,95$, г/см³; ρ_{II} — расчетное значение плотности при доверительной вероятности $a = 0,85$, г/см³; φ_n — нормативное значение угла внутреннего трения, ° (град.); φ_I — расчетное значение угла внутреннего трения при доверительной вероятности $a = 0,95$, град.; φ_{II} — расчетное значение угла внутреннего трения при доверительной вероятности $a = 0,85$, град.; C^n — нормативное значение удельного сцепления, МПа; C_I — расчетное значение удельного сцепления при доверительной вероятности $a = 0,95$, МПа; C_{II} — расчетное значение удельного сцепления при доверительной вероятности $a = 0,85$, МПа; E — нормативное значение модуля общей деформации, МПа; R_c^n — нормативное значение предела прочности на одноосное сжатие, МПа; $R_{c,II}$ — расчетное значение предела прочности на одноосное сжатие при доверительной вероятности $a = 0,95$, МПа; 0 — расчетное сопротивление грунта, МПа.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- | | | | | | |
|-----|--|--|----|--|--|
| eMz | | Суглинок элювиальный | S1 | | Сланцы и серпентиниты средней прочности, слабовыветрелые, сильнотрещиноватые |
| eMz | | Дресвяно-щебенистый грунт | 3 | | Номер инженерно-геологического элемента |
| S1 | | Сланцы низкой и пониженной прочности, сильновыветрелые, сильнотрещиноватые | | | Контур проектируемого здания |
| S1 | | Сланцы и серпентиниты малопрочные, выветрелые, сильнотрещиноватые | | | Контур существующего здания |
| | | | | | Линия инженерно-геологического разреза |

Рис. 9. Карта горизонтального среза на абсолютной отметке 240,0 м



Таблица 2

(ИГЭ-5, 6, 7). Суглинок элювиальный (ИГЭ-3, еМз) охарактеризован по результатам исследований 57 проб. По гранулометрическому составу в соответствии с таблицей Б.12 ГОСТ 25100-95 такие суглинки относятся к легким и тяжелым пылеватым, а также к тяжелым песчаным. Пределы изменения показателей физико-механических свойств элювиальных суглинков приведены в табл. 2.

Для изучения свойств элювиальных суглинков в условиях естественного залегания на площадке было выполнено 14 определений модуля общей деформации (E) с помощью прессиометрии (прессиометра ПЭВ-89МК). В интервале глубин 6,0–11,5 м значения E менялись от 13,2 до 18,5 МПа (рис. 10).

Испытания элювиальных суглинков статическими нагрузками, проведенные УралТИСИЗом в 1982 г., дали значения модуля деформации от 13 до 17 МПа.

Дресвяно-щебенистый грунт (ИГЭ-4, еМз) с твердым суглинистым и супесчаным заполнителем (до 45%) был охарактеризован по результатам исследований 21 пробы. Количество частиц диаметром более 2 мм в нем колебалось от 52,1 до 90,8%. Испытания на истирание во вращающемся барабане, проведенные УралТИСИЗом в 1982 г., показали изменения коэффициента выветрелости от 0,500 до 0,837 для дресвяного грунта и от 0,500 до 0,593 для щебенистого грунта, что в соответствии с таблицей Б.20 ГОСТ 25100-95 позволяет отнести различные обломки крупнообломочных грунтов к сильновыветрелым, слабывветрелым и невыветрелым. Полевые испытания грунтов (Урал-

Свойство	Значение показателя			Коэф. вариации
	Мин.	Макс.	Нормативн.	
Естественная влажность W , д. ед.	0,087	0,352	0,237	0,28
Влажность на границе текучести W_L , д. ед.	0,270	0,524	0,411	-
<i>Влажность на границе</i>				
раскатывания W_p , д. ед.	0,160	0,378	0,284	-
Число пластичности J_p , д. ед.	0,073	0,180	0,127	-
Показатель текучести J_L	< 0	0,20	-	-
Плотность ρ , г/см ³	1,54	2,18	1,92	0,05
Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	2,67	2,92	2,81	0,02
Пористость n , %	34,4	51,6	45,1	0,09
Коэффициент пористости e	0,526	1,066	0,835	0,15
Коэффициент водонасыщения S_r , д. ед.	0,310	1,000	0,801	-
Удельное сцепление C , МПа	0,030	0,082	0,054	0,25
Угол внутреннего трения ϕ , град.	15	31	25	0,19
Компрессионный модуль деформации при естественной влажности E , МПа	3,6	10,1	5,8	0,30

ГЕОТЕХНИКА

Международный журнал
для изыскателей,
проектировщиков и строителей



Цель журнала —
знакомство российских специалистов
с передовым отечественным
и зарубежным опытом
в области геотехники

Периодичность в 2012 году:
6 номеров
Стоимость годовой подписки:
3900 рублей
info@geomark.ru

Реклама

Приложение	
Лист №	

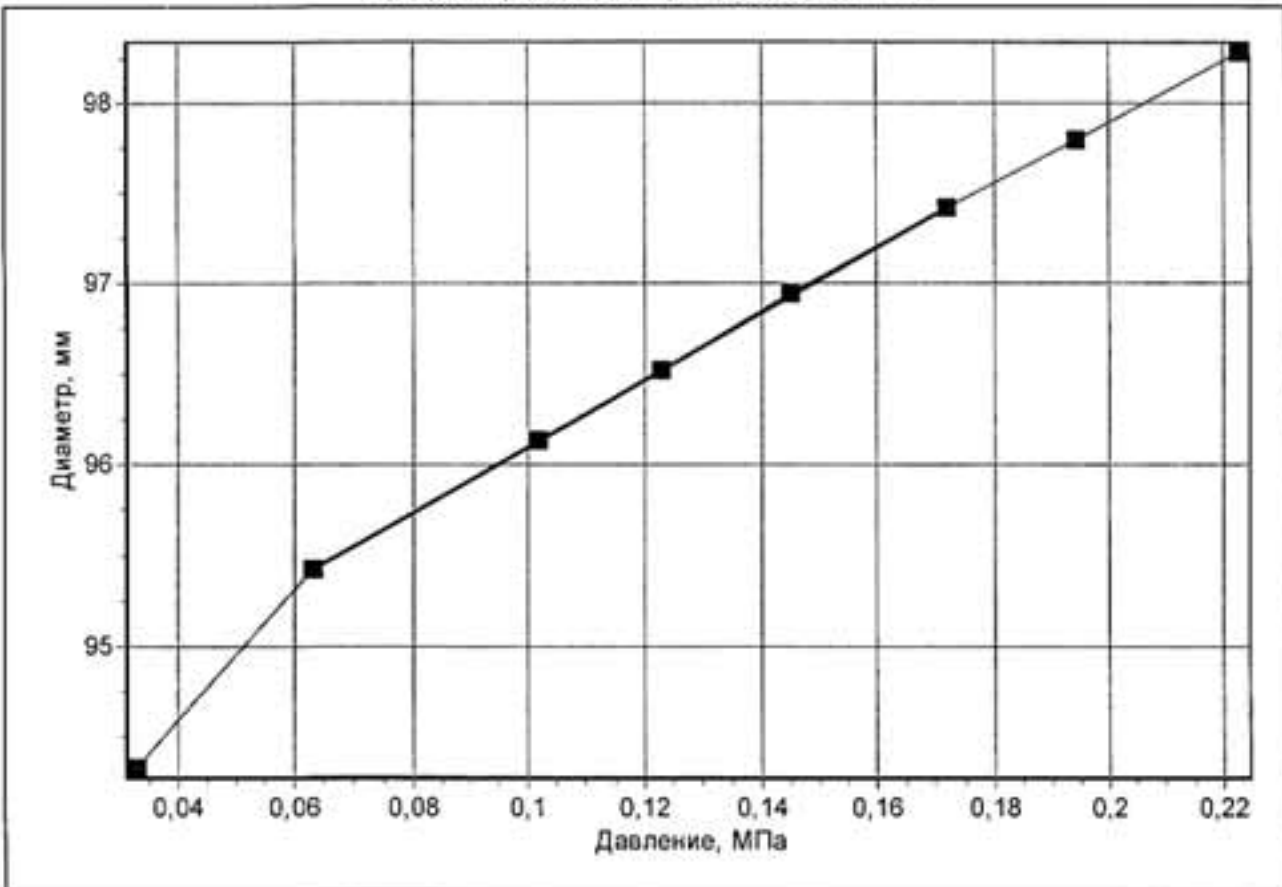
Паспорт прессиометрического опыта

Объект: Многофункциональный высотный комплекс по ул. Малышева в г. Екатеринбурге
 Опыт: 38 Дата проведения опыта: 21.05.2010
 Привязка: Схв.66
 Идентификатор комплекта: 26 - ПЗВ-89МК

Условия опыта:

Глубина испытания, м	6,80	Время усл. стабилизации, мин	6
Режим испытания	Быстрый	Интервал отсчетов, мин	2
Вид грунта	Суглинок	Схема нагружения	Нагрузка
Начальная ступень, кПа	97	Шаг нагружения, кПа	25,0
Критерий стабилизации, мм	0,20		

График прессиометрического опыта:



Описание грунта:

Результаты расчета:

Корректирующий коэффициент по ГОСТ 20276-99 (прил. К) K_r : 3

Расчетные значения параметров	D_i , мм	Δd , мм	Δp , МПа	E , МПа
Нагрузка	95,43	1,99	0,109	15,70
Разгрузка	-	-	-	-

Исполнитель:	Юртаев А.И.	
Проверил:		

14.07.2010

Стр. 1

Рис. 10. Паспорт прессиометрических испытаний элювиальных суглинков в условиях естественного залегания




ТИСИЗ, 1982 г.) показали изменение модуля общей деформации E_0 от 16 до 31 МПа, удельного сцепления C от 0,040 до 0,051 МПа, угла внутреннего трения j от 32 до 33°.

Свойства скальных грунтов (ИГЭ-5, 6, 7) также приведены в табл. 1. Их плотность и пределы прочности на одноосное сжатие определялись в водонасыщенном состоянии.

Таким образом, результаты анализа имеющегося опыта проведения инженерных изысканий под высотное строительство в г. Екатеринбурге позволяют авторам рекомендовать в дополнение к работам в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (СНиП, МДС) проводить:

- анализ геолого-структурных особенностей строительной площадки (ее положения относительно установленных тектонических разломов, зон активной динамики инженерно-геологических структур, контактов между породами различного генезиса и возраста, зон развития линейных кор выветривания) и количественную оценку степени тектонической нарушенности скальных грунтов;
- учет техногенного воздействия на грунты основания хозяйственной деятельности (утечек из коммуника-

ций, строительства подземных паркингов, метрополитена, дренажных систем и др.);

- составление научной программы инженерных изысканий и ее согласование с проектировщиком (глубина выработок определяется проектировщиком по величине сжимаемой зоны);
- инженерно-геологическое сопровождение высотного строительства и мониторинг состояния сооружений в зоне его влияния;
- инженерно-геологическое картирование стенок и дна котлована для построения трехмерной структурной модели грунтов основания высотных сооружений;
- построение карт горизонтальных срезов грунтов по глубинам (отметкам), предложенным проектировщиком;
- построение карты глубины залегания кровли скальных грунтов;
- выполнение геофизических исследований для установления положения тектонически ослабленных зон, оценки потенциальной сейсмичности и проведения сейсмического микрорайонирования;
- выполнение комплекса полевых опытных работ со дна котлована (штамповые, прессиометрические испытания, испытания грунтов на сдвиг, статическое зондирование). 

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев В.П., Печеркин И.А., Неизвестнов Я.В. и др. Инженерная геология СССР: Урал, Таймыр и Казахская складчатая страна. М.: Недра, 1990. 408 с.
2. Гуляев А.Н., Дубейковский С.Г. Современная геодинамика инженерно-геологических структур Среднего Урала // Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии: труды Международной научной конференции. М.: Изд-во МГУ, 2010. С. 180–182.
3. Дружинин В.С., Пустовалов Н.А., Демина А.Ю. и др. Геолого-геофизические исследования скальных грунтов при высотном строительстве (на примере г. Екатеринбурга) // Инженерные изыскания. 2009. № 4. С. 34–40.
4. Дубейковский С.Г., Бодин В.В., Овечкина О.Н., Юртаев А.И. Особенности инженерно-геологического строения элювиальных грунтов Урала // Инженерная геология. 2010. № 2. С. 36–40.
5. МДС 50-1.2007. Проектирование и устройство оснований, фундаментов и подземных частей многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов. М.: ФГУП «НИЦ «Строительство»», 2007. 15 с.
6. Сацурин А.Д., Боликов В.Е. Геодинамический фактор риска аварий и катастроф в комплексном освоении подземного пространства г. Екатеринбурга // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений: труды Международной конференции. Екатеринбург, 2004. С. 90–93.
7. Скалин А.В. Гидрогеомеханические исследования интрузивных массивов при обосновании высотного строительства // Геоэкология. 2009. № 3. С. 271–278.
8. СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: Минстрой России, 1996.
9. Составление схематической карты неблагоприятных (потенциально-аварийных) в инженерно-геологическом отношении участков геологической среды для линий подземных коммуникаций и сооружений территории Муниципального образования «город Екатеринбург» масштаба 1: 25 000 / Отчет о научно-исследовательской работе. Екатеринбург: Изд-во ГОУ НПП «УралСейсмоЦентр», 2006.
10. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 1: Общие правила производства работ. М.: Госстрой России, 1999.
11. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 3: Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. М.: Госстрой России, 2000.
12. Тагильцев С.Н., Осипова А.Ю., Лукьянов А.Е. Исследование геодинамической активности геологической среды г. Екатеринбурга // Актуальные вопросы инженерной геологии и экологической геологии: труды Международной научной конференции. М.: Изд-во МГУ, 2010. С. 183–184.
13. Яровой Ю.И. Прогноз деформаций земной поверхности и защита городской застройки при строительстве метрополитенов на Урале. Екатеринбург: Изд-во УрГАПС, 1999. 258 с.
14. Syrokomy J.V., Dubeikovskiy S.G., Pschenichnikov K.G. Engineering geology of the earth mountain structures of the Urals // Nauka publishers. Moscow, 1989. P. 246.