

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ТЕХНОГЕННЫХ НАКОПЛЕНИЙ ОСНОВАНИЯ
ЮЖНОЙ ЧАСТИ КРЕПОСТНОЙ СТЕНЫ
НОВГОРОДСКОГО КРЕМЛЯ**

На современном этапе интенсивной инженерно-строительной и хозяйственной деятельности человека повсеместно наблюдается проявление инженерно-геологических процессов, приводящих, как правило, к негативным изменениям в состоянии и свойствах геологической среды города. Территория Новгородского кремля стала ареной разнообразных проявлений этих процессов, возникающих при преобразованиях естественной части геологической среды, оказавшейся во взаимодействии с памятниками истории и культуры.

За более чем тысячелетний период развития на территории кремля накопился мощный слой техногенных грунтов, сформировавших искусственную часть геологической среды. Техногенные накопления являются непосредственным основанием многих кремлевских зданий и сооружений, и их инженерно-геологическая оценка приобретает важное значение при проектировании и реализации реставрационных мероприятий, обосновании глубинных охранных зон, при обеспечении безопасной эксплуатации архитектурно-археологического комплекса.

Новгородский кремль расположен на левом берегу р. Волхов, на участке, искусственно обособленном от города крепостным валом и рвом. Крепостной ров имеет ширину около 60 м и глубину до 6 м, борта его крутые, с углами наклона 30—35 градусов.

Вал представляет собой искусственное образование асимметричной формы, в строении которого принимают участие насыпные грунты, армированные древесиной.

Геологический разрез непосредственного основания крепостной стены от Воскресенских ворот до Дворцовой башни вскрывался разведочными шурфами, пройденными ниже подошвы фундаментов на глубины 0,5—0,9 м.

Техногенные накопления, вскрытые этими выработками, детально документировались и исследовались как полевыми лабораторными методами на базе передвижной инженерно-геологической лаборатории, так и в стационарной лаборатории кафедры инженерной геологии Московской государственной геологоразведочной академии.

Были детально изучены состав, структурно-текстурные особенности и состояние грунтов.

Одним из основных направлений инженерно-геологических работ является оценка дефицита несущей способности грунтов основания крепостных сооружений.

Дефицит несущей способности грунтов основания — недостаток способности грунтов воспринимать реальные нагрузки в результате происходящих в основании процессов, изменяющих структуру и

свойства грунтов и создающих условия для развития деформаций в несущих конструкциях.

Успех инженерно-геологической оценки и составления расчетных моделей оснований и среды размещения фундаментов памятников архитектуры во многом обеспечивается детальной инженерно-геологической стратификацией отложений.

Установлено, что в сфере взаимодействия крепостной стены с искусственной геологической средой насыпи вала выделяются устойчивые маркирующие горизонты и опорные поверхности, позволяющие составить инженерно-геологический опорный (реперно-стратиграфический) каркас основания и обосновать расчетные модели.

Верхняя часть разреза основания крепостной стены является продуктом военной, хозяйственно-бытовой и реставрационной деятельности человека, что придает грунтам специфические и, как правило, неблагоприятные свойства.

Для отсыпки пачки песчано-глинистых грунтов, залегающих в непосредственном основании крепостной стены, строителями оборонительных сооружений были использованы грунты озерно-ледниковых верхнечетвертичных отложений.

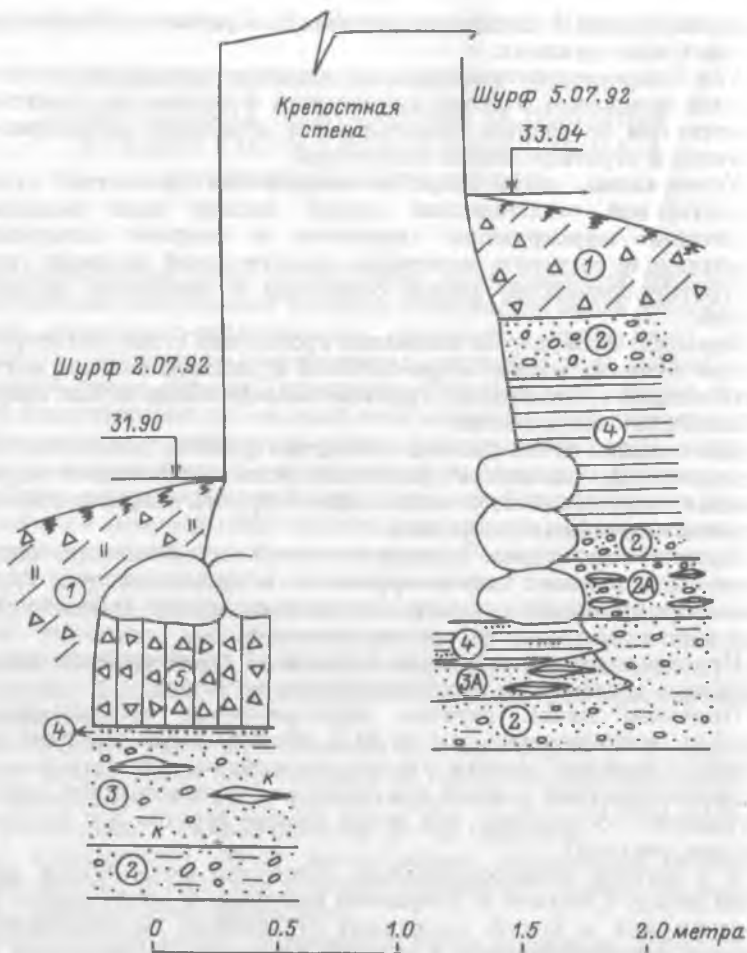
Оценка параметров пространственной изменчивости состава, строения, состояния, деформируемости и прочности этих грунтов позволили представить непосредственное основание крепостной стены в виде композиции расчетных элементов.

Непосредственное основание крепостной стены сложено преимущественно глинистыми тугопластичными грунтами.

Песчаные пачки грунтов переслаиваются тугопластичными глинами, занимающими от 5 до 50 % объема. Такое строение пачек песчано-глинистых грунтов в целом при критических нагрузках создает благоприятные условия для сдвига как по поверхности контакта «фундамент—основание», так и при выпоре грунтов под фундаментом (см. рисунок).

А в грунтах непосредственного основания фундаментов прясел стены между Спасской и Дворцовой башнями, а также между башнями Княжой и Кокуй, сложенных суглинками тугопластичными, глинами тугопластичными и песками крупными, установлены многочисленные зеркала скольжения (следы пластических деформаций), секущие глинистые слои и прослой с характерными для сдвигов зеркалами скольжения и уступами срывов. Поверхности скольжения приурочены к контурам фундаментов, они прослеживаются на всю вскрытую глубину основания (0,5—0,9 м под подошвами фундаментов) и имеют выдержанный наклон к горизонту, равный 35—37 градусов. Эти факты свидетельствуют о достижении критических напряжений в основании и об опасности выпора грунтов.

Оценки величин расчетного давления R на грунты, основанные на допущении образования зон пластических деформаций ограниченного размера, показали, что величины R под подошвами фундаментов, опирающихся на техногенные грунты, в частности на тугопластичные и полутвердые глины, составляют 206—235 кПа. В свою очередь фундаменты передают нагрузки, создающие давление непосредственно под подошвами, равные 245—265 кПа. Таким образом, существует дефицит несущей способности непосредственного осно-



Характер залегания техногенных наслоений крепостной стены между Дворцовой и Спасской башнями.

1 — сусь древесная, твердая, слежавшаяся; 2 — песок гравелистый, бурый, рыхлый и средней плотности с линзами коричневых глин полутвердых; 2А — то же с линзами глин до 50 % объема толщи; 3 — песок крупный, бурый, средней плотности, маловлажный с линзами глин; 3А — то же с линзами глин до 50 % объема толщи; 4 — глина красновато-коричневая, тугопластичная, комковатая; 5 — известково-глинистый цемент с галечниковым и песчаным наполнителем.

вания, составляющий 12—22 % даже без учета несущей способности залегающей ниже интенсивно гумусированной толщи. Равновесие системы «фундамент—основание» на пряслах между башнями Кокуй и Дворцовой может рассматриваться как неустойчивое, а процессы пластических деформаций в техногенных грунтах создают реальную опасность аварийных ситуаций.

Горизонтально-слоистые песчано-глинистые пачки обладают резко выраженной анизотропностью водопроницаемости. Наличие выдержанных прослоев глин придает песчано-глинистым пачкам осно-

вания плохую водопроницаемость в вертикальном направлении и типичную для песков хорошую газо- и водопроницаемость в горизонтальном направлении.

При этом часть выпадающих атмосферных осадков аккумулируется в фундаментах и под ними. Поскольку высачивание воды и ее испарение происходит значительно медленнее, то формируется техногенный водоносный горизонт, приуроченный к фундаментам крепостных стен и башен.

Если в достаточно сухое лето 1992 г. грунтовые воды не вскрывались, то факты водопритоков в выработке отмечались в 1952 и 1993 годах.

В 1992 г., отличавшемся небольшим количеством атмосферных осадков в весенне-летне-осенний период, весовая влажность суглинков составляла величину, равную в среднем 0,22, а в летний период 1993 г., богатый осадками, влажность этих грунтов значительно увеличилась, достигая величин границ текучести — 0,32.

Наличие по периметру стен и башен Кремля более 50 архитектурно-археологических и прочих выработок, засыпанных строительным мусором и крупнообломочными грунтами (щебнем и дресвой кирпича, известняка, известковой крошкой), создает реальную угрозу локального сосредоточенного увлажнения грунтов основания атмосферными осадками в условиях затрудненного поверхностного стока.

Вдоль прясел стен длительное время (со времени реставрации 1947—1962 гг.) существуют навалы строительного мусора, создающие уклоны дневной поверхности к стенам.

Эти навалы состоят из кирпичного щебня, обильной известковой крошки с супесчаным или, реже, песчаным заполнителем. На отдельных участках надземные элементы сооружений погребены на глубину до 1,2 м.

Установлено, что такие условия негативно сказываются на состоянии погребенных частей памятников архитектуры.

Как надземные, так и погребенные конструктивные элементы стены стали местом активного проявления процесса выветривания искусственных и естественных строительных материалов.

Установлено, что нахождение конструкций стены в техногенных грунтах способствует проявлению биохимических процессов выветривания и деструкции кладки.

Активность физико-химических процессов выветривания погребенной кладки в значительной степени связывается с содержанием органических веществ в техногенных грунтах (см. таблицу).

Химический состав водных вытяжек из техногенных накоплений

Глубина отбора, м	Содержание компонентов, мг/л					рН	Сорг, мг/л	Минерализация, мг/л
	НСО ₃ ⁻	Сl ⁻	So ²⁻ ₄	Ca ²⁺	NH ⁺ ₄			
0,5	524,6	9,4	271,5	320,6	2,8	6,9	1,6	1184,7
1,0	1015,0	24,0	575,8	280,7	1,5	6,5	0,8	1938,2
1,5	487,1	11,0	364,0	196,4	2,4	6,5	1,9	2064,9
2,0	314,0	4,1	759,6	301,1	17,0	7,1	11,0	2985,4

Результаты геохимического опробования техногенных грунтов свидетельствуют о том, что повышенное содержание углеводородной органики способствует поддержанию жизнедеятельности различных групп микроорганизмов и рассматривается как реагент, способствующий выщелачиванию и образованию комплексов с ионом кальция, входящего в состав известково-глинистого цемента каменной кладки.

Установлено, что наиболее активно эти разрушительные физико-химические процессы идут на контакте погребенных конструкций с техногенной толщей.

Разрушение и выщелачивание известкового цемента, сколы кирпича кладки цокольной части стен активно способствуют перераспределению напряжений в несущих элементах и, как следствие, вносят существенный вклад в процессы деформации и разрушения памятника.

Таким образом, техногенные накопления при инженерно-геологической оценке являются фактором риска для безопасного существования крепостных стен и башен Новгородского кремля, своего рода «слабым звеном» геологической среды.

Состояние и свойства грунтов оснований при антропогенных воздействиях претерпевают значительные изменения, приводящие к снижению несущей способности основания, возникновению его значимого дефицита.

Избежать в будущем возможных пагубных последствий антропогенных процессов, по-видимому, удастся при достижении инженерной и геологической гармонии в природно-технической системе уникального памятника фортификационного искусства средневековья — Новгородского кремля.