

References

1. Bazhenov Ju. M. Nekotorye osobennosti struktury, svojstv i tehnologii betonopolimerov / Ju. M. Bazhenov // Perspektivy primeneniya betonopolimerov i polimerbetonov v stroitel'stve. – M. : Strojizdat, 1976.
2. Kasymov I. K. Propitka cementnogo kamnja organicheskimi vjazhuwimi / I. K. Kasymov, E. D. Fedotov. – L. : Strojizdat, 1981.
3. Kuncovich O. V. Ispol'zovanie sery dlja povysheniya fiziko-mehaničeskikh svojstv melkozernistykh betonov / O. V. Kuncovich, N. A. Dzhashi // Povyszenie dolgovechnosti promyshlennykh zdaniy i sooruzhenij za schet primeneniya polimerbetonov. – M. : CNIIS, 1978.
4. Moskvina V. M. Propitka svaj bitumnymi materialami s primeneniem po-verhnostno-aktivnykh vewestv / V. M. Moskvina, M. M. Jerkenov // Beton i zhelezobeton. – 1976. – № 6.
5. Pat. 12571 SSSR / K. Verner. – 1930.
6. Paturoev V. V. Osnovnye harakteristiki betonov, propitannykh seroj / V. V. Paturoev, A. A. Volgushev. – M. : CNIIS, 1978.
7. Paturoev V. V. Razrabotka rezhimov propitki zolobetonov rasplavah sery / V. V. Paturoev [i dr.] // Arhitektura i stroitel'stvo Uzbekistana. – 1978. – № 11.
8. Pokrovskij N. S. Propitochhnaja gidroizoljacija betona / N. S. Pokrovskij. – M. : Jenergiya, 1964.
9. Ryb'ev I. A. Tehnologija gidroizoljacionnykh materialov / I. A. Ryb'ev. – M. : Vysshaja shkola, 1964.

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ АСТРАХАНСКОГО КРЕМЛЯ

Шереметов Иван Михайлович, кандидат технических наук, заведующий астраханским отделением кафедры ЮНЕСКО по сохранению градостроительных и архитектурных памятников, 414000, Россия, г. Астрахань, ул. Тредиаковского, 2, e-mail: shmtv@mail.ru

Курдюк Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой геотехники, Астраханский инженерно-строительный институт, 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 18а, e-mail: ayuk58@mail.ru

Обобщение материалов изысканий прошлых лет и дополнение накопленной информации результатами геофизических исследований составляют основу геотехнического мониторинга основания зданий и сооружений Астраханского кремля.

Ключевые слова: кремль, мониторинг, инженерные изыскания, геотехника, геофизика, радиолокация, георадар.

GEOTECHNICAL MONITORING THE BASE OF BUILDINGS STRUCTURES AND THE ASTRAKHAN KREMLIN

Sheremetov Ivan M., C.Sc. in Technic, Head of the Astrakhan branch of Department of UNESCO for the conservation of urban and architectural monuments, 2 Trediakovsky st., Astrakhan, 414000, Russia, e-mail: shmtv@mail.ru

Kurdyuk Andrey Yu., C.Sc. in Technic, Head of Department of Geotechnology, Astrakhan Institute of Construction and Engineering, 18a Tatishchev st., Astrakhan, 414056, Russia, e-mail: ayuk58@mail.ru

Synthesis of research of past years and the addition of information accumulated by the results of geophysical surveys are the basis of geotechnical monitoring the base of buildings and structures Astrakhan kremlin.

Key words: *kremlin, monitoring, engineering survey, geotechnics, geophysics, radio-location, radar set.*

Астраханский кремль – уникальный фортификационный и административно-культурный комплекс XVI–XVIII вв. Известно, что для строительства кремля был использован кирпич из развалин бывшей золотоордынской столицы Сарай-Бату, находившейся на берегу реки Ахтубы. Каменные стены и башни Астраханского кремля построены в 1582–1589 гг. под руководством присланных из Москвы мастеров – Михаила Вельяминова и Дея Губастого.

В настоящее время Астраханский кремль является историко-архитектурным памятником. Изучение и сохранение такого объекта связано с тщательным подходом к мониторингу состояния конструкций и оснований зданий и сооружений, а следовательно, и к выбору методов исследования. Наиболее достоверные результаты при минимальном воздействии на основания дает применение комплексной методики инженерных изысканий [1]. Обобщение материалов изысканий прошлых лет [2] и дополнение накопленной информации результатами геофизических исследований составляют основу геотехнического мониторинга основания Астраханского кремля.

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

В геоморфологическом отношении территория приурочена к дельте р. Волги, осложненной грядами Бэровских бугров широтного простиранья. На одном из них – Заячьем – и построен ансамбль Астраханского кремля, в котором самым высоким сооружением является колокольня (верх купола 76 м). Абсолютные отметки поверхности колеблются от минус 8,24 м до минус 15,35 м.

Техногенное воздействие на геологическую среду оказывают: конструкции старых фундаментов, полив зеленых насаждений, инфильтрация атмосферных осадков и утечек из водонесущих коммуникаций и т.д.

С поверхности до глубины 30 м (абсолютная отметка минус 39,67 м) сверху вниз залегают следующие литолого-генетические разновидности грунтов: техногенные образования (tIV), делювиальные отложения (dIII), морские отложения хвалынского яруса (mIIIhv), морские отложения хазарского яруса (mIIIhz).

Техногенные образования (tIV) встречаются практически на всей территории с поверхности и под подошвой фундаментов сооружений до глубины 0,2–5,5 м, абсолютные отметки подошвы слоя минус 8,94 – минус 18,00 м.

Техногенные (насыпные) грунты неоднородны и представлены суглинками, супесями – коричневыми, желтовато-коричневыми от твердой до тугопластичной консистенции, с включениями валунов, щебня, гальки, извести, обломков чугуна, костей, глиняной посуды, песчаника, кирпича, корней растений в объеме от 5 % до 70 %. В результате благоустройства многие участки, свободные от сооружений, заасфальтированы, под асфальтом обнаружены гравийная подсыпка, кирпичная кладка мощностью до 1,1 м.

Делювиальные отложения (dIII) представлены супесями и суглинками. Супеси от светло-коричневых до коричневых, от твердых до пластичных (ниже уровня подземных вод), с прослойками песка. Мощность 1–14,0 м, абсолютные отметки подошвы слоя минус 15,34 – минус 29,4 м. Супеси имеют локальное распространение и фациально замещаются суглинками.

Суглинки от светло-коричневых до коричневых, от твердых до текуче-пластичной консистенции, макропористые, горизонтально слоистые за счет тонких прослоек (1–3 мм) песка, супеси и глины более темной окраски. Мощность 3,2–13,7 м, абсолютные отметки подошвы слоя от минус 21,59 до минус 28,81 м. Суглинки вскрыты на основной площади территории под насыпными грунтами.

Морские отложения хвалынского яруса (mIIIhv) представлены глинами, суглинками и песками.

Глины шоколадно-коричневые, от полутвердых до тугопластичных, прослоями мягкопластичные, ожелезненные. Мощность 2,2–6,2 м, абсолютные отметки подошвы слоя минус 27,68–29,55 м. Глины залегают в основании бугра под делювиальными отложениями.

Суглинки коричневые, полутвердые, с обильным содержанием солей, с частыми прослойками песка. Мощность до 1,7 м, абсолютные отметки подошвы слоя минус 28,29 – минус 29,25 м. Суглинки вскрыты в виде линзы под глинами. Пески желтые, пылеватые, водонасыщенные, плотные, с прослойками и линзами глины. Вскрытая мощность песков 0,6–7,0 м.

Пески подстилают глинистые делювиальные и хвалынские отложения.

Морские отложения хазарского яруса (mIIhz) представлены глинами.

Глины серые, от полутвердых до тугопластичных, тонкослоистые, с прослойками песка. Вскрытая мощность 3,6 м. Обнаружены в районе колокольни на глубине 26,4 м, абсолютная отметка кровли слоя минус 36,07 м.

Гидрогеологические условия территории Астраханского кремля характеризуются развитием двух водонесущих горизонтов.

Первый от поверхности водоносный горизонт залегает в толще делювиальных суглинков и имеет характер техногенной верховодки. Питание его происходит за счет атмосферных осадков, утечек из водонесущих коммуникаций, полива зеленых насаждений, а также за счет связи со вторым водоносным горизонтом. Впервые водопоявление 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. 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 водопроводов, канализации и теплотрассы.

Наибольшее количество утечек отмечено в 1990–1995 гг. вблизи колокольни и здания консистории.

Фундамент под всем сооружением представляет собой массив из красного кирпича, монолитный в верхней части и, возможно, разделенный швами на 2–3 массива в нижней части. Кирпичная кладка ровная, без деформаций. Раствор с содержанием извести 37–70,3 %. Фундамент имеет линзовидную форму высотой 3,52–4,71 м. Абсолютные отметки подошвы минус 14,30 – минус 14,84 м.

Основание фундамента представлено суглинками, от твердых до тугопластичных, а также твердыми супесями. Грунты распространены вдоль восточных стен колокольни и южного крыла. При замачивании они проявляют просадочные свойства.

По материалам инженерных изысканий 1977 г., участок основания колокольни относился ко II-му 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 шурфе 3 просадка грунтов от собственного веса соответствует I-му типу грунтов по просадочным свойствам. Просадка проявляется здесь при дополнительном давлении 0,25–0,26 МПа.

Мощность просадочных грунтов под фундаментами восточной части колокольни составляет 2–3,55 м, наибольшая под основанием южного крыла – 4,38 м. Оставшаяся большая часть фундаментов опирается на непросадочные грунты.

В 1993 г. АстраханьТИСИЗ осуществил работы по усилению фундаментов колокольни путем устройства буронабивных свай. Наблюдения за просадкой основания колокольни велись с 1977 г. по 2001 г. По периметру сооружений заложены деформационные марки в количестве 26 штук. Просадка основания неравномерная и за весь период наблюдений (23 года 11 месяцев) составила: наибольшая 68–72 мм в юго-восточной части колокольни марки № 7–10, наименьшая 15–23 мм в северной (северный придел) марки № 1, 2, 26. За последний период наблюдений с 28.03.2000 г. по 24.04.2001 г. (1 год 1 месяц) наибольшую просадку имеет марка № 20 (7 мм на колокольне) и марка № 2 (4 мм на северном приделе).

В настоящее время мониторинг состояния основания объекта ведется методом подповерхностного зондирования с помощью георадара ОКО-2 (рис. 2). Для этого закреплен ряд трасс, из которых № 1 и № 2 – тарифовочные, а остальные расположены следующим образом:

- трасса № 3 – 26 м (проложена перпендикулярно по отношению к зубчатой стене восточного фасада по территории кремля);
- трасса № 4 – 51 м (проложена вдоль оси прохода Пречистинских ворот);
- трасса № 5 – 144 м (проложена вдоль зубчатых стен с внешней стороны);
- трасса № 6 – 145 м (проложена вдоль зубчатых стен с внутренней стороны);
- трасса № 7 – 44 м (проложена перпендикулярно по отношению к зубчатой стене восточного фасада за территорией кремля);
- трасса № 9 – 36 м (проложена вдоль фасада колокольни с внешней стороны);
- трасса № 10 – 39 м (проложена вдоль фасада колокольни с внутренней стороны);
- трасса № 11 – 242 м (проложена на территории кремля по линии построенного ранее геологического разреза).

В рамках данного исследования территории использованы антенные блоки АБ-250 и АБ-90. Антенны отличаются излучаемой частотой, которая определяет глубину зондирования. Первый антенный блок обеспечивает эффективную работу на глубинах, не превышающих 4,5 м, второй – на глубинах 10–15 м.

Результаты сканирования обработаны с помощью программного комплекса GEOSCAN-32. 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. Изменение диэлектрической проницаемости, рассчитанное при помощи измерительной гиперболы, в ореоле наблюдается на глубине 2,2 м и ниже. На рисунке 3 изображены характерные неоднородности, выявленные в результате георадиолокационного зондирования основания.



Рис. 1. Комплекс Астраханского кремля



Рис. 2. Зондирование основания

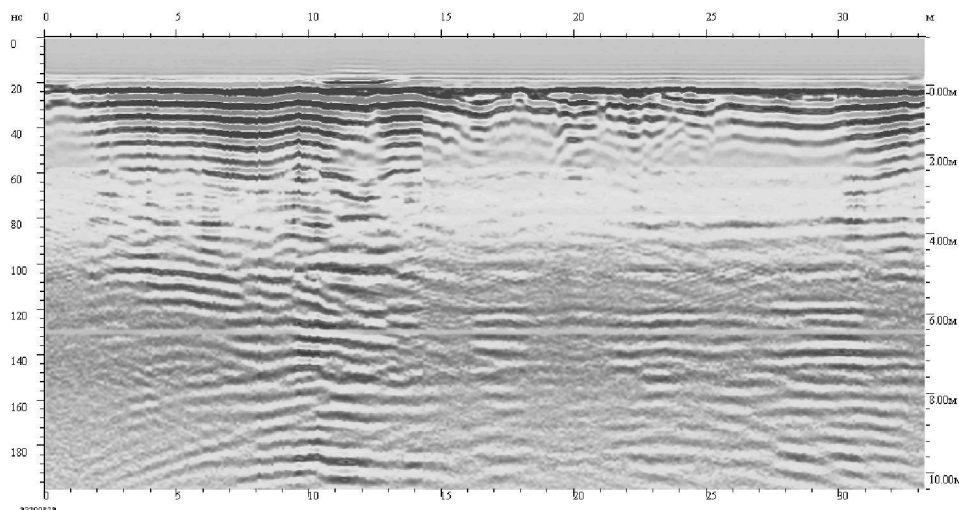


Рис. 3. Радарограмма на трассе № 9

Таким образом, капиллярный подъем грунтовых вод и утечки техногенного характера могут permanently контролироваться методом высокочастотного зондирования. Постоянный геотехнический контроль исключительно важен для рассматриваемого объекта, поскольку грунты на большей части бугра обладают просадочными свойствами. Кроме того, за счет капиллярного эффекта, обеспечивающего в 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 конструкции памятника. Данные мониторинга, полученные геофизическими методами, позволяют своевременно принимать меры по локализации деструктивных процессов, происходящих в кирпичной кладке зубчатых стен и строений, относящихся к комплексу Астраханского кремля.

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.
2. Технический отчет № 6791 «Составление инженерно-геологической карты по материалам изысканий прошлых лет на территории Астраханского кремля». – Астрахань : АстраханьТИСИЗ, 2001.

References

1. Polumordvinov O. A. K voprosu o sozdanii kompleksnoj metodiki inzhenernyh izyskanij dlja reshenija geotekhnicheskikh i geojekologicheskikh zadach stroitel'stva na urbanizirovannyh territorijah / O. A. Polumordvinov, I. M. Sheremetov, A. Ju. Kurdjuk // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2009. – № 1.
2. Tehnicheskij otchet № 6791 "Sostavlenie inzhenerno-geologicheskoy karty po materialam izyskanij proshlyh let na territorii Astrahanskogo kremlja". – Astrahan' : Astrahan'TISIZ, 2001.