

УДК 550.8:902/904
ББК 26.2:63.4(2)

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ СТРОЕНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

З.М. Слепак

Zakhar.Slepak@kpfu.ru

*Институт геологии и нефтегазовых технологий ИГиНГТ
Казанского федерального университета, Казань, Россия*

Аннотация

Целью исследований являлось ознакомление с результатами геофизических измерений, впервые разработанных и примененных автором для сохранения строений и сооружений, проведенных на территории Казанского кремля.

Отображение данных измерений позволило определять их техническое состояние, изучать особенности геологического строения антропогенного слоя, выявлять в нем сохранившиеся остатки древних построек и решить другие задачи. Выданы рекомендации по широкому применению разработанной методики геофизических исследований на различных участках

Ключевые слова: геофизические измерения, строения и сооружения, геофизический мониторинг, рекомендации

Введение

Важнейшей проблемой современных городов является сохранение и увеличение продолжительности функционирования памятников архитектуры, вновь возводимых строений и сооружений. Долговременность их существования в значительной степени зависит от влияний на их основания активных геологических процессов, усиливающихся в городских условиях техногенными воздействиями. С течением времени эти процессы приводят строения в аварийное состояние и могут приводить, к их разрушению [1,2]..

Значительную роль в решении проблемы могут играть геофизические методы исследований, основанные на измерениях физических полей Земли, естественных и возбуждаемых искусственно в её верхних слоях. Эти методы не оказывают негативных воздействий на геологическую среду, экологию и успешно применяются на открытых территориях при решении многих геологических задач.

Результаты исследований

В условиях городов при наличии ограниченного пространства и многочисленных помех, создаваемых линиями электропередач, подземными переходами, коммуникациями, металлическими оградами и пр. эффективность

геофизических методов в традиционной постановке резко снижается, и их проведение становится бессмысленным.

Новый подход к применению геофизических методов на урбанизированных территориях заключается в выполнении геофизических измерений в режиме мониторинга. Идея мониторинга заключается в проведении геофизических измерений в одних и тех же пунктах на изучаемых площадях через определенные временные интервалы, устанавливаемые в зависимости от конкретно решаемых задач. Поскольку помехи в каждом отдельном пункте при повторных наблюдениях не изменяются, то необходимость их учета отпадает. При этом появляется возможность по разности проведенных измерений в каждом пункте в различное время выявить аномальные изменения полей, связанные с негативными влияниями геологических процессов. К таким процессам, в частности, относятся изменения гидрогеологического режима, проявляющиеся в динамике и интенсивности подземных вод, их скоплении вблизи зданий и строений и непосредственно под ними. Особый интерес представляют изменения, происходящие в верхней части геологического разреза, являющейся основанием для строений и решения задач археологии [4-9]. .

Впервые проведенные нами высокоточные гравиметрические измерения и электромагнитное зондирование становлением поля аппаратным комплексом «Импульс-авто М-1/0-20» в режиме мониторинга показали высокую результативность при решении задач инженерной геологии: определение технического состояния строений и сооружений.

Проведение полевых исследований в режиме геофизического мониторинга, состоящего из высокоточных гравиметрических измерений и электромагнитного зондирования становлением поля, оказалось особенно результативным при решении проблемы сохранения памятников архитектуры в Казанском кремле, расположенном на высоком Кремлевском холме [4-10]. Наблюдения заключались в проведении двух высокоточных независимых площадных гравиметрических съемок, выполненных в одних и тех же пунктах. Серия повторных независимых высокоточных гравиметрических измерений, проводимых на открытых площадках, непосредственно на участках памятников архитектуры и внутри их, а также специально разработанная методика обработки получаемых данных являлись сущностью гравиметрического мониторинга.

Первые гравиметрические наблюдения в режиме мониторинга нами были выполнены в северной части Кремлевского холма на участке, окружающем Башню Сююмбеки и бывший Губернаторский дворец (ныне резиденция Президента РТ).

По результатам повторных высокоточных гравиметрических измерений составлялись карты аномалий Буге. Их сопоставление позволяло выявлять непривычные изменения гравитационного поля, связанные с активными геологическими процессами на изучаемых участках и объектах.

Результаты электромагнитного зондирования, проведенного на участке Башни Сююмбеки и Губернаторского дворца, подтвердили наличие резервуара

скопления воды, установленного по данным гравиметрических наблюдений на вершине Кремлевского холма, выполненных в режиме мониторинга, и позволили уточнить некоторые детали его строения.

Высокая результативность геофизических исследований в сложных условиях выполнения больших объемов земляных, строительных и реставрационных работ была достигнута благодаря применению новой методологии геофизического мониторинга. Его применение позволило изучать изменчивость физических полей, обусловленных активными геологическими процессами. При гравиметрическом мониторинге не только отпала необходимость учета влияния земного рельефа, наличия зданий и сооружений, являющаяся практически невыполнимой задачей, но и были использованы сами строения для проведения геофизических наблюдений внутри них. Это способствовало существенному увеличению информации об особенностях и природе геологических процессов и исключению так называемых «белых пятен» на изучаемых площадях.

Высокая результативность исследований на рассматриваемой территории, несмотря на их выполнение в сложных условиях строительных и реставрационных работ, была достигнута благодаря применению впервые в мировой практике новой методологии геофизических измерений, разработанной автором, геофизическому мониторингу. Он, по существу, является новым научным направлением в инженерной геофизике и расширяет ее возможности при решении различных задач в условиях густой городской застройки.

Результаты гравиметрического мониторинга, проведенного в проездной части Башни Сююмбеки, позволили установить многолетнее негативное влияние грунтовых и техногенных вод на ее основание и фундамент, что создало необходимость принятия мер для его устранения [10-12].

Серия повторных высокоточных гравиметрических наблюдений, проводимых на открытых площадках, непосредственно на участках памятников архитектуры и внутри их, а также специально разработанная методика обработки получаемых данных являлись сущностью методологии гравиметрического мониторинга.

Для проведения измерений применялись высокоточные гравиметры типа Scintrex. Измерения оказались успешным при проведении измерений не только на земной поверхности, но и внутри памятников архитектуры и на крепостных стенах Кремля (рис. 1). Пункты измерений располагались у бойниц .

Анализ графиков измеренных значений поля позволяет определить его наиболее значительные вариации неприливных изменений силы гравитационного поля между пикетами 42-46, 51-61 и 69-74, в которых их значения составляют 20-50 мкГал

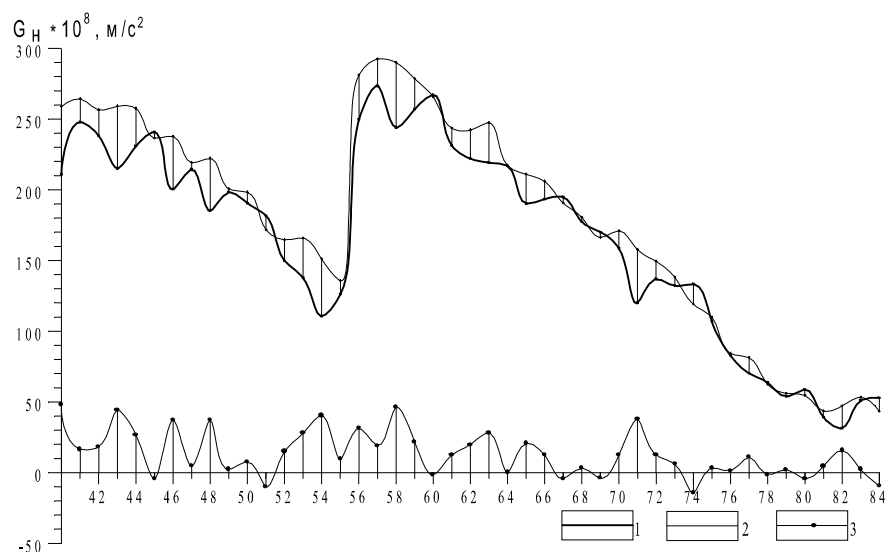


Рис.1. Графики измеренных значений гравитационного поля и неприливных его изменений на восточной стене Казанского Кремля по профилю 11: 1 – измерения в декабре 1997 г.; 2 – измерения в июне 1998 г.; 3 – график неприливных изменений поля в период между циклами измерений

Метод электромагнитного зондирования становлением поля широко применяется в разведочной геофизике при решении различных геологических задач [6, 8, 11]. Однако используемая при этом аппаратура и традиционная методика измерений не позволяют осуществлять детальных зондирований верхней части геологического разреза, являющейся объектом исследований инженерной геофизики.

Аппаратурный комплекс «Импульс-авто М-1/0-20» предназначен для исследований ВЧР/. Учитывая эти возможности, мы впервые его использовали для решения инженерно-геологических и археологических задач. Результаты измерений представляются в виде горизонтальных срезов параметра суммарной электрической проводимости $S(H)$ и в виде вертикальных его разрезов вдоль профилей. Это позволило разработать эффективную методику картирования поверхностей постоянных значений параметра $S(H)$, соответствующих определенным литолого-стратиграфическим напластованиям [5-8, 10-12].

Результативные материалы представлялись в цветном и черно-белом изображениях в виде вертикальных разрезов суммарной электрической проводимости $S(H)$ вдоль профилей, горизонтальных срезов суммарной электрической проводимости $S(H)$ на различных глубинах, карт поверхностей постоянных значений $S(H)$ в изолиниях абсолютных глубин (рис.2).

Сравнительный анализ полученных данных позволял контролировать достоверность обработки материалов, а сопоставление результатов зондирований с данными бурения и результатами последующих археологических раскопов - оценивать надежность геологической интерпретации.

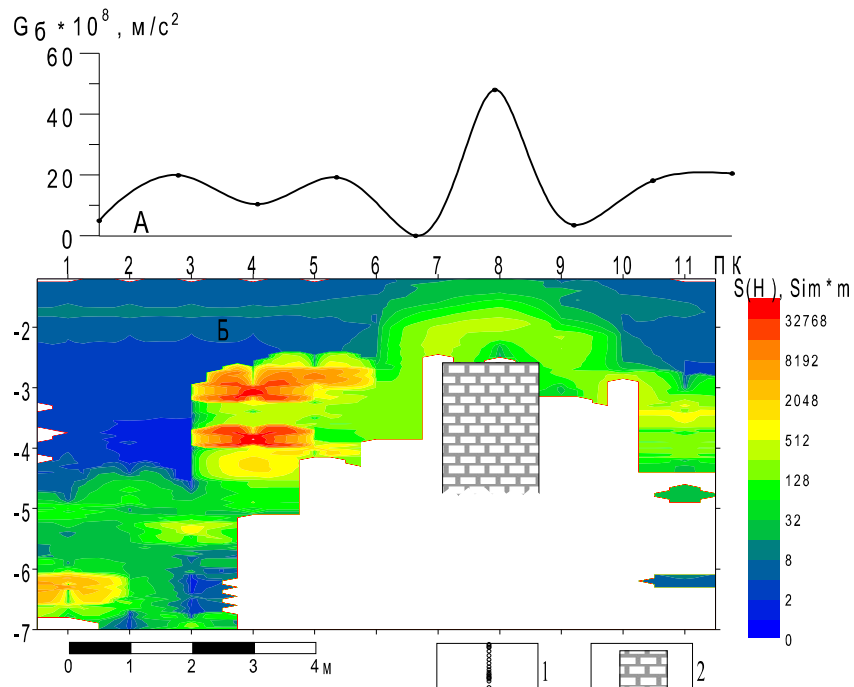


Рис. 2. График аномалии силы тяжести в редукции Буге и физико-геологический разрез суммарной электрической проводимости $S(H)$ вдоль профиля над каменной стеной в сквере у Благовещенского собора: 1 – пункты измерений значений $S(H)$; 2 - выявленная каменная стена.

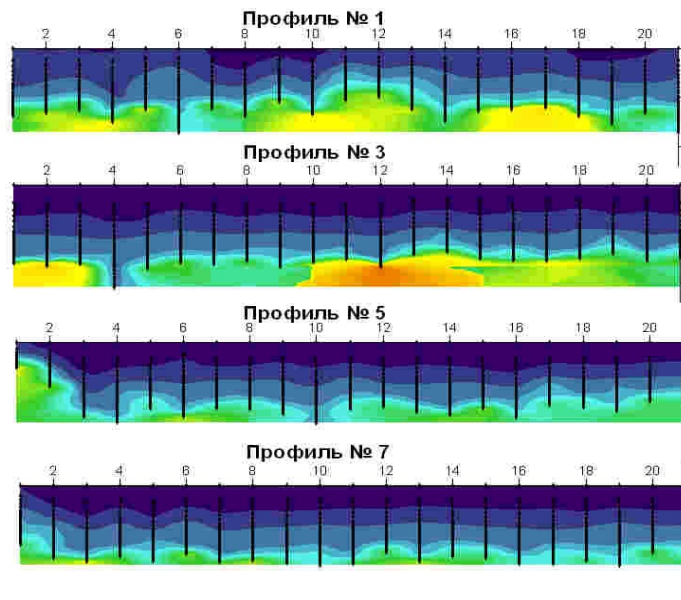


Рис.3. Вертикальные разрезы параметра электрической проводимости $S(H)$ вдоль профилей 1 – 7 на участке Булгарского городища.

Следует отметить, что полученные результаты являются более результативными по сравнению с археологическими данными, которые

выявляются при раскопках лишь фрагментарно [3]. Таким образом, рассмотренные результаты позволяют констатировать, что примененные методы геофизических исследований характеризуются высокой достоверностью и могут быть рекомендованы для их широкого применения на урбанизированных территориях.

В связи с установленной по археологическим данным стратиграфической шкалой, нами приведены результаты изучения слоистости антропогенных отложений по данным электромагнитного зондирования вдоль профилей 1, 3, 5, 7, пересекающих Булгарское городище (рис.3). На профилях четко прослеживаются слои, каждый из которых соответствует определенному слою археологической шкалы.

Литература

1. Бахирева Л.В., Родина Е.Е. Инженерно-геологические исследования с целью сохранения архитектурно-исторических памятников на урбанизированных территориях (примеры зарубежного опыта) // Инженерная геология. - 1992. - №6. - С. 121-127.

2. Вязкова О.Е., Пашкин Е.М. Инженерная геология и сохранение памятников истории и культуры // Инженерно-технические вопросы сохранения памятников истории и культуры. - М.: Изд-во НМС МК СССР, 1989. - С. 6-15.

3. Слепак З.М. Разведочная геофизика в археологии. – Изд-во Казанского университета. – 2010. – 225 с.

4. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Высшая школа 1998. 256 С.

5. Слепак З.М. Геофизический мониторинг при сохранении памятников архитектуры на примере Казанского Кремля. - Казань: Изд-во Казанского госуниверситета,- 1999.176 с.

6. Слепак З.М. Геофизика для города. М.: Изд-во «ГЕРС»,-2007, 240 с.

7. Slepak Zakhar. Complex geophysical investigations for studying the cultural layer and remains of ancient buildings in the territory of Kazan Kremlin, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia // Archaeological prospection, 1997. - Vol. 4. - P. 207-218.

8. Slepak Z.M. Electromagnetic sounding and high-precision gravimeter survey define ancient stone building remains in the territory of Kazan Kremlin (Kazan, Republic of Tatarstan, Russia) // Archeological prospection, 1999, -Vol. 6, - P. 147-160.

9. Базарова Э.Л. Зависимость сохранности памятников градостроительства и архитектуры от степени изменения окружающей среды // Инженерно-технологические вопросы сохранения памятников истории и культуры.-М.:Изд-во НМС МК СССР, 1989 С. 15-25.

10. Бондарик Г.К. Методика инженерно-геологических исследований.-М.: Недра, 1986.

11. Восстановление памятников культуры.-М.: Искусство 1981.

12. Гендель Э.М. Инженерные работы при реставрации памятников архитектуры М.: Стройиздат, 1980.
13. Города России. Энциклопедия.-М.: БРЭ, 1994.
14. Инженерная геология СССР.-Т-1. Русская платформа-М:Изд-во МГУ, 1978
15. Купцов А.Г., Романова Е.Н. Структура глубинной охранной зоны памятников архитектуры // Геоэкология.-1955-№4.-С. 77-81.
16. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики: Учебник для вузов.- М.:Недра, 1990.
17. Орфинский В.П. Природная среда и памятник // Памятники Отечества.-М: Современник, 1975.- С 137-143.
18. Пашкин Е.М. Влияние антропогенных изменений пород на сохранение памятников архитектуры // Памятники Отечества.- М.: Современник, 1975.- С. 158-163.