

## ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НОВГОРОДСКОГО КРЕМЛЯ ЗА ТЫСЯЧЕЛЕТНИЙ ПЕРИОД ЕЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Территория Новгородского кремля с многочисленными памятниками инженерно-фортификационного культового и гражданского строительства за тысячелетний период ее разностороннего хозяйственного использования приобрела существенные, нетипичные ранее для нее природные особенности. Это проявляется сегодня в значительных антропогенных изменениях и преобразованиях существовавшей когда-то геоморфологической обстановки (рельефа), геологического строения приповерхностных горных пород и, как следствие, гидрологических и гидрогеологических условий данного обособившегося во многих отношениях участка городской территории. Именно изменениям гидрогеологической обстановки и антропогенным (техногенным) факторам, их обусловившим, и посвящена данная работа.

Гидрогеологические условия характеризуются фильтрационным (литологическим) строением водовмещающих, перекрывающих и подстилающих пород, режимом подземных вод (уровенным, гидрохимическим, температурным и бактериологическим), дренируемостью территории, условиями питания и разгрузки, формирующимися в результате различных изменяющихся воздействий — природных и техногенных.

Наиболее подвижной составляющей геологической среды — среды обитания памятников археологии (культурного слоя, погребенных памятников архитектуры и пр.) и заглубленных помещений и конструкций памятников архитектуры — являются подземные воды. Они, как правило, в первую очередь определяют складывающуюся опасную геологическую обстановку на исторических территориях. Трансформация их режима вызывает формирование или интенсификацию таких неблагоприятных гидрогеологических и инженерно-геологических процессов, опасных для сохранения памятников археологии и архитектуры, как подтопление, подпор и осушение, изменения температуры, химического состава подземных вод (появление в них в XX в. тяжелых металлов, нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, аммиака и пр.) и их агрессивности, формирование техногенных верховодок и новых водоносных горизонтов, капиллярное увлажнение грунтов, фундаментов и заглубленных помещений, расположенных в зоне аэрации, морозное пучение глинистых грунтов, оползание склонов, суффозия, осадки грунтов, деформации оснований и снижение их несущей способности, гидростатическое взвешивание, размокание, размягчение и разрушение структуры некоторых грунтов, их засоление, заболачивание территории и пр.

Постепенные, происходившие в течение целого последнего тысячелетия, изменения геологического строения приповерхностных отложений, а следовательно рельефа, гидрографической сети, геофильтрационных и гидрогеологических условий территории в пределах современного кремля, целиком связаны с поэтапным, все более широким ее хозяйственным освоением, преобразованием и дальнейшим строительным, оборонным и культовым использованием человеком в этот относительно длительный период.

До существенного накопления антропогенных отложений (насыпных грунтов, в том числе культурного слоя) первым от земной поверхности на данной территории был ныне второй от поверхности водоносный горизонт гравелисто-песчаных аллювиальных отложений р. Волхов, перекрытых сегодня почти повсеместно озерно-ледниковыми глинами и суглинками, образующими местный водоупор. Как и в настоящее время, приуроченные к гравелистым пескам подземные воды в основном обладали свободной (безнапорной) уральной поверхностью, и лишь на отдельных участках существовали небольшие постоянные или временные (сезонные) местные напоры.

По мере постепенного увеличения мощности насыпных грунтов (сначала в пределах наиболее пониженных участков существовавшей тогда дневной поверхности), а также в процессе строительства и перестройки линейных оборонительных сооружений (крепостных валов, стен, рвов) также постепенно формировались и новые условия, при которых попадавшие в пределы крепости атмосферные осадки (дождевые и снеготалые воды) не полностью отводились поверхностным и подземным стокам с данной территории, а частично аккумуляровались в наибольших скоплениях рыхлых, относительно хорошо проницаемых антропогенных отложений (особенно в понижениях палеорельефа) в виде отдельных разрозненных, часто сезонных линз грунтовых вод типа «верховодки». В меженные периоды года (особенно летом) линзы верховодки частично или полностью пересыхали, а в водообильные сезоны или в годы повышенной водности здесь вновь скапливались воды атмосферного происхождения.

С дальнейшим увеличением площадей и объемов грунтовых подсыпок, и особенно после засыпки оврагов и других крупных линейно вытянутых палеопонижений, которые до этого являлись здесь открытыми естественными дренами для поверхностных и подземных вод и основными путями (коллекторами) их интенсивного отвода за границы детинца в направлении Волхова, росли и площади распространения, и объемы водовмещающих антропогенных грунтов, а следовательно, увеличивались периоды существования в них верховодки и ее размеры.

В XVII—XVIII вв. в крайней южной части территории кремля уже сформировались неблагоприятные для ее тогдашнего хозяйственного использования гидрогеологические условия. В мощной здесь толще рыхлых насыпных грунтов, заполняющих большое палеопонижение, сформировалась крупная линза верховодки, уральной поверхность которой уже тогда залегала близко от земной поверхности. Этому способствовало сооружение еще в XV в. южного участка армированного деревянными конструкциями и водоупорными глинами ядра крепостного вала, перегородившего естественное в дан-

ном случае направление подземного стока грунтовых вод из засыпанного палеопонижения в южный крепостной ров, бывший когда-то естественным оврагом, отводившим поверхностный сток из данного палеопонижения. Именно поэтому уже в XVII—XVIII вв. в данной части территории кремля была проложена и долгое время функционировала «древняя» дренажная система, которая собирала и отводила высокие грунтовые воды по кирпичным и деревянным дренажным трубам за пределы крепости в оборонительный ров в районе Спасской башни.

В начале последнего столетия гидрогеологическая ситуация в крайней южной части территории кремля еще более усложнилась. Так, известно, что здесь размещался большой бессточный пруд-водонакопитель неизвестного назначения, а в послереволюционный период довольно долго существовало крупное парниковое хозяйство (видимо, со значительным водопотреблением в вегетационные периоды многих лет). Кроме этого, в начале XX в. (в том числе и в процессе археологических раскопок) была окончательно разрушена указанная выше (и собственно обнаруженная данными раскопками) «древняя» дренажная система, т. е. возникли еще более благоприятные условия для постоянного существования здесь крупной линзы грунтовых вод, приуроченной к насыпным грунтам, с весьма затрудненной разгрузкой подземных вод путем бокового оттока как в сторону южного участка крепостного рва, так и в сторону погребенного кремлевского оврага.

На остальной территории кремля в изменениях гидрогеологической ситуации последнего столетия со временем решающую роль стал играть принципиально иной техногенный фактор. В результате прокладки на территории кремля первых водонесущих инженерных коммуникаций, дальнейшего расширения их сети, ее продолжительной эксплуатации и старения возникло дополнительное питание грунтовых вод верхнего горизонта за счет инфильтрации значительных утечек вод хозяйственно-питьевого назначения и особенно канализационных стоков. Как установлено в результате стационарных гидрогеологических наблюдений 1992—1993 гг. за режимом грунтовых вод, техногенное питание последних за счет утечек является здесь одной из основных приходных статей их водного баланса. Именно систематические и отчасти аварийные утечки наряду с инфильтрацией скапливающихся в пределах кремля атмосферных осадков привели к формированию в насыпных грунтах исследуемой территории постоянного техногенного водоносного горизонта, сменившего сезонную верховодку и являющегося виновником подтопления и, как следствие, деформации конструкций ряда историко-архитектурных памятников и других сооружений. Вместе с тем образование этого горизонта в определенной степени способствовало сохранению культурного слоя.

Масштабы и интенсивность утечек и других водопотерь прямо связаны с масштабами водопотребления и водоотведения и с размещением (в плане) водопотребляющих объектов и водонесущих сетей. Общее водопотребление (а следовательно, и водоотведение) в пределах кремля, по официальным данным, сегодня составляет около  $2100 \text{ м}^3/\text{мес.}$ , или  $25\,210 \text{ м}^3/\text{год}$ , причем 70 % ( $17\,640 \text{ м}^3/\text{год}$ ) приходится на центральную часть исследуемой территории. Именно

здесь находятся самые крупные водопотребители: ресторан «Детинец» в Покровской башне (800 м<sup>3</sup>/мес.) и котельная в здании Присутственных мест (545 м<sup>3</sup>/мес.). Остальными водопотребителями (30 % от общей водоотдачи) являются здания, сооружения и службы в северной части территории. В южной части водопотребители, а следовательно и современные водоподводящие и водоотводящие (канализационные) коммуникации, полностью отсутствуют.

Оценка величины возможных водопотерь в пределах кремля из всех видов инженерных водонесущих коммуникаций (даже без потерь, не поддающихся и ориентировочному учету) показала, что утечки составляют как минимум:

из безнапорной канализации — 295,0 м<sup>3</sup>/мес.;

из напорной канализации — 9,91 м<sup>3</sup>/мес.;

из водоподводящих сетей — 41,4 м<sup>3</sup>/мес.

Следовательно, суммарная величина потерь составляет не менее 346,3 м<sup>3</sup>/мес., или 4155,6 м<sup>3</sup>/год, т. е. 16,5 % от общей водоотдачи на территории кремля, причем 14,0 % из 16,5 % приходится на безнапорную канализацию, выполненную, как это обычно принято, из негерметично состыкованных керамических труб без использования сопутствующих дренажей.

Кроме этого, определенную долю в дополнительное питание грунтовых вод стали вносить систематические летние поливы внутрикремлевских зеленых насаждений, которые, судя по сохранившимся фотографиям второй половины прошлого столетия, ранее занимали значительно меньше площади.

В результате в насыпных покровных отложениях, повсеместно перекрывших здесь четвертичные породы естественного происхождения, из разрозненных линз верховодки сформировался относительно единый в плане и постоянный во времени новый (первый от земной поверхности) техногенный водоносный горизонт, типично грунтовый по характеру залегания.

Для постоянной оценки условий формирования режима грунтовых вод и выявления возникающих в процессе эксплуатации рассматриваемой исторической территории опасных аномалий в изменяющихся гидрогеологических условиях была создана специальная мониторинговая система наблюдательных скважин (на два указанных выше горизонта), по которым с 1992 г. ведутся систематические наблюдения за уровнями подземных вод (1 раз в 10 суток) и их химическим составом (отбор проб на анализ 1 раз в квартал). Представленная на рис. 1 характерная для территории Новгородского кремля карта-схема гидроизогипс (данные 1993 г.) верхнего горизонта грунтовых вод характеризует особенности их развития по площади и направлению потока.

Техногенные грунтовые воды в настоящее время залегают на сравнительно небольшой глубине (особенно в южной и центральной частях территории кремля) и отсутствуют лишь на отдельных участках в местах значительных возвышений в палеорельефе поверхности коренных пород естественного происхождения, а также в зонах наилучшего дренирования подземного стока грунтовых вод засыпанными оврагами, работающими теперь как закрытые дрены, и «гидрологическими окнами» (разрывами сплошности) в подстилающем насыпные грунты водоупоре из озерно-ледниковых глин.



Рис. 1. Схема гидроизогипс уровня грунтовых вод на территории Новгородского кремля. Весна (май) 1994 г.

В результате районирования территории кремля по материалам всего цикла гидрогеологических наблюдений за урвненным режимом грунтовых вод (осень 1992—осень 1993 г.) в ее пределах выделены территории (рис. 2) с различным положением урвня грунтовых вод (УГВ):

с УГВ, в течение всего периода наблюдений фиксировавшимся на глубинах менее 2,0 м от земной поверхности (район А);

с УГВ, сезонно фиксировавшимся на глубинах менее 2,0 м от поверхности (район Б);

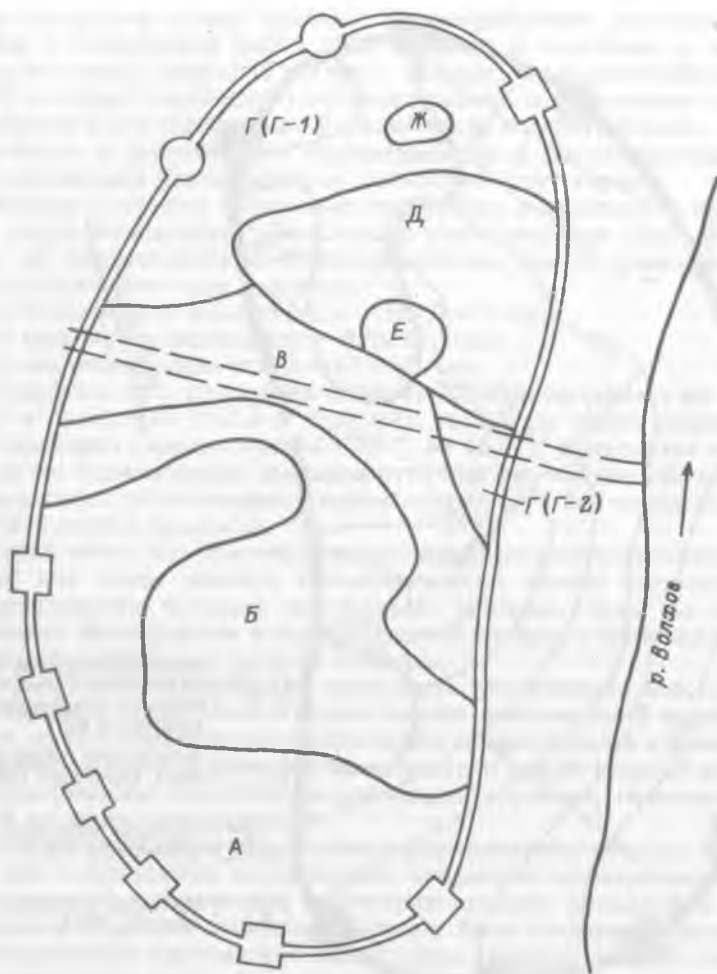


Рис. 2. Схема районирования территории Новгородского кремля по результатам гидрологических наблюдений за уловненным режимом грунтовых вод в 1992—1993 годах.

А, Б, В и др. — гидрогеологические районы с различными глубинами залегания и особенностями режима грунтовых вод.

с УГВ, в течение всего периода наблюдений фиксированным на глубинах от 2,0 до 3,0 м от поверхности (район В);

с УГВ, в течение всего периода наблюдений фиксированным на глубинах более 2,0 м, а сезонно — более 3,0 м от поверхности (район Г);

с УГВ, в течение всего периода наблюдений фиксированным на глубинах более 3,0 м от поверхности (район Д);

с отсутствием грунтовых вод в течение всего периода наблюдений (район Е);

с отсутствием грунтовых вод в зимний период наблюдений (район Ж).

Проводимые в пределах кремля гидрогеологические исследования и данное районирование рассматриваемой исторической территории позволили гидрогеологически обосновать необходимость первоочередных мероприятий инженерной защиты постоянно подтопленных (район А) и сезонно подтапливаемых (район Б) южных участков этой территории и расположенных здесь памятников архитектуры и других инженерных и хозяйственных объектов от негативного воздействия подземных вод. Но эти вопросы выходят за рамки данной статьи.

Из изложенного можно сделать следующий важный вывод, безусловно интересующий специалистов, занимающихся исторической архитектурой, современной эксплуатацией исторических городских территорий и археологией.

Многовековые антропогенные преобразования природной обстановки в пределах кремля привели к принципиальным изменениям гидрогеологических условий его территории. Причем весь период существования и функционирования данной исторической территории до последнего столетия можно охарактеризовать как «подготовительный» (носящий часто латентный характер) к тем резким негативным изменениям гидрогеологической ситуации, которые произошли в последнее столетие (особенно в последние несколько десятилетий). Постепенное накопление антропогенных геологических образований, сезонно и спорадически обводняемых скапливающимися здесь атмосферными осадками, сменилось интенсивным формированием в толще насыпных грунтов постоянно существующего, выдержанного по площади, нового первого от земной поверхности водоносного горизонта подземных вод с весьма высоким положением их уровня. Последнее связано прежде всего с резким увеличением водопотребления и, следовательно, водопотерь на данной исторической территории, естественно, не приспособленной (не готовой) к такой избыточной техногенной нагрузке. Возникшие новые гидрогеологические условия в свою очередь стали отрицательно влиять на жизнедеятельность и нормальную эксплуатацию самой исторической территории, и прежде всего на сохранность не подготовленных к этому историко-архитектурных и археологических памятников, прямо или косвенно вызывая относительно скоротечные их разрушения. В результате возникла насущная необходимость безотлагательного применения гибкой системы инженерной защиты от разнопланового негативного воздействия высоких подземных вод.

Необходимо также отметить, что с одновременным ростом мощности техногенных отложений (отметок их поверхности), а следовательно и культурного слоя, шло повышение грунтовых вод — надежного его консерванта. Однако происходящие в последние десятилетия изменения их химического состава приводят к необходимости проведения специальных исследований по оценке консервационных свойств сформировавшихся на территории кремля грунтовых вод и водовмещающих грунтов.

Созданная стационарная режимная сеть наблюдательных скважин, являющаяся основным элементом гидрогеологического мониторинга на данной исторической территории, позволяет опе-

ративно отслеживать появляющиеся неблагоприятные изменения в режиме грунтовых вод и своевременно вырабатывать необходимые управляющие решения.

Последующее создание (совместно с археологами и архитекторами) комплексной системы адаптационного управления подземными водами на данной исторической территории — системы, включающей подсистемы слежения (мониторинга), регулирования (защиты), и позволит свести к минимуму величину риска влияния гидрогеологического фактора на сохранность археологических и архитектурных памятников ансамбля Новгородского кремля.