

## НЕОДНОРОДНОСТЬ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТОВ КАК ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗДАНИЙ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

УДК: 551.2 - 551.3

ББК: 26.3+85.11

Идентификационный номер Информрегистра: 0421100020\0071

### Гуляев Александр Николаевич

старший научный сотрудник лаборатории сейсмометрии  
Институт геофизики УрО РАН,  
г. Екатеринбург, Россия



### Осипова Анастасия Юрьевна

кандидат геолого-минералогических наук,  
младший научный сотрудник лаборатории сейсмометрии,  
Институт геофизики УрО РАН,  
г. Екатеринбург, Россия



### Щапов Владислав Анатольевич

доктор геолого-минералогических наук,  
старший научный сотрудник лаборатории ядерной геофизики  
Института геофизики УрО РАН  
г. Екатеринбург, Россия



### Аннотация

*Результаты выполненных в 2010 году геофизических исследований позволяют предположить наличие крупных зон деформации верхней части земной коры под аварийным отселенным жилым девятиэтажным домом № 6 на ул. Мусоргского в Екатеринбурге, в которых породы обладают пониженной прочностью и по которым могут активно циркулировать подземные воды. Над этими зонами произошла аномальная осадка здания, результатом которой явились деформация и повреждение его. Этого можно было бы избежать, выполнив на площадке намеченного строительства в процессе инженерно-геологических изысканий в 1979 году опережающие геофизические исследования. Неоднородность грунтов по составу, генезису, физико-механическим свойствам в основании фундаментов инженерных объектов Среднего Урала, обусловленная сложным геолого-тектоническим строением верхней части земной коры региона в сочетании с его суровым климатом, представляется основной причиной их повреждений.*

### Ключевые слова:

*грунты, фундаменты, вертикальные электрозондирования, спектральная сейсморазведка, георадарные зондирования*

---

Верхняя часть земной коры Екатеринбурга характеризуется высокой степенью неоднородности слагающих ее грунтов и пород. Это обусловлено достаточно сложным геолого-тектоническим строением палеозойских пород, на которых построен город. Они представлены метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами, вмещающими интрузии перидотитов, габбро, гранитоидов, дайки гранит-

аплитов, тела серпентинитов и тальк-карбонатных пород [1]. Верхняя часть земной коры на территории Екатеринбурга нарушена большим числом трещин, разломов и трещиноватых зон [1,2]. В мезозойско-кайнозойское время в верхней части разреза палеозойских пород сформировался чехол коры выветривания, представленный рухляками (выветрелыми коренными породами очень низкой и пониженной прочности), переходящими вверх по разрезу в щебенисто-дресвянистые грунты, сапролиты и элювиальные суглинки [4,5]. Средняя мощность чехла коры выветривания на территории Екатеринбурга оценивается порядка 2,5-5,0 м [4,5], но имеются карманы выветривания глубиной более 25 м, развившиеся по реликтовым зонам деформации верхней части земной коры, тектонизированным контактам пород разного состава и генезиса. Многие из этих зон вмещают кварцевые жилы, дайки гранит-аплитов, по контактам которых часто развиваются зоны каолинизации и явления псевдокарста [3].

Неучет неоднородностей геологического строения верхней части земной коры в случае их попадания в интервалы между пробуренными при инженерно-геологических изысканиях скважинами (пропуск цели) могут привести в будущем к повреждениям инженерных сооружений вследствие их неравномерной осадки, развития в основании фундаментов явлений псевдокарста и суффозии.

В качестве примера можно привести аварийный и в настоящее время отселенный 9-этажный жилой дом № 6 на ул. Мусоргского в жилом массиве Вторчермет Екатеринбурга, который был сдан в эксплуатацию в самом начале 80-х годов XX века. Опережающая геофизика при проведении инженерно-изыскательских работ трестом УралГИСИЗ в 1979 году на площадке намеченного строительства дома не выполнялась. Изыскательские скважины были пробурены с шагом порядка 30 м. В последующее время вследствие неравномерной и аномально высокой просадки фундамента дома в центральной его части и его западной секции возникли повреждения стен (особенно северной стены) и внутренних помещений (рис.1а,б). В 2000 году на площадке расположения дома ОАО «Николай – ИнГео» были выполнены дополнительные инженерно-геологические изыскания с целью оценки причин повреждения дома. По результатам этих исследований было высказано предположение, что причиной повреждения дома могли быть неблагоприятные процессы в элювиальных грунтах (грунтах чехла коры выветривания) в основании фундамента, которые могли возникнуть вследствие их вымачивания, замораживания и последующего оттаивания в процессе строительства. В 2007- 2008 годах дом был отселен.

В 2010 году с целью детальной оценки геолого-тектонической обстановки на площадке дома нами



Рис.1а. Зоны деформации северной стены дома в центральной части дома между вторым и третьим подъездами.



Рис.1б. Зоны деформации северной стены в западной части дома.

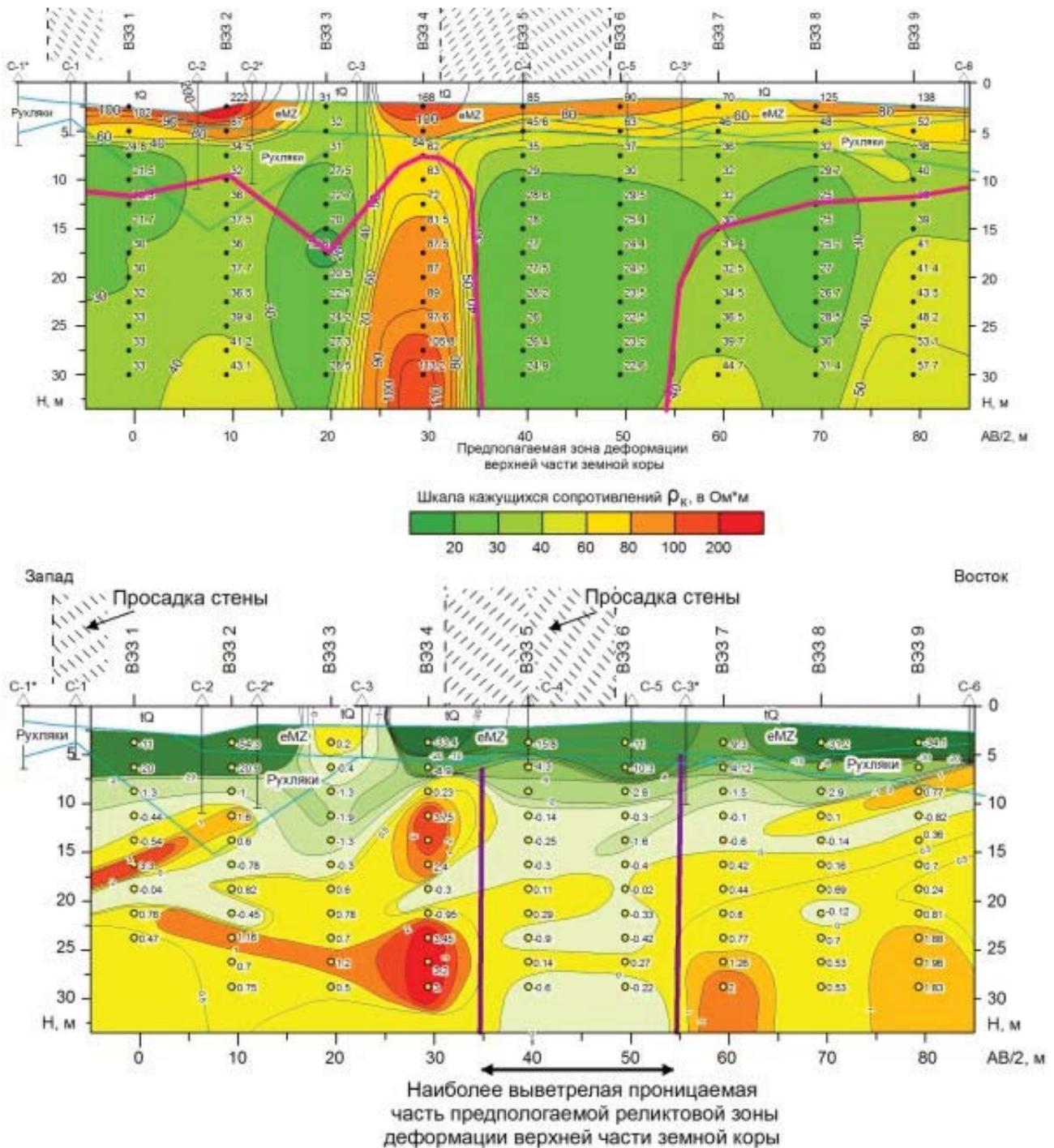


Рис. 2. Профиль ВЭЗ вдоль северной стены дома № 6 на ул. Мусоргского в Екатеринбурге. Разрезы: а) наблюдаемых кажущихся электросопротивлений (верхний чертеж). Лиловая линия – предполагаемая по данным ВЭЗ подошва малопрочных сильновыветрелых порфиров; б) градиентов кажущихся сопротивлений по АВ/2 (нижний чертеж). Характеризует распределение удельных электросопротивлений. Составил: Гуляев А.Н., компьютерная обработка и графика Осипова А.Ю., Осипов В.Ю., Институт геофизики УрО РАН, 2011 г.

были выполнены вертикальные электроразведки (ВЭЗ) с шагом между точками зондирования 10 м, с шагом полуразносов питающей линии АВ = 2,5 м и длиной полуразносов питающей линии АВ = 30 м по двум профилям вдоль северной и южной стен дома на расстоянии от стен порядка 7-5 м, а также параметрические ВЭЗ с шагом полуразносов 1 м и длиной полуразносов питающей линии АВ 15 м на 7 пробуренных ранее изыскательских скважинах.

Кроме того, вдоль северной и южной стен дома были выполнены георадарные зондирования (Носкевич В.В, Институт геофизики УрО РАН, Мельник В.В., Замятин А.Л., Институт горного дела УрО РАН) и наблюдения методом спектральной сейсмометрии с шагом 5 м (Мельник В.В., Замятин



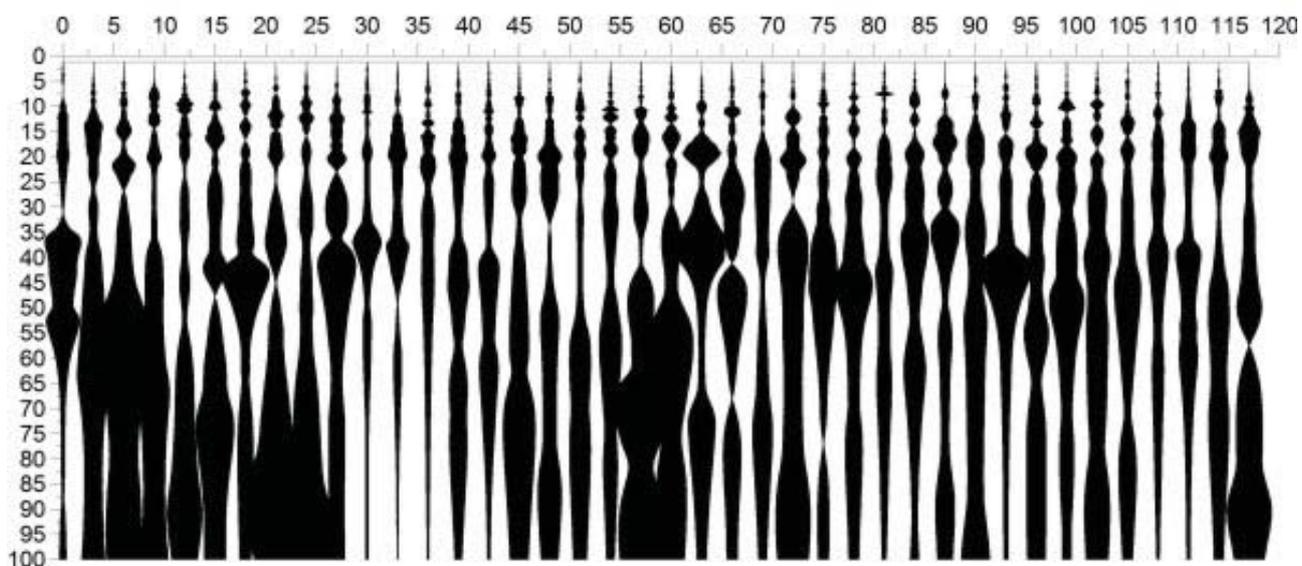


Рис. 4. Разрез по данным спектральной сейсморазведки вдоль северной стены дома на ул. Мусоргского, 6, профиль 2. Запад слева, восток справа. Выполнили: Мельник В.В., Замятин А.Л., Институт горного дела УрО РАН, 2010 г.

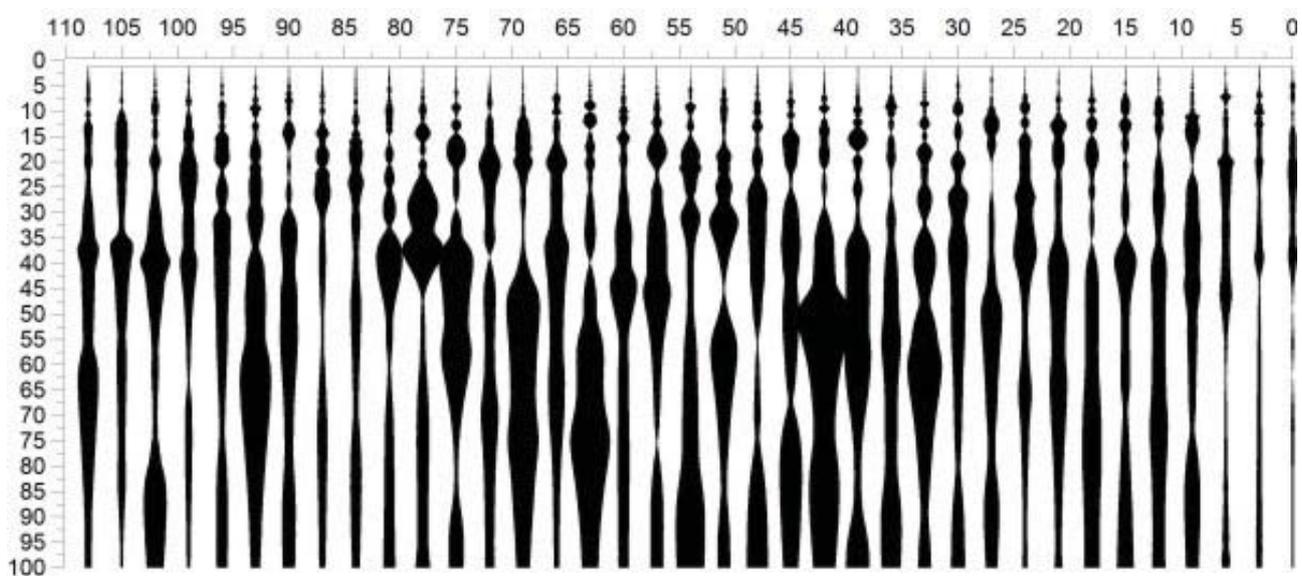


Рис.5. Разрез по данным спектральной сейсморазведки вдоль южной стены дома на ул. Мусоргского, 6, профиль 3. Запад слева, восток справа. Выполнили: Мельник В.В., Замятин А.Л., Институт горного дела УрО РАН, 2010 г.

крупных V-образных элементов (рис.4, 5). На разрезах георадарных зондирований эти структуры отчетливо не проявлены (рис. 6).

Признаком наличия реликтовой обводненной зоны деформации верхней части земной коры рассматриваемого участка может являться существование в прежние времена, по свидетельствам старожилов, родника восходящих подземных вод во дворе дома № 6 на ул. Мусоргского, а также относительно пониженные значения плотностей и прочности порфиритов в этой части (скв. 4), по данным инженерно-геологических изысканий, выполненных ОАО «Николай-ИнГео» в 2000 году.

Низкоомная предполагаемая зона деформации верхней части земной коры под центральной частью дома содержит субвертикальное относительно более высокоомное и, возможно, относительно прочное тело (точки ВЭЗ 4 (северная стена) и 11 (южная стена)). Высокоомное тело имеет мощность в несколько метров и находится в интервале между скважинами 3 и 4, 7 и 9 и поэтому при инженерно-геологических изысканиях обнаружено не было. Данное тело можно предположительно отождествить с дайкой гранит-аплитов или кварцевых диоритов, залегающей в реликтовой палеозойской зоне деформации земной коры, сложенной выветрелыми относительно низкоомными малопрочными трещиноватыми породами (порфиритами) – точки ВЭЗ 3,5,6 (рис. 3, 4, 8). Такие тела имеются в верхней части земной коры на территории Екатеринбурга [1,2].

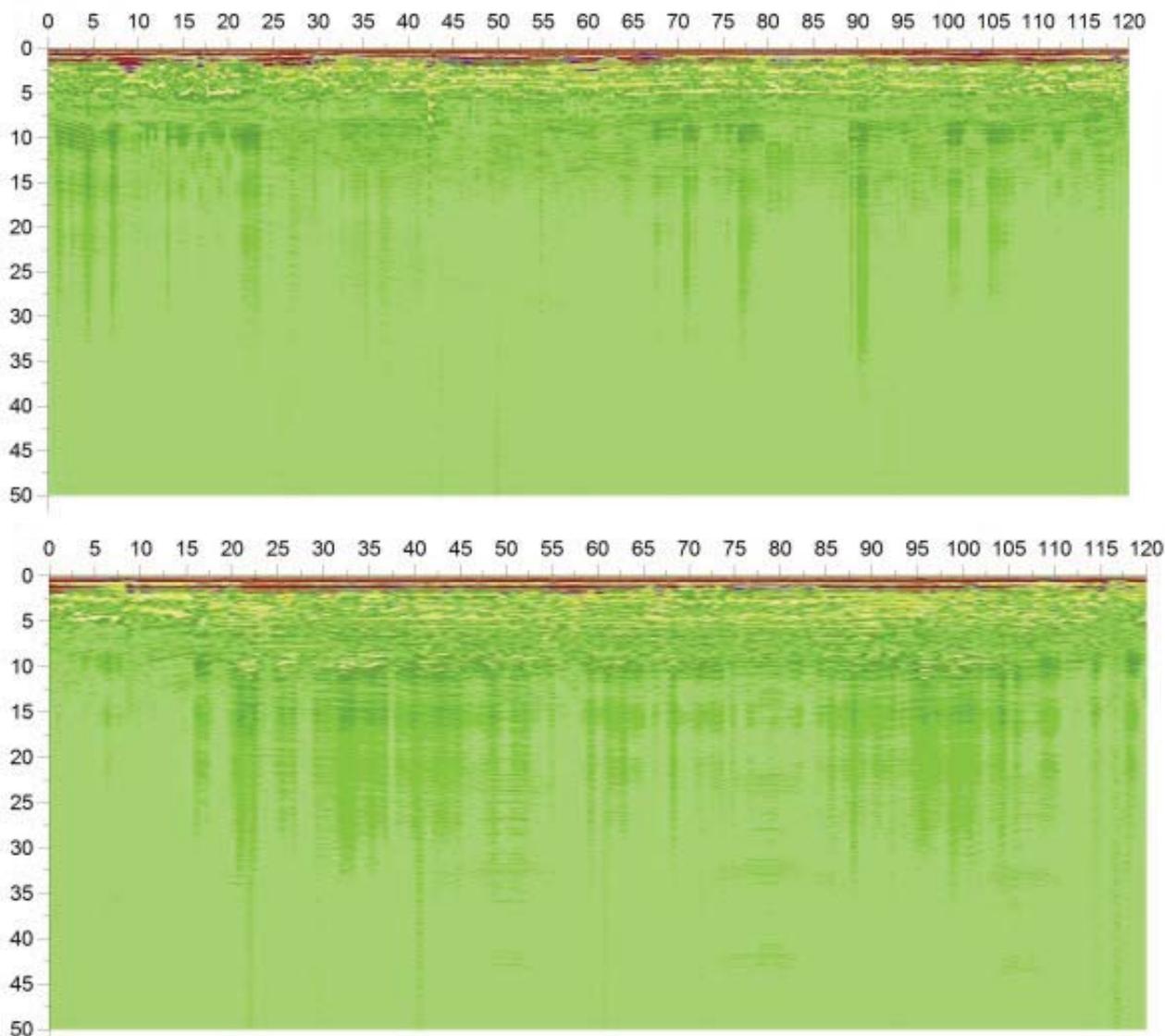


Рис. 6. Разрезы по данным георадарного зондирования по профилям вдоль северной (верхний чертеж, георадарный профиль 2) и вдоль южной стен (нижний чертеж, георадарный профиль 3) дома № 6 на ул. Мусоргского. Запад слева, восток справа. Составили: Мельник В.В., Замятин А.Л., Институт горного дела УрО РАН, 2010 г.

Направление вышеупомянутой низкоомной зоны, предположительно отождествляемой с реликтовой зоной деформации верхней части земной коры, и предполагаемой дайки субмеридиональное север-северо-восточное по азимуту около 30-35 градусов и в общем конкордантно с направлением миграции подземных вод в пределах рассматриваемого участка (с севера на юг).

Не исключено, что по контактам предполагаемой дайки гранит-аплитов в мезо-кайнозойское время могли развиваться щели каолинизации, а затем каолинит вымывался подземными водами. В результате, вдоль контактов дайки могли развиваться явления псевдокарста, согласно схеме предложенной в работе [2]. Кроме того, процесс выноса подземными водами глинистого материала (суффозия) мог активно действовать в пределах вмещающей дайку реликтовой палеозойской зоны деформации, сложенной низкоомными малопрочными трещиноватыми горными породами, превращенными в верхней части земной коры процессами выветривания в элювиальные сутлинки. В результате, в зоне контакта предполагаемой дайки и в самой предполагаемой реликтовой палеозойской зоне деформации земной коры, вмещающей ее, также могли развиваться явления суффозии и псевдокарста, приведшие к аномальной просадке фундамента дома на этих участках и повреждению фундамента и стен. Развитию этих процессов могло способствовать субширотное расположение дома на пути потока подземных вод, текущих в районе рассматриваемого дома с севера на юг (рис. 7).

Кроме того, в центральной части дома и в районе его западной секции, где наблюдаются наибольшие деформации здания, имеются выходы ливневой канализации (пульпопровод). Не исключено,

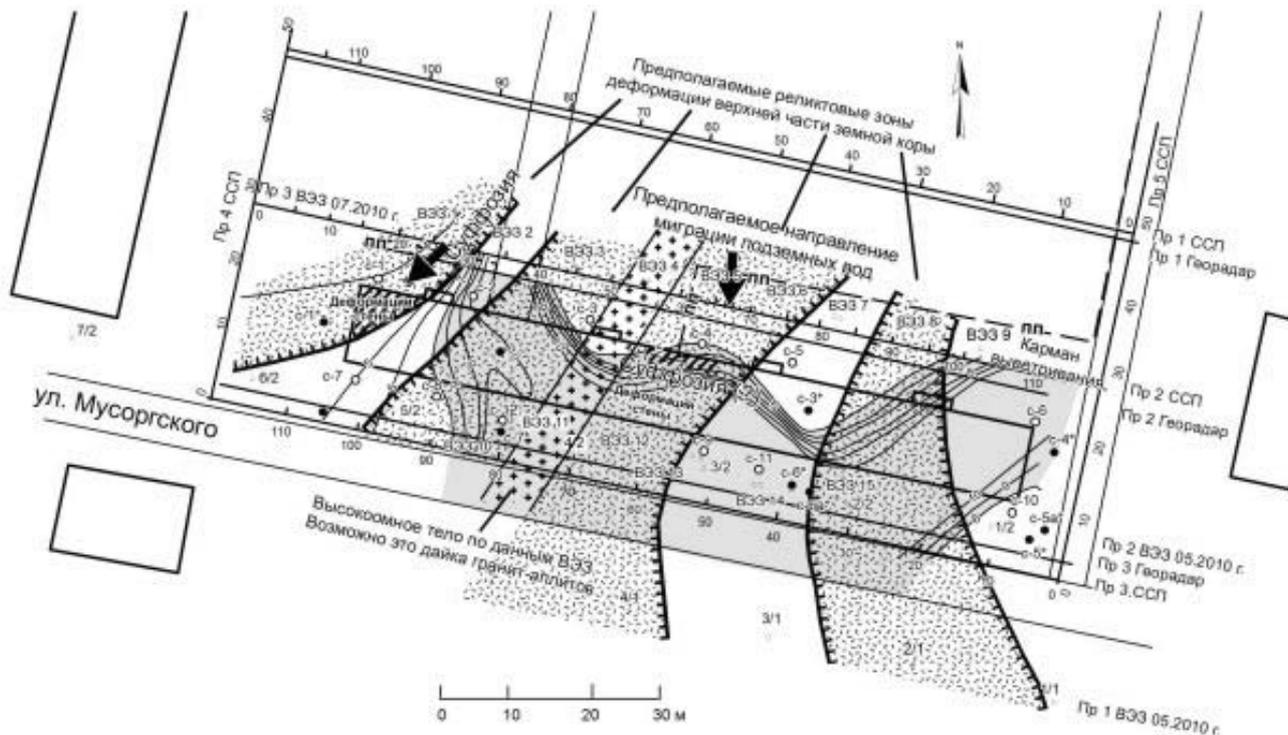


Рис. 7. Структурно-тектоническая схема площадки расположения аварийного отселенного девятиэтажного жилого дома № 6 на ул. Мусоргского в Екатеринбурге. Составили: Гуляев А.Н., Осипова А.Ю., Институт геофизики УрО РАН, 2010-2011 гг.

что в результате повреждения труб пульпопровода могло происходить дополнительное подтопление участков грунтов под фундаментом сточными водами, что могло способствовать снижению несущей способности грунта и активизации суффозионных процессов.

Следовательно, можно заключить, что причиной деформации и повреждения девятиэтажного жилого дома № 6 на ул. Мусоргского была неравномерная и аномально высокая (с аномально большой амплитудой) осадка участков его фундамента в центральной и западной частях северной стены дома, обусловленная снижением несущей способности грунтов на участках пересечения контура дома с предполагаемой субмеридиональной обводненной реликтовой зоной деформации верхней части земной коры, в которой предположительно действовали и действуют суффозионные процессы.

Неравномерная осадка зданий, обусловленная неоднородностью грунтов в основании их фундаментов, их обводнением, снижением несущей способности и действием суффозионных процессов, по-видимому, является основной причиной повреждения домов на территории Екатеринбурга.

Если бы на площадке перед строительством дома и перед проведением инженерно-геологических изысканий были выполнены опережающие геофизические исследования, как это предусмотрено СП 11-105-97, частью первой, то полученная в результате их информация позволила бы в конечном итоге избежать повреждения дома путем применения своевременных инженерных мероприятий. Стоимость опережающих геофизических исследований обычно составляет порядка 2-5 % от общей стоимости инженерно-геологических изысканий, а информация, своевременно получаемая в результате их проведения, безусловно, покрывает все расходы на опережающую геофизику [3].

Поэтому в условиях неоднородного геологического строения верхней части земной коры Среднего Урала мы настоятельно рекомендуем выполнение опережающих геофизических исследований на площадках намеченного строительства перед проведением инженерно-геологических изысканий с целью выявления неоднородностей строения верхней части земной коры и последующего их изучения буровыми скважинами, шурфами. Это позволит избежать повреждения возводимых инженерных объектов и обеспечит их безопасную эксплуатацию в будущем.

### Библиография

1. Геология СССР. Т. XII, ч. 1, кн. 2. – М.: Недра, 1969. – 304 с.
2. Буданов Н.Д. Гидрогеология Урала / Н.Д. Буданов. – М.: Наука, 1964. – 304 с.

---

3. Гуляев А.Н., Шапов В.А., Осипова (Дёмина) А.Ю. О необходимости опережающих геофизических исследований при инженерно-изыскательских работах на Среднем Урале / А.Н. Гуляев, В.А. Шапов, А.Ю. Осипова // Стройкомплекс Среднего Урала. – 2010. – №12 [144]. – С. 69-70.

4. Гуляев А.Н. Оценка потенциальной сейсмичности территории города Екатеринбурга / А.Н. Гуляев // Горный журнал. Известия высших учебных заведений. – 2009. – № 6. – С. 91-97.

5. Гуляев А.Н., Осипова А.Ю. Сейсмичность и сейсмическое районирование Екатеринбурга / А.Н. Гуляев, А.Ю. Осипова // Архитектон: известия вузов. –Режим доступа: [http://archvuz.ru/numbers/2011\\_3/01](http://archvuz.ru/numbers/2011_3/01)

Статья поступила в редакцию 01.11.2011

---

## CITY AS ECOSYSTEM

# NONUNIFORMITY OF SOILS IN THE FOUNDATION BED AS THE PRINCIPAL CAUSE OF DAMAGE TO BUILDINGS IN EKATERINBURG

**Gulyaev Alexander N.**

Senior Researcher, Laboratory of Seismometry, Institute of Geophysics,  
Ural Division of the Russian Academy of Science,  
Ekaterinburg, Russia

**Osipova Anastasia Yu.**

PhD (Geology and Mineralogy), Assistant Researcher,  
Seismometric Laboratory Institute of Geophysics,  
Ural Division of the Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russia

**Schapov Vladislav A.**

Senior Researcher,  
Laboratory of Nuclear Geophysics Institute of Geophysics,  
Ural Division of the Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russia

### Abstract

*The upper part of the earth crust in the Middle Urals has a complex structure. It consists of non-uniform soil in terms of structure, genesis and physical and mechanical properties. These soils are mainly represented by Palaeozoic volcanogenic sedimentary soils, containing intrusive magmatic matter of different structure. The consolidated bed-rocks are broken by zones of strain, and in their upper part, they were turned by weathering processes during the mezozoic-kainozoic time into relatively less consolidated eluvial soils coats of various structures, physical and mechanical properties and thickness. Deep weathering voids are abundant in relict Palaeozoic zones of strain of the earth crust. In some of them, where active circulation of underground waters occurs, suffusion processes occur, and pseudo-karst phenomena are observed, and in carbonate soils karst phenomena are present. The heterogeneity of the geological tectonic structure of the upper part of the earth crust in the Middle Urals in combination with severe climate present the main adverse factor causing deformations and damage to the engineering structures due to their uneven settlement.*

*An example is the nine-storied residential building No. 6 in Musorgsky Street in Ekaterinburg, which had to be evacuated in an emergency. The results of the geophysical studies carried out in 2010 suggest the presence of zones of strain in the upper part of the earth crust under this building in which rocks possess reduced strength allow active circulation of underground waters through them. Abnormal settlement took place over these zones, which resulted in deformation and damage to the building.*

*This could have been avoided, had engineering geological explorations been performed on the construction site back in 1979.*

### Key words:

*soils, foundations, vertical electrosounding, spectral seismic profiling, georadar sounding*