

№1, 1999

Изменение гидрогеологической среды архитектурных памятников

Скальный В.С.

Большинство памятников архитектуры и истории, являясь национальным достоянием, находятся в аварийном состоянии из-за быстро развивающихся деформаций их подземных частей. Обследование более четырехсот объектов на территории более двадцати городов показало, что около 70% из них деформированы, в том числе в результате ухудшения гидрологических условий. Причем в последние годы большей деформации подвергаются капитальные здания старой застройки с ослабленной временем конструктивной жесткостью подземной части и убывающей, под действием эрозионных процессов остаточной прочностью конструкционных материалов верхнего строения.

Отличия в изменении физического состояния зданий древней застройки от более поздних и современных заключаются в разной величине общей осадки их фундаментов за эксплуатационный период, а также в большей подверженности замачиванию грунтов основания фундаментов грунтовыми водами, что оказывает существенное влияние на величину дополнительных перемещений фундаментов. При изменении гидрологических условий происходят неравномерные осадки фундаментов, вследствие чего изменяются жесткостные характеристики здания в целом.

Исторические здания несут в себе информацию всех процессов эксплуатационного периода.

Комплексные исследования гидрогеологической среды памятников архитектуры и истории показывают, что влияние подтопления на подземные части древних зданий значительно больше, чем на более поздние строения, что обусловлено существенной разницей относительной площади сбора инфильтрационных вод и их миграции к зданию по кольматационным водопорам в грунтовом массиве подземного пространства. Низкая конструктивная прочность древних фундаментов является следствием большей величины и неравномерности их дополнительных осадок при ухудшении гидрологических условий застроенной территории.

Ухудшение гидрологических условий, как это показывают исследования, в своей основе носят не локальный или региональный, а повсеместный характер. Это связано с изменением соотношения воды в твердом, жидком и газообразном состоянии и ее распределением на Земле, в подземном пространстве и в атмосфере. Исследования позволяют сделать вывод, что наблюдается прогрессирующее накопление воды в грунтовой толще. Основные причины этого процесса весьма разнообразны и подробно изложены в опубликованных работах. В основе глобальных изменений гидрологических условий, связанных с увеличением объема жидкой и парообразной воды в грунтовой среде лежит процесс уменьшения объема воды в твердом состоянии за счет потепления климата на Земле, что обусловило таяние ледников и вечномерзлых грунтов. Этот процесс будет ускоряться при интенсивном освоении северных и арктических территорий.

Например, во многих городах территории Ростовской области уровень сформировавшихся подземных вод в различных районах за последние 40 - 50 лет существенно поднялся (на 4,5 - 6 м) и располагается на глубине 1 - 1,5 м от дневной поверхности. А в отдельных населенных пунктах достиг земной поверхности. В городе Юрьев-Польский Владимирской области уровень сформировавшихся подземных вод не только значительно повысился, но в старой застройке изменилось направление фильтрационного потока с юго-западного на юго-

восточное. А в городе Владимире подтапливаются и деформируются здания старой застройки, расположенные на возвышенной территории рельефа.

Как известно, возрастание влажности, а тем более подтопление грунта в зоне сжимаемой толщи основания непосредственно влияет на устойчивость существующих и строящихся зданий и сооружений, так как оно существенно ухудшает деформационные свойства грунтов. Поэтому возможность подтопления подземных частей зданий, а равно и деформации оснований в целом рассчитываются с учетом прогноза изменения уровня сформировавшихся подземных вод в расчетный период эксплуатации. Причем прогноз изменения режима подземных вод чаще всего сводится к анализу ограниченных статистических данных об изменении процесса формирования этих вод и в результате существенно расходится с действительностью.

Следует отметить, что в современных расчетных схемах речь идет о прогнозе изменения уровня сформировавшихся подземных вод и подтоплении сжимаемой толщи основания в направлении снизу вверх. Однако при подтоплении фундаментов верховодкой происходит замачивание грунта сжимаемой толщи основания в направлении сверху вниз, что вызывает более скорую по времени, по величине и неравномерности осадку фундаментов. Причем подтапливается и замачивается верховодкой в первую очередь, грунт основания фундаментов наружных стен, и, следовательно, именно эти фундаменты получают большую дополнительную осадку, по сравнению с фундаментами несущих конструкций внутри здания. Таким образом, возникающая неравномерность дополнительной осадки от подтопления верховодкой вызывает деформацию крена наружных стен (так называемый "периметрический развал здания"). Следовательно, действующие нормы и правила по расчету геологически однородных оснований, предусматривающие равновеликое давление в плоскости подошв фундаментов наружных и внутренних конструкций зданий и сооружений заведомо обуславливают неравномерность их осадки, так как влажность грунта оснований фундаментов наружных стен и массива грунта, прилегающего к ним, в подавляющем большинстве случаев выше, чем под внутренним объемом здания.

Защитные мероприятия против воздействия инфильтрационных вод верховодки на подземную часть здания практически сводятся к устройству обмазочной гидроизоляции фундаментов, глиняных замков в пазухах обратной засыпки и инженерно-мелиоративным мероприятиям планировки прилегающей к зданию территории. Однако эти мероприятия только в начале эксплуатационного периода для вновь возводимых зданий являются сдерживающим фактором от подтопления верховодкой. Для зданий древней и старой застройки влияние подтопления фундаментов верховодкой на процессы развития дополнительной деформации грунтов основания являются доминирующими. Неучет роли верховодки при разработке защитных мероприятий в современной практике реставрации памятников архитектуры и истории приводит к недолговечности ремонтно-восстановительных работ и крайне низкой эффективности затраченных на них средств. Следует подчеркнуть, что объем и интенсивность инфильтрационного потока верховодки с каждым годом закономерно возрастает с увеличением скорости круговорота воды в системе атмосфера - грунтовая толща Земли.

Высокую эффективность защиты подземных частей зданий от различного рода подтоплений показал способ локального бездренажного водопонижения, на который получен патент №1067153. В основу этого способа положен принцип регулирования условий равновесия между давлением газовой среды в защитном слое грунта, окружающего сооружение, и гидростатическим давлением подземных вод прилегающего объема. При этом осуществляется аэрационное осушение грунта защитного слоя, в поровом пространстве которого поддерживается давление газовой среды, несколько превышающее гидростатическое давление подземных вод.

Интерпретационные системы предложенного способа были запроектированы и построены на ряде объектов: для подземных частей промышленных предприятий, заглубленных ниже поверхности земли более 7 м, в городах Ростове -на - Дону, Новочеркасске; для архитектурных памятников, заглубленных до 3,5 м в городах Владимире, Юрьев - Польшком. Материалы по результатам работы этих и других защитных систем опубликованы в трудах научно-технических конференций, в том числе Международной конференции "Подземный город: геотехнология и архитектура" (Санкт-Петербург, 1998г), научно-технических отчетах и проектах.

Капитальные здания древней и старой застройки, как правило, располагаются на возвышенных местах рельефа, чаще у рек и водоемов, к которым формируется природный сток поверхностных и инфильтрационных вод. Застройка возвышенных территорий формирует множество антропогенных факторов ухудшения гидрологических условий, а нарастание глобальных их изменений усугубляют ситуацию, способствуя развитию оползневых процессов на значительных территориях возвышенностей. Как показывают результаты многочисленных исследований, в оползневых процессах возвышенных территорий (особенно береговых) главную роль играет формирование и интенсивность миграционных потоков инфильтрационных вод по кольматационным водоупорам геомассива, а вспомогательную - поверхностной сток атмосферных осадков и талых вод.

Традиционные инженерные сооружения, рассчитываемые на восприятие сдвигающих нагрузок, как правило, конструктивно сложны, трудоемки, дороги, а главное, их устройство часто невосполнимо нарушает сложившееся в геомассиве на момент строительства естественное равновесие сдвигающих и удерживающих сил.

Разработка гибких гравитационных систем противооползневых инженерных сооружений позволила запроектировать сообразно различным гидрогеологическим условиям грунтовой среды и осуществить строительство этого вида сооружений, показавших высокую надежность и эффективность. Создание гибких гравитационных систем противооползневых инженерных сооружений позволяет, не нарушая критического равновесия сдвигающих и удерживающих сил, существенно увеличить последние с саморегулирующим (гибким) перераспределением напряжений в укрепленном массиве грунта. Примеры этого вида сооружений опубликованы в материалах научно-технических конференций и в журнале "Основания, фундаменты и механика грунтов" №5 за 1997г.

Весьма актуальной проблемой является в настоящее время сохранение зданий. Наиболее распространенным способом консервации является инъекционная технология восстановления сплошности тела строительных конструкций. Однако используемые в современной практике технологии не учитывают физико-химические особенности деструктированных поверхностей, внутренних полостей деформационных разрывов и не обеспечивают необходимую долговечность консервационных работ. Разработанный и запатентованный (патент на изобретение №2123567) физико-химический способ укрепления конструкций исторических памятников, позволяет существенно повысить качество и долговечность конструкционно-реставрационных работ.

Другой очень важной проблемой восстановления белокаменных архитектурных памятников Древней Руси является использование современных ремонтно-конструкционных материалов, в частности строительных растворов. У белокаменных зданий Древнерусских архитектурных памятников не только верхнее строение, но и верхняя часть фундаментов, как правило, выложены из белого камня на известковом растворе. Существующие технические нормы в реставрационном строительстве запрещают использование цементных растворов для ремонта и консервации белокаменных конструкций, так как они не обладают химическим сродством с материалом памятников и, вступая с ним в химические реакции, быстро разрушают белый камень. Современные же известковые растворы имеют низкую прочность (до 0,9МПа на

сжатие и нулевую на изгиб) и не могут использоваться для этих видов работ.

Теоретически обоснованная и практически разработанная новая физико-химическая технология позволяет приготавливать известковые растворы (при одинаковом их вещественном и композиционном составе в сопоставлении с традиционными), обладающие прочностью на сжатие 15...40 МПа и более, а на изгиб - свыше 3,5 МПа. Эффект достигается за счет увеличения суммарной поверхностной энергии минеральных частиц заполнителей и их адгезионной способности путем повышения дисперсности минеральных частиц при неизменном объеме вяжущего.

Обобщение рассмотренных аспектов проблемы физического износа архитектурных памятников и накопленного опыта проведения противоаварийных работ по сохранению древних и старых зданий позволяет выявить закономерности изменения и влияния гидрогеологической среды на подземные их части и сформулировать следующие основные принципы решения инженерных задач в реставрационном строительстве:

1. В верхнем осадочном слое поверхности Земли с течением времени на разных глубинах формируются кольматационные прослойки грунта за счет инфильтрации атмосферных и талых вод и суффозионного выноса из верхних слоев грунта пылеватых и коллоидных частиц. В результате образуются относительные водоупоры для миграции верховодки.
2. Возводимые здания и сооружения, испытывая осадки, деформируют грунтовую толщу и горизонты кольматационных водоупоров, изгибая их осадочными воронками, в центре которых находятся сами сооружения. Это создает условия для миграции инфильтрационных вод к подземным частям зданий и их основаниям сверху. С течением времени этот процесс подтопления верховодкой прогрессирует и для древних строений становится доминирующим.
3. Диаметр осадочной воронки для древних зданий, простоявших более четырех столетий, составляет у поверхности земли до трех величин толщины линейно деформируемого слоя основания.
4. Глобальное изменение гидрологических условий, связанное с увеличением объема жидкой фазы воды на Земле и накоплением ее в грунтах, создают условия для подъема уровня сформировавшихся подземных вод и подтопления оснований зданий и сооружений снизу.
5. Объем и интенсивность инфильтрационного потока верховодки с увеличением жидкой фазы воды на Земле возрастает, так как увеличивается круговорот воды в системе атмосфера - грунтовая толща, а следовательно возрастает ее влияние на физико-механические свойства грунтов оснований, величину дополнительной неравномерной осадки фундаментов зданий и сооружений и долговечность последних.
6. Ухудшение гидрологических условий и связанное с этим явлением развития дополнительных неравномерных осадок фундаментов древних и старых зданий с высокой степенью износа строительных конструкций с течением времени становится все большей угрозой для памятников архитектуры и истории.
7. Проведению противоаварийных и восстановительно - реставрационных работ должно предшествовать комплексное научно-техническое обследование, в том числе инженерно - археологические изыскания, и не только архитектурного памятника, но и окружающей его среды с созданием системы долговременного мониторинга за состоянием памятника.
8. Проектирование противоаварийных и ремонтных восстановительно-реставрационных работ по сохранению памятников архитектуры должно включать разработку концептуально-эскизного проекта с принципиальными инженерными решениями на базе результатов

комплексных научно-технических исследований, а также последующую корректировку и доработку рабочих чертежей в процессе авторского научно-технического сопровождения производства работ до полного их завершения.

9. Проектирование инженерной защиты и укрепление подземных частей памятников должно обеспечивать геоэкологическое равновесие в изменяющихся гидрологических условиях, поддержание нормальной их эксплуатации и долговечность с предпочтительным использованием систем: дренажа при подтоплении верховодкой; бездренажного способа водопонижения, при подъеме уровня сформировавшихся подземных вод; перетока, при подпоре подземных вод.

10. Проектируемые инженерные решения не должны нарушать сложившуюся систему передачи нагрузок в конструктивной схеме старого здания и вызывать перераспределение напряжений в сохраняемых их конструктивных элементах. Все решения должны быть направлены на снижение аварийности памятников, укрепление существующих конструкций и конструкционных материалов, обеспечение их необходимой долговечности.

11. Укрепление деформированных и ослабленных каменных конструкций предпочтительно осуществлять по технологии, учитывающим физическое состояние первичных конструкционных материалов, происшедшие в них химические преобразования и их химическое сродство с используемыми ремонтными материалами.

12. Для ликвидации оползневых процессов застроенных возвышенных территорий целесообразно использовать гибкие гравитационные системы инженерных сооружений которые не нарушая критического равновесия между сдвигающими и удерживающими силами увеличивают последние, и способствуют саморегуляции в перераспределении опасных напряжений в укрепляемом массиве грунта.