

ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОСНОВАНИЯ ПАМЯТНИКА ИСТОРИИ И АРХИТЕКТУРЫ

*И. М. Шереметов, А. Ю. Курдюк
Астраханский инженерно-строительный институт,
г. Астрахань (Россия)*

Исторические памятники, играющие важную роль в культурной жизни города, испытывают, в свою очередь, воздействие техногенного характера со стороны поселения. Постоянный контроль степени такого воздействия необходим для своевременного принятия решений, направленных на сохранение памятника. Для объектов, представляющих собой комплексы, и, как следствие, занимающих большую территорию, весьма актуальным является геотехнический мониторинг. Особое место среди таких охраняемых комплексов занимают кремли. Рассмотрим ситуацию с кремлем в г. Астрахани.

Изучение и сохранение объекта, имеющего статус памятника федерального значения, связано с тщательным подходом к выбору методов исследования. Наиболее достоверные результаты мониторинга основания при минимальном воздействии на объект дает применение комплексной методики инженерных изысканий [1]. Обобщение материалов изысканий прошлых лет и дополнение накопленной информации результатами геофизических исследований составляют основу геотехнического мониторинга основания Астраханского кремля [2].

Как известно, расположен архитектурный ансамбль кремля в центральной части г. Астрахани (рис. 1) и включает в себя семь башен, соединенных кирпичными зубчатыми стенами, представляющими сложное оборонительное сооружение, кафедральный Успенский собор, комплекс Троицкого собора, Никольскую надвратную церковь, архиерейский двор, постройки для гарнизона.



Рис. 1. Общий вид Астраханского кремля

Территория в геоморфологическом отношении приурочена к дельте р. Волги, осложнена грядами Бэровских бугров широтного простирания. На одном из них – Заячьем – и построен ансамбль Астраханского кремля, в котором колокольня является самым высоким сооружением (верх купола – 76 м) (рис. 2). Абсолютные отметки поверхности рельефа колеблются от минус 8,24 м до минус 15,35 м (в Балтийской системе высот).



Рис. 2. Вид на колокольню Успенского собора с территории кремля

Инженерно-геологические изыскания на территории кремля выполнены в достаточном объеме в разные годы. Основываясь на этих данных, можно заключить, что с поверхности до глубины 30 м (абсолютная отметка минус 39,67 м) в геологическом строении территории принимают участие современные техногенные образования, верхнечетвертичные делювиальные, морские хвалынские и среднечетвертичные морские хазарские отложения четвертичной системы.

Гидрогеологические условия территории Астраханского кремля характеризуются развитием двух водонесущих горизонтов. Первый от поверхности водоносный горизонт залегает в толще делювиальных суглинков и носит характер техногенной верховодки. Впервые водопроявление в делювии отмечено в 1974 г. на площадке Цейхгауза на глубине 8,0–8,2 м, на абсолютных отметках минус 22,50 – минус 22,57 м. На территории кремля было заложено 20 наблюдательных скважин, что позволило фиксировать не только изменение уровня подземных вод, но и изменения их состава.

В химическом составе подземных вод за период прошлых лет происходили незначительные изменения, как в минерализации, так и по отдельным компонентам. Эти изменения связаны, в основном, с происхождением источников подтопления (утечек) – трассы водопровода, канализации и теплотрассы. Наибольшее количество утечек отмечено в 1990–1995 гг. вблизи колокольни и Консистории.

В связи с тем, что выявленное отклонение колокольни от вертикали в самой верхней точке достигло 42,3 см, этому сооружению уделено максимальное внимание. Основание фундамента колокольни представлено суглинками от твердых до тугопластичных, супесями твердыми. Вдоль восточной стены колокольни и южного крыла грунты при замачивании проявляют просадочные свойства. Согласно материалам ранее выполненных инженерных изысканий данный участок основания колокольни относился ко II типу грунтовых условий по просадочности. В связи с изменением гидрогеологических условий за период 1977–1990 гг. II тип условий сохранился лишь в юго-восточном углу сооружения (восточная стена южного крыла). Возможная величина просадки здесь 14,3–14,4 см. Начальное просадочное давление 0,03 МПа. В остальных вскрытых шурфах просадка грунтов от собственного веса отсутствует. Просадка проявляется здесь при дополнительном давлении 0,25–0,26 МПа. Мощность просадочных грунтов под фундаментами восточной части колокольни 2–3,55 м, наибольшая 4,38 м под основанием южного крыла. Оставшаяся большая часть фундаментов опирается на непросадочные грунты.

Неоднородное распределение прочностных характеристик основания и рост деформаций обусловили принятие решений по усилению фундаментов колокольни. С этой целью в 1993 г. АстраханьГИСИЗ осуществил работы по устройству буронабивных свай.

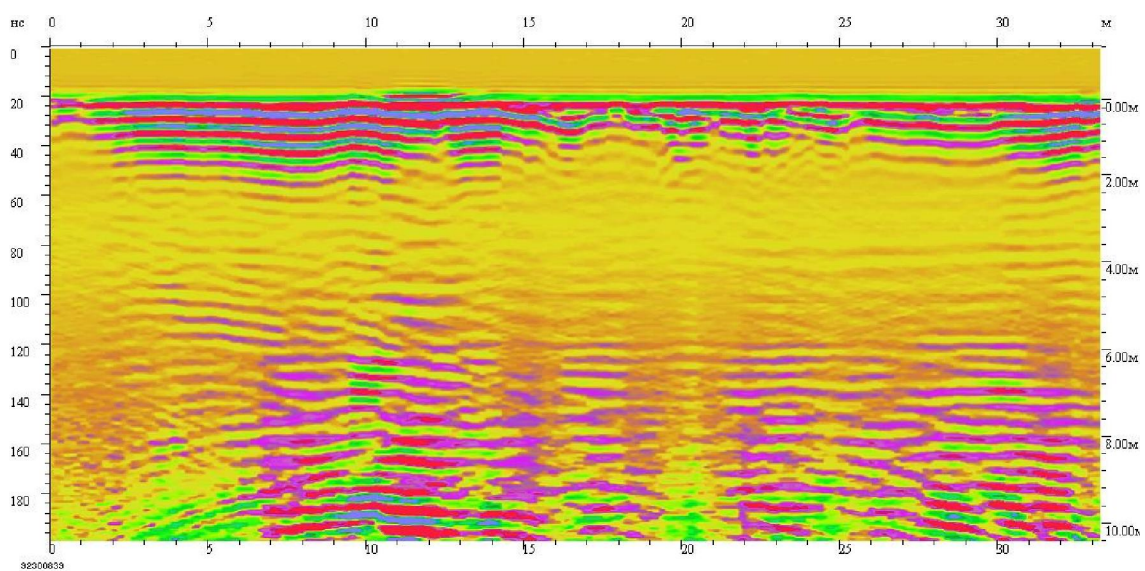
Осадка основания за период наблюдений (23 года 11 месяцев) составила: наибольшая 68–72 мм в юго-восточной части колокольни, наименьшая 15–23 мм в северной (северный придел). На текущий момент процесс можно считать стабилизированным, однако, с учетом выявленных участков с I и II типом грунтовых условий по просадочности, требуется уделять отдельное внимание контролю увлажнения основания.

Текущий мониторинг состояния основания объекта ведется методом подповерхностного зондирования с помощью георадара (рис. 3). Для этого закреплено 11 трасс, из которых № 1 и № 2 тарировочные. В рамках данного обследования территории применены антенные блоки с излучаемой частотой 250 Гц и 90 Гц, что определяет глубину зондирования. Первый антенный блок обеспечивает эффективную работу на глубинах, не превышающих 4,5 м, второй – на глубинах 10–15 м [3].

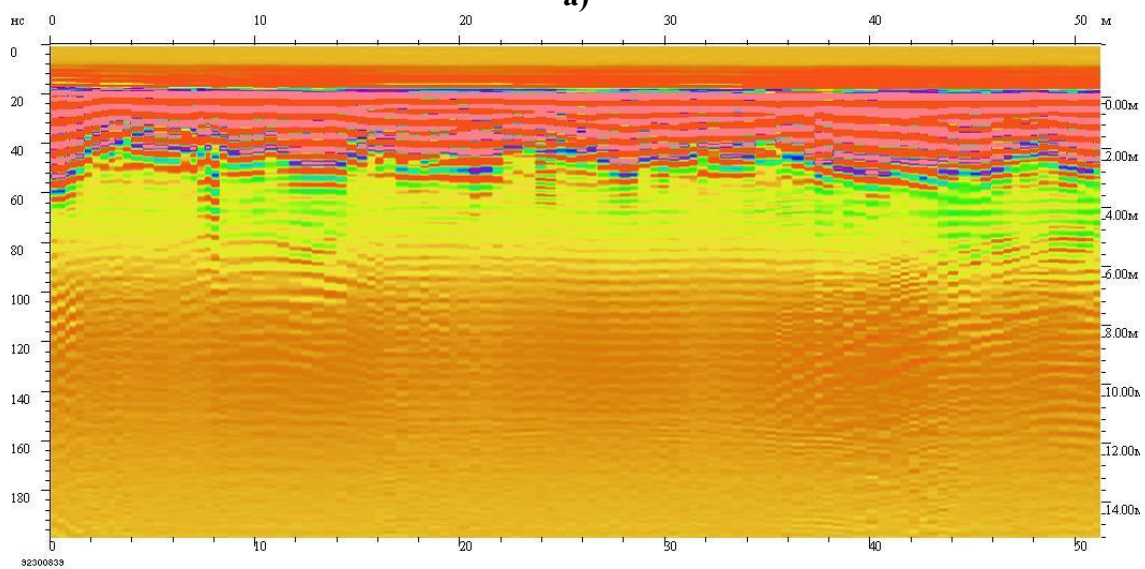


Рис. 3. Процесс георадарного зондирования

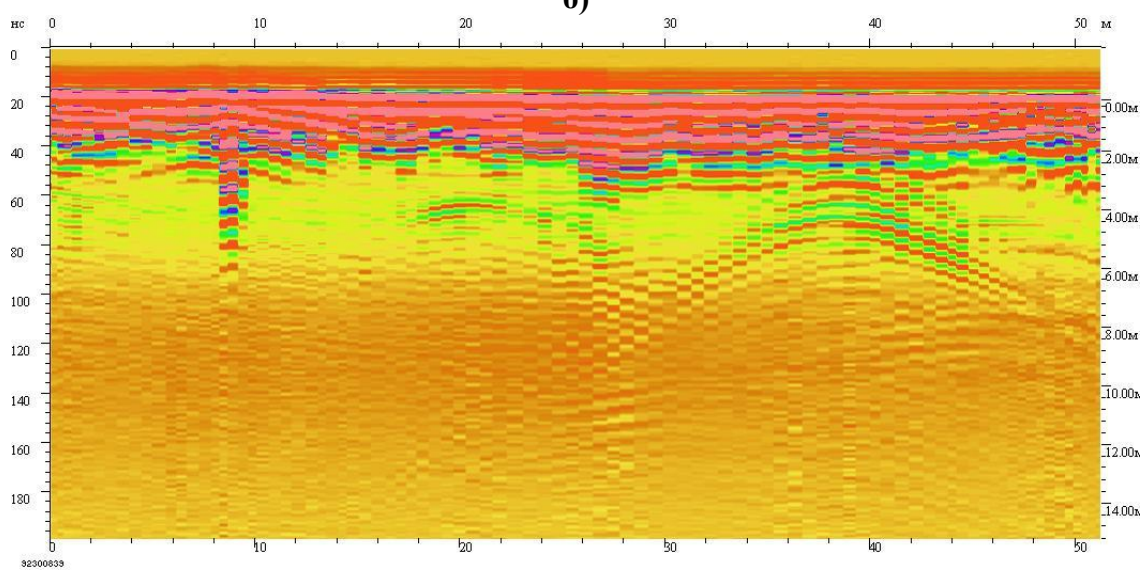
Характерные неоднородности, выявленные в результате георадиолокационного зондирования основания, показаны на рис. 4: по трассе № 4 на глубинах около 4 м определено положение старых заглубленных фундаментов, по трассе № 7 на глубинах 1,2 м и 1,9 м отмечено залегание трубопроводов, по трассе № 9 на глубинах от 2,2 м выявлены следы утечек из водонесущих коммуникаций. Анализ полученных результатов подповерхностного зондирования позволяет сделать вывод об изменениях границ ореола водонасыщения грунта в пределах исследуемой территории. На полученных радарограммах обводнение грунта проявляется как локализованные области, находящиеся в границах контура усиления основания и отличающиеся по величине диэлектрической проницаемости.



а)



б)



в)

Рис. 3. Радарограммы: а) по трассе № 4, б) по трассе № 7, в) по трассе № 9

Как показал полученный опыт, на участках, не охваченных наблюдательными скважинами, капиллярный подъем грунтовых вод и утечки техногенного характера, могут перманентно контролироваться методом высокочастотного зондирования [4]. Учитывая то, что грунты на большей части бугра обладают просадочными свойствами, постоянный геотехнический контроль исключительно важен для рассматриваемого объекта. Кроме того, за счет капиллярного эффекта, обеспечивающего в региональных суглинистых грунтах поднятие грунтовых вод до 2,0 м, возникает увлажнение стен зданий и сооружений памятника, которое в конечном итоге может привести к разрушению материала. Данные мониторинга, полученные геофизическими методами, предоставляют возможность своевременно принимать меры по локализации деструктивных процессов происходящих в кирпичной кладке зубчатых стен и строений, относящихся к комплексу Астраханского кремля. На рис. 5 проиллюстрирована возможность определения границ водонасыщения грунта, которое обусловило разрушение защитных слоев в правой части Никольских ворот.

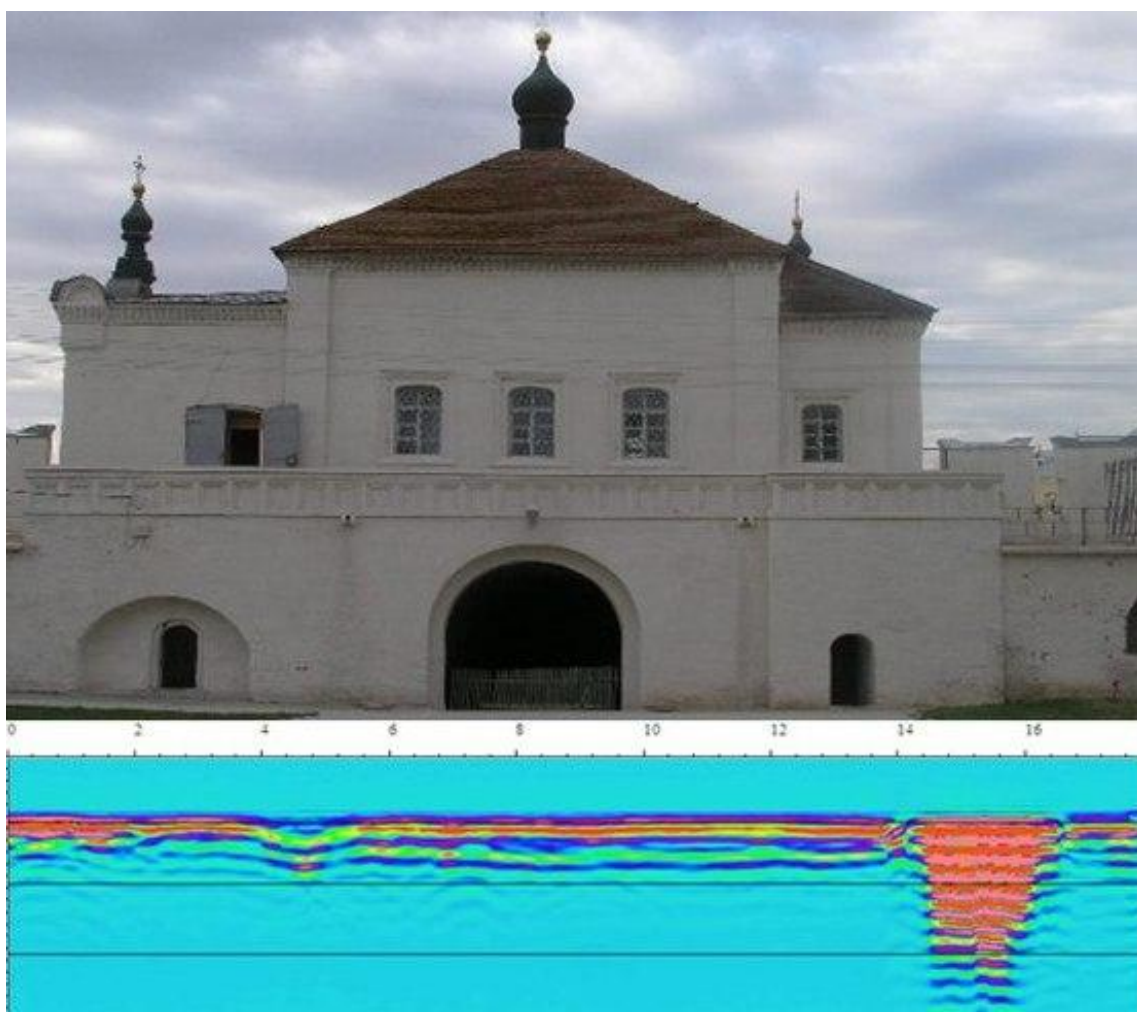


Рис. 5. Радарограмма по трассе № 8, совмещенная с фасадом Никольских ворот

Таким образом, применение радиолокационных методов подповерхностного зондирования при мониторинге основания сохраняемых памятников позволяет выявить характерную динамику происходящих процессов и своевременно прогнозировать результаты техногенного воздействия на объект.

Список литературы

1. Полумордвинов, О. А. К вопросу о создании комплексной методики инженерных изысканий для решения геотехнических и геоэкологических задач строительства на урбанизированных территориях / О. А. Полумордвинов, И. М. Шереметов, А. Ю. Курдюк // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 1. – С. 56–57.

2. Шереметов, И. М. Геотехнический мониторинг основания зданий и сооружений Астраханского кремля / И. М. Шереметов, А. Ю. Курдюк // Геология, география и глобальная энергия. – 2011. – № 4 (43). – С. 8–13.

3. Полумордвинов, О. А. Практическое применение метода георадиолокации при выполнении инженерных изысканий / О. А. Полумордвинов, И. М. Шереметов // Наука в современном мире : материалы VII Международной научно-практической конференции : сборник научных трудов / под ред. д. п. н. Г. Ф. Гребенщикова. – М. : Спутник +, 2011. – С. 101–104.

4. Шереметов, И. М. Актуальность геомониторинговых исследований при строительстве и эксплуатации высотных зданий и сооружений / И. М. Шереметов // Международная отраслевая научная конференция профессорско-преподавательского состава Астраханского государственного технического университета, посвященная 80-летию основания Астраханского государственного технического университета – АГТУ (54 ППС) : тез. докл. в 2 т. / под общ. ред. проф. Н. Т. Берберовой, проф. А. В. Котельникова. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2010. – Т. II. – С. 121.