

DOI 10.53278/2306-9139-2025-1-24-50-62

УДК 624.131.1

**ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ СВЯТО-УСПЕНСКОГО
ПСКОВО-ПЕЧЕРСКОГО МОНАСТЫРЯ. МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**FEATURES OF THE GEOTECHNICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS
OF THE HOLY DORMITION PSKOV-PECHERSK MONASTERY TERRITORY.
THE DANGEROUS GEOLOGICAL PROCESSES MONITORING**

© 2025 г И. В. Аверин

© 2025 I. V. Averin

ООО «Инженерная Геология», ул. Ярцевская, д. 16, г. Москва, 121351, Россия
LLC «Engineering Geology», bld. 16, Yartsevskaya St, Moscow, 121351, Russia

i.averin@mail.ru

Аннотация. В статье на основании проведенного комплекса инженерных изысканий подробно рассмотрены инженерно-геологические и гидрогеологические условия Псково-Печерского монастыря. Исходя из особенностей геоморфологического и геолого-литологического строения, выделены наиболее опасные геологические процессы, такие как подтопление и оползнеобразование, представляющие наибольшую опасность для сохранности исторических сооружений, уникальных пещер и древнего ландшафта монастыря. В заключении подробно рассмотрены результаты мониторинга оползневых процессов, который осуществлялся более пяти лет.

Abstract: Based on the complex of engineering surveys carried out, the article considers in detail the engineering, geological and hydrogeological conditions of the Pskov-Pechersk Monastery. Based on the features of the geomorphological and geological-lithological structure, the most dangerous geological processes are identified, such as flooding and landslide formation, which pose the greatest danger to the preservation of historical structures, unique caves and the ancient landscape of the monastery. In conclusion, the results of the monitoring of landslide processes, which have been carried out for more than five years, are considered in detail.

Ключевые слова: Свято-Успенский Псково-Печерский монастырь; опасные геологические процессы; подтопление; оползневые процессы; расчет оползневой устойчивости; гидрогеологический мониторинг; инклинометрический мониторинг.

Key words: Pskov-Pechersky Monastery; dangerous geological processes; flooding; landslide processes; calculation of landslide stability; hydrogeological monitoring; inclinometric monitoring.

Свято-Успенский Псково-Печерский монастырь — один из самых крупных и известных в России мужских монастырей с многовековой историей (рис. 1). Название монастыря связано с находящимися в нём пещерами, называемыми «Богом зданными» (то есть созданными Богом). В 1473 году здесь была освящена пещерная церковь Успения Божией Матери, выкопанная преподобным Ионой в холме из песчаника. Этот год считается годом основания монастыря. Холм, в котором находятся Успенская церковь и «Богом зданные» пещеры, называется Святой горой.

Монастырь ни разу за всю свою историю не закрывался. В межвоенный период (с февраля

1920 до января 1945 года) находился в пределах Эстонии, благодаря чему не был закрыт (все монастыри на территории СССР были закрыты к концу 1920-х годов).

Пещеры впервые были упомянуты в 1392 году, когда в них, по преданию, поселились монахи, бежавшие в псковскую землю с юга, от набегов крымских татар. Из этого же источника известно имя только одного из этих затворников, преподобного Марка, называемого «начальным иноком» монастыря. Согласно монастырской летописи, в 1470 году в пещере поселился священник Иоанн, рядом с «Богом зданными» пещерами он «ископал» пещеру, в которой устроил церковь в честь



Рис. 1. Свято-Успенский Псково-Печерский монастырь. Наши дни [фото из открытых источников].

Успения Пресвятой Богородицы, освящённую в 1473 году.

Настоящий расцвет обители связан с её следующим игуменом, преподобным мучеником Корнилием. При нём обитель превратилась в сильную крепость, вокруг монастыря были воздвигнуты каменные стены (1558–1565 гг.), которые служили его обороне более 150 лет, до заключения Ништадтского мира в 1721 г. За это время монастырь выдержал осады войск польского короля Стефана Батория (1581 г.), польских отрядов под командованием Я. Ходкевича и А. Лисовского и шведских войск короля Густава II Адольфа (с перерывами в 1611–1614 гг.), войск шведского короля Карла XII (1703 г.).

В 1815–1827 гг. в память избавления Пскова от наполеоновских войск был сооружён Михайловский собор, в 1870 году была устроена Сретенская церковь.

В 1920 году по Тартускому мирному договору город Печоры (Петсери) и Печорский уезд отошли Эстонии и оставались там вплоть до присоединения Эстонии к СССР в 1940 году.

16 января 1945 года Печорский район был передан из Эстонской ССР в состав Псковской области РСФСР. Около 40 лет на территории РСФСР действовали только два монастыря — Псково-Печерский и открытая в 1946 году Троице-Сергиева лавра.

В 2019 году по поручению Настоятеля Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря,



Рис. 2. Склон над пещерами хозяйственного назначения, угроза обвала обводненного грунта и частично разрушенной подпорной стены

Митрополита Тихона, впервые в истории обители были проведены масштабные инженерные изыскания. Целью данных исследований [4] была разработка противоаварийных мероприятий в связи с развивающимися на склонах оползневыми процессами, деформациями подпорных стен (рис. 2, рис. 3), изменениями микроклимата в пещерах, а также подготовкой монастыря к масштабной реконструкции (рис. 4). За долгое время существования монастыря полноценный отвод воды со склонов не осуществлялся, поверхностные воды либо сбрасывались на их поверхность, либо из-за недостаточного сечения водоотводных труб их регулярно затапливало.



Рис. 3. Развитие оползня вблизи Тайловской башни, частичное или полное разрушение подпорных стенок



Рис. 4. Трещины в сооружениях, расположенных вдоль «Кровавой» дорожки



Рис. 5. Развитие оползня на склоне за пределами монастыря вблизи Никольской церкви



Рис. 6. Пожарный пруд, обводняющий склон с «Богом зданными» пещерами



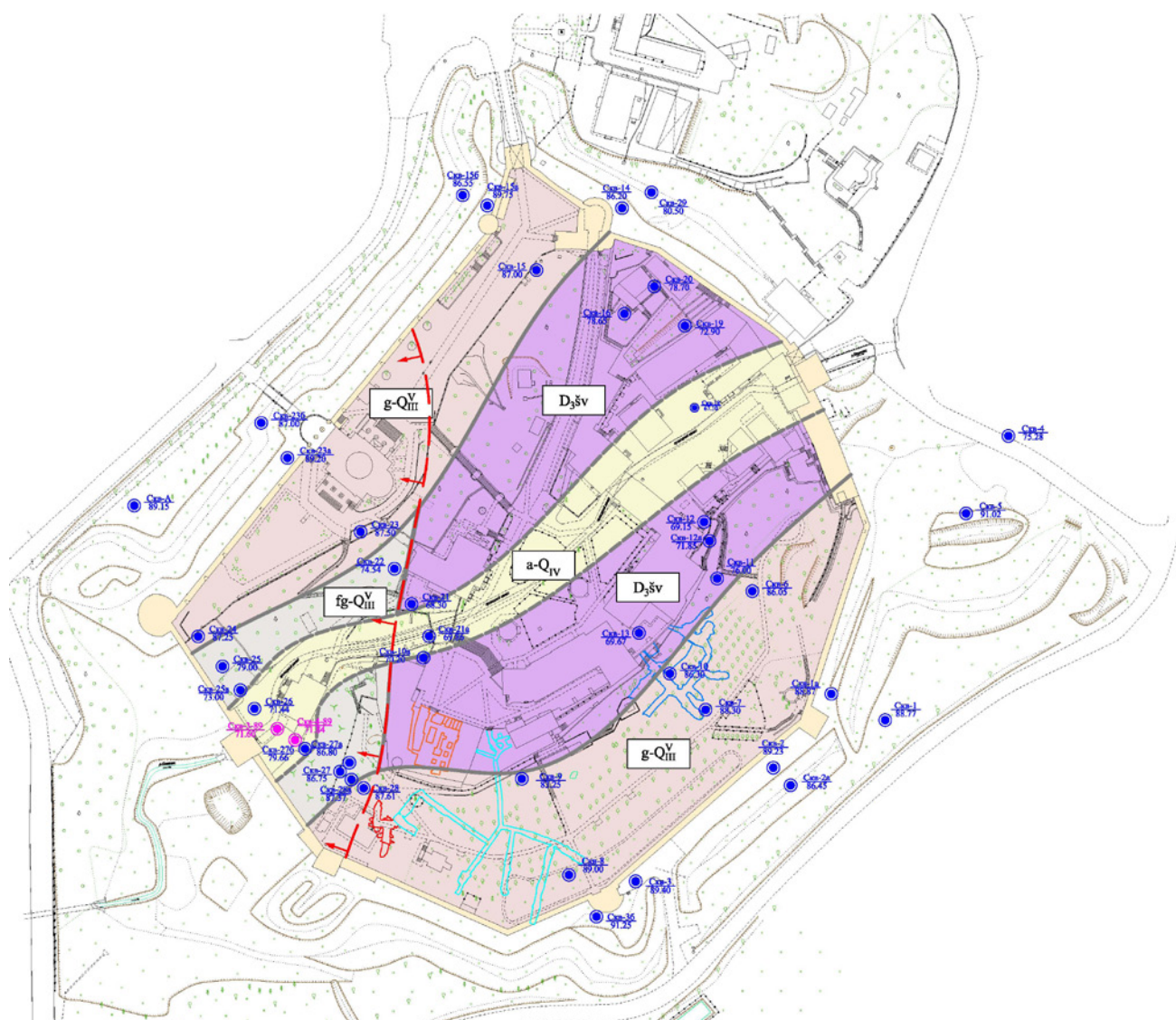
Рис. 7. Развитие оползня на склоне Петровского бастиона

Ситуацию усугубила также вырубка вековых деревьев, корневая система которых играла дополнительную роль в устойчивости склонов (рис. 5). Создание пожарного пруда (рис. 6) и постоянные поливы привели к частичному обводнению грунта,

изменению микроклимата в пещерах и образованию локальных обвалов (рис. 7). Кроме того, в обители отсутствовала канализация, которую также решено было выполнить в рамках предполагаемой реконструкции.

Современный рельеф исследуемой территории является результатом длительного геологического развития от последевонского времени до наших дней [1] (рис. 8).

В дочетвертичное время основной формой рельефа рассматриваемой территории являлось Девонское плато, приуроченное к выходу наиболее устойчивых пород — песчаников швентойского горизонта. Следующий этап развития рельефа шел до наступления валдайского оледенения либо самой ранней его стадии. В этот период в западной части исследуемой территории формировалась эрозионная палеоложбина, которая впоследствии заполнялась песчано-глыбовым материалом. Направление ложбины северное — северо-восточное с азимутом



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

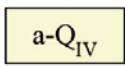
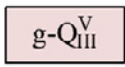
- 
Скв-1
 88.77 — скважина, пройденная при настоящих изысканиях, и ее номер
 — абсолютная отметка устья, м
-  — точка статического зондирования грунтов
-  — современные аллювиальные отложения
-  — верхнечетвертичные моренные отложения валдайского горизонта
-  — верхнечетвертичные флювиогляциальные отложения валдайского горизонта
-  — выходы коренных верхнедевонских пород швентойского горизонта
-  — предполагаемая граница правого борта эрозионной палеодолины
-  — предполагаемая граница правого борта эрозионной палеодолины

Рис. 8. Карта четвертичных отложений. Построена по результатам инженерно-геологических изысканий ООО «Инженерная Геология»

около 5–10°. Правый борт ложбины расположен в зоне Собора Архангела Михаила с одной стороны оврага и западнее Успенского храма — с другой.

По всей видимости, на этой же стадии под воздействием прирусловых водных потоков в этом же борту палеоложбины в результате эрозионных и суффозионных процессов сформировались пещеры, часть из которых сохранилась до настоящего времени.

Следующий этап развития рельефа соответствует верхневалдайскому стадийному горизонту и связан с наступлением ледника и последующим образованием холмисто-моренного рельефа в заключительной фазе валдайского оледенения. На тот период местность в данном районе имела весьма пересеченный характер и представляла собой чередование отдельных холмов или их цепочек, а также понижений между ними. В пределах исследуемой территории морена повсеместно перекрывает коренные девонские породы, а также флювиогляциальные отложения, сформированные на ранних этапах валдайского оледенения либо до его наступления.

Заключительный этап формирования рельефа относится к голоцену. Под воздействием основного рельефообразующего фактора, эрозионной деятельности водного потока, создается флювиальный тип рельефа, происходит образование овражно-балочной сети практически в ее современном виде. Формирование оврага, расположенного вкост палеоложбины, привело к обнажению ее сечения и прирусловых пещерных образований, которые, согласно преданию, в 1392 году и дали начало монашеской жизни на территории монастыря.

В настоящее время ширина оврага составляет 100–120 м, глубина — 16–18 м. Овраг простирается с юго-запада на северо-восток с азимутом 50–70°. Левый борт оврага имеет уклон от 30° — 33° (у башни Верхних решеток) до 20° (у башни Нижних решеток). Максимальная крутизна левого склона

до 43° зафиксирована в основании Собора Архангела Михаила, что обусловлено наличием крупноглыбового материала в его основании. Правый борт оврага имеет уклон от 20° — 25° (у башни Верхних решеток) до 35° — 39° от зоны пещер хозяйственного назначения до башни Нижних решеток.

Практически на всем протяжении оврага у основания, а местами и в средней части склонов в разное время были построены подпорные стены, отличающиеся своими габаритами и материалами — от каменной кладки (более ранние) до монолитных железобетонных (современные). Существующий уровень нижней части оврага — искусственный, образован за счет заключения ручья Каменец в коллектор.

По результатам проведенных инженерно-геологических работ [4] и анализа имеющихся архивных материалов [2, 3, 5] установлено, что территория Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря сложена коренными породами верхнего отдела девонской системы франского яруса швентойского горизонта (D_3^{sv}), перекрытых флювиогляциальными ($fg-Q_{III}^{v}$) и более поздними моренными ($g-Q_{III}^{v}$) отложениями валдайского оледенения. С поверхности на склонах и за пределами оврага распространены насыпные ($t-Q_{IV}$), делювиальные ($d-Q_{IV}$) и делювиально-оползневые ($d, dp-Q_{IV}$) отложения. В тальвеге оврага под насыпными грунтами залегают современные аллювиальные отложения ($a-Q_{IV}$).

Коренные породы верхнего отдела девонской системы франского яруса швентойского горизонта (D_3^{sv}) вскрыты практически всеми скважинами на глубине 3,1–13,0 м от уровня поверхности земли в верхней части оврага (за бровками склонов) и 2,7–5,0 м в его тальвеге, что соответствует абсолютным высотным отметкам 65,20–83,10 м. Отложения представлены чередующимися слоями песчаников и глин.

Непосредственно в кровле горизонта залегают песчаники преимущественно мелкозернистые от светло-розовых до красновато-коричневых с частыми прослоями и вкраплениями глин толщиной от первых миллиметров до сантиметров, слабосцементированные, маловлажные. В песчаниках отмечается ярко выраженная слоистость — горизонтальная, косая, линзовидная (рис. 9).

Ниже по разрезу залегают более однородные кварцевые песчаники мелкозернистые, очень слабосцементированные, маловлажные, однако более прочные по сравнению с вышележащими. Прослои и вкрапления глин в них практически полностью отсутствуют, цвет песчаников изменяется от светло-серого до белого.

Как уже отмечалось выше, именно в песчаниках на одной из стадий деградации Валдайского оледенения в результате эрозионных и суффозионных



Рис. 9. Слоистость девонского песчаника (D_3^{sv}) в пещерах



Рис. 10. «Богом зданные» пещеры, расположенные в девонских песчаниках. Песчаники с ярко выраженной слоистостью от розовых до красновато-коричневых



Рис. 11. «Богом зданные» пещеры, расположенные в девонских песчаниках. Песчаники более однородные, белые

процессов были сформированы уникальные пещеры (рис. 10, рис. 11), которые за период монашеской жизни были существенно расширены и приспособлены под захоронения и хозяйственную деятельность.

Под песчаниками, на абсолютных высотных отметках 62,60–74,20 м, залегают глины красно-коричневые, местами пестроцветные и зеленовато-серые, полутвердые и твердые с прослоями и линзами песка. В них отмечаются отдельные прослои песчаников, тем не менее данный слой является относительно местным водоупором. Глины повсеместно залегают в нижней части оврага, под насыпными и аллювиальными грунтами в зоне тальвега, а также на глубине порядка 0,40–0,70 м ниже уровня пола пещер хозяйственного назначения.

Ранее было отмечено, что в западной части исследуемой территории, на двух противоположных бортах современного оврага, над девонскими отложениями вскрыты верхнечетвертичные флювиогляциальные пески ($fg-Q_{III}^v$), приуроченные к доледниковой палеоложке. На склонах флювиогляциальные пески залегают сразу под почвенно-растительным слоем, либо под насыпными грунтами, либо под глыбами известняка и гранита, уложенными с целью их укрепления. Пески рыхлые и средней плотности, влажные и водонасыщенные.

Очевидно, что песчаные грунты, особенно мелкозернистой фракции, по сравнению с песчаниками обладают меньшей прочностью и устойчивостью, а при водонасыщении могут быть склонными к суффозионному разуплотнению. По этой причине при строительстве Храма Архангела Михаила левый борт оврага был укреплен завезенными сюда крупными глыбами известняка. Образовавшийся при этом искусственный уклон склона имел больший угол падения по сравнению с остальными участками.

Аналогичным методом был закреплен склон западнее Успенского пещерного храма.

Над девонскими песчаниками и флювиогляциальными отложениями были вскрыты верхнечетвертичные моренные отложения валдайского горизонта ($g-Q_{III}^v$), представленные суглинками и супесями. Консистенция глинистых грунтов преимущественно тугопластичная и полутвердая. Моренные отложения залегают плащеобразно и имеют повсеместное распространение в верхней части оврага (за бровками склонов) (рис. 12).

В нижней части оврага под насыпными грунтами, на глубине 1,3–3,2 м, что соответствует абсолютным высотным отметкам 63,9–70,1 м, залегают современные аллювиальные отложения ($a-Q_{IV}$), представленные песками и суглинками. Пески в основном серые, средней плотности, влажные и водонасыщенные. Суглинки серые, мягкопластичные, содержат прослои и линзы песка.

Практически повсеместно с поверхности участок перекрыт насыпными грунтами различными как по литологическому составу ($t-Q_{IV}$), так и времени отсыпки. Самые ранние по времени образования насыпные грунты ($t-Q_{IV}^1$) были встречены при бурении скважин в зоне Петровского бастиона.

Современные насыпные грунты ($t-Q_{IV}^2$) встречаются практически повсеместно и сплошным слоем покрывают исследуемую территорию. Насыпные грунты песчаного или глинистого состава содержат включения строительного мусора, слежавшиеся, влажные. В песчаных грунтах встречаются значительные по мощности прослои песков рыхлого сложения.

Гидрогеологические условия территории Псково-Печерского монастыря характеризуются наличием грунтовых вод типа «верховодка» аллювиального водоносного горизонта и подземных вод,

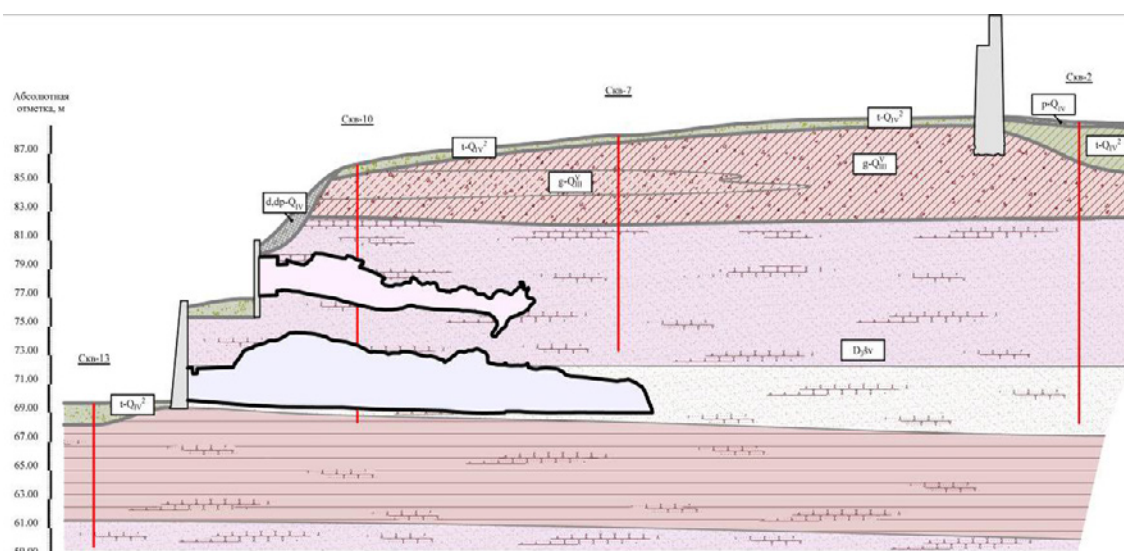


Рис. 12. Инженерно-геологический разрез, проходящий через пещеры хозяйственного назначения (правый борт оврага)

приуроченных к песчаникам верхнего отдела девонской системы.

Маршрутные наблюдения, выполненные на территории Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря, а также проведенные инженерно-геологические исследования, показали наличие на исследуемой территории инженерно-геологических и геологических процессов, таких как оползневые процессы, заболачивание, провалообразование и плоскостная эрозия.

Оползневые процессы на рассматриваемой территории обусловлены особенностями геоморфологических условий района работ. Перепад высот на территории Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря достигает 16–20 м, а крутизна склонов на отдельных участках 45°. При выполнении изысканий были выявлены несколько участков развития или потенциального развития склоновых деформаций.

Проведенные расчеты для склонов [4] показали, что они при оценке их общей устойчивости в основном находятся в состоянии от устойчивого до предельного равновесия и от предельного равновесия до неустойчивого состояния — при оценке локальных наиболее крутых участков в приповерхностной и верхней части склонов.

Заболачивание развито в пределах крепостного рва там, где условия поверхностного стока неудовлетворительные и в зоне пожарного пруда. Участки заболачивания представляют собой либо бессточные локальные водоемы, либо переувлажненные поверхности с широким произрастанием влаголюбивых растений и развиваются в результате накопления в локальных понижениях атмосферных осадков, а также являются зонами питания для грунтовых вод типа «верховодка».

Провалообразование. В настоящее время на территории Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря сформировалась двухъярусная система подземных пустот — пещер, в которых одним из основных выявленных процессов является постепенное обрушение их сводов. Вместе с тем, проведенное обследование не выявило явной аварийности пещер. Только на одном участке (район братских захоронений) был отмечен вывал грунта, перекрывший галерею. Анализ особенностей геологического строения территории показал, что данный провал связан с расположением здесь палеодолины, заполненной песчаным грунтом. Расширение в этой зоне пещеры привело к ее упору в борт палеодолины и вывалу песка водно-ледникового генезиса. Над этой зоной сформировался провал, который в настоящее время выражен в увеличенной мощности насыпного грунта по сравнению с окружающей территорией.

Другой провал был выявлен в центральной части Святой горки над 1-ой улицей Братских пещер. Провал овального сечения с габаритами 5 × 8 м длительное время находился в открытом состоянии и служил естественной дренажной для сброса поверхностных вод.

Процессы плоскостной эрозии на рассматриваемой территории носят локальный характер и приурочены к верхним частям наиболее крутых участков склонов. Их развитие приводит к разрушению растительного покрова на склонах, создавая условия для поступления в грунты дополнительных атмосферных осадков, что сопровождается их замачиванием и оказывает негативное влияние на устойчивость склонов.

Совершенно очевидно, что наибольшую опасность для исторического ландшафта и всего



Рис. 13. Схематичный план расположения гидрогеологических и инклинометрических скважин

ансамбля Псково-Печерского монастыря представляют собой склоновые оползневые процессы, а также локальное обводнение песчаников Святой горки, в результате чего меняется микроклимат пещер и происходит их обрушение. В связи с этим на стадии инженерных изысканий была реализована система инженерно-геологического мониторинга, включающая в себя комплекс гидрогеологических и инклинометрических скважин (рис. 13).

Грунтовые воды спорадического распространения, которые оказывают непосредственное влияние на замачивание песчаников, были встречены только с правой стороны оврага, в зоне Святой горки. Водовмещающими породами грунтовых вод являются прослойки и линзы супесей в толще моренных отложений, их питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также из пожарного пруда, расположенного сразу за объездной дорогой южнее монастыря. Подпитка из пруда является более интенсивной и носит постоянный характер. Периодическое достаточно интенсивное питание осуществляется также из искусственного рва, окаймляющего крепостные стены монастыря. Локальными водоупорами служат более глинистые разности моренных отложений. Из-за неудовлетворительного поверхностного стока в периоды обильных дождей

он будет способствовать замачиванию и обводнению моренных песчаных и супесчаных линз.

Как уже отмечалось выше, особенностью грунтов ледникового комплекса данной территории является сложное напластование суглинков и супесей, при котором грунтовые воды могут транспортироваться на достаточно отдаленные расстояния от локальных водных объектов. Разгрузка грунтовых вод спорадического распространения осуществляется в местах нарушения сплошности глинистых грунтов моренных отложений, например, в зоне провала, найденного в центральной части Святой горки, либо в местах где обводненные песчано-супесчаные грунты контактируют непосредственно с песчаниками коренных отложений.

Интенсивность развития грунтовых вод при существующих инженерно-геологических условиях имеет ключевое значение в формировании микроклимата «Богом зданных» пещер. В замоченных песчаниках резко изменяются теплопроводные свойства, кроме того, существенно снижаются и их прочностные характеристики. В результате в пещерах в летний период на несколько градусов до несвойственных значений повышаются температура и влажность, на сводах образуется высачивание грунтовых вод. Механизм разрушения массива

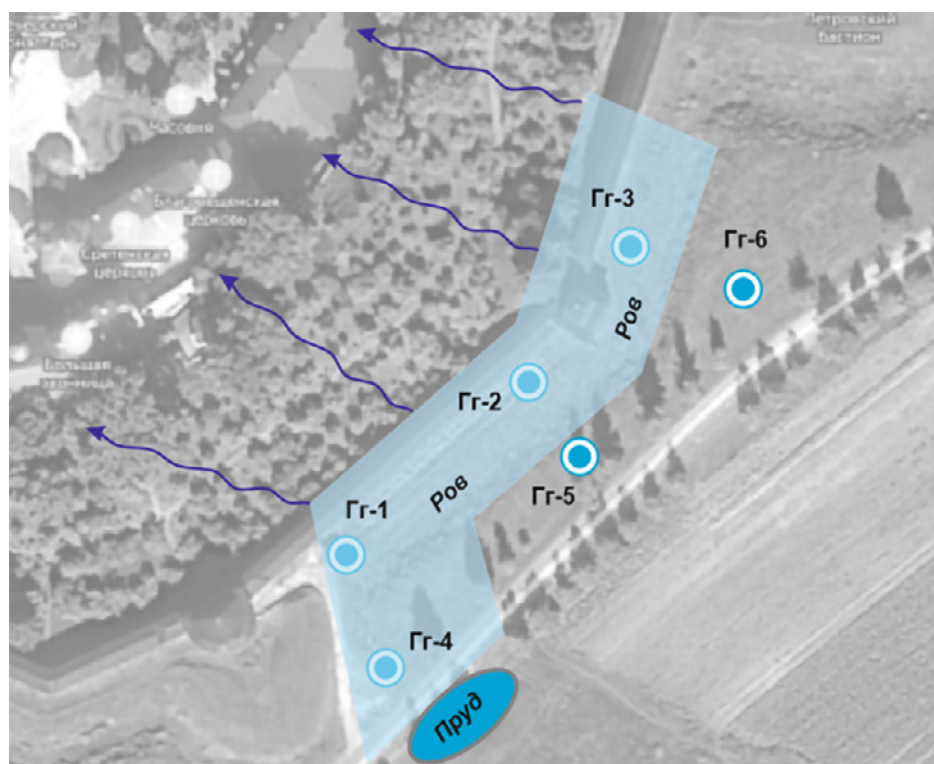


Рис. 14. Характер распространения грунтовых вод типа «верховодка» в грунтовом массиве «Святой горки»

песчаников при этом различный, но полностью зависит от степени водонасыщения. В одном случае, если структура песчаника однородная, замачивание приводит к снижению его прочностных свойств. В результате проведенных исследований установлено, что при изменении влажности от природного значения $W=2,0\%$ до $W=14,8\%$, угол внутреннего трения изменяется от $\varphi=33^\circ$ до $\varphi=28^\circ$, а сцепление от $C=20$ кПа до $C=10$ кПа. Как видно из полученных результатов, при обводнении песчаника наиболее существенно (в два раза) изменяется его удельное сцепление, которое определяет степень сцементированности и объясняет формирование обвалов грунта при замачивании. В другом случае, при ярко выраженной слоистой структуре песчаника по тонким слойкам более глинистых разностей грунта создаются условия формирования небольших линз грунтовой воды, далее при критических значениях гидростатического давления происходит их отслаивание и последовательное обрушение.

С целью изучения характера питания и транспортировки спорадических грунтовых вод, установления роли в этих процессах пожарного пруда и искусственного рва, в рамках инженерно-геологических изысканий [4] был проведен локальный гидрогеологический мониторинг. Из результатов мониторинга (рис. 14) следует, что в скважине № ГГ-4, расположенной в максимальной близости от пруда, грунтовые воды фиксировались постоянно

за весь период наблюдений. Обратила на себя внимание незначительная амплитуда колебания уровня, что несвойственно для грунтовых вод типа «верховодка» спорадического распространения, хотя за представленное время наблюдались как засушливые, так и достаточно дождливые периоды. Это еще раз подтверждает, что доминирующим и постоянным источником питания является пожарный пруд, расположенный в южной стороне участка. В скважинах № ГГ-5 и ГГ-6, расположенных на максимальном удалении от пруда, но перед искусственным рвом, грунтовые воды отсутствовали.

Совершенно противоположная картина обнаружилась на другой стороне рва, около крепостных стен, где в скважинах № ГГ-1, ГГ-2 и ГГ-3, расположенных на максимальном удалении от пруда, грунтовые воды присутствовали практически постоянно. Выполненные гидрогеологические наблюдения показали, что обводнение происходит со стороны пруда, а ров является искусственной дренажной линией. В геологическом отношении нижняя часть рва сложена водопроницаемыми супесчаными грунтами, поэтому грунтовые воды дренируются в приповерхностной части тальвега, обводняя склоны на достаточном удалении от источника питания.

Замачивание грунтов создает угрозу сохранности пещер, их уникального микроклимата, а также негативно влияет на общую оползневую устойчивость склонов монастыря. С целью предотвращения

дальнейшего обводнения грунтов было рекомендовано убрать пруд, расположенный в южной части исследуемой территории, осуществить комплекс мероприятий по обеспечению беспрепятственного стока поверхностных вод в ручей Каменец, как с поверхности всех искусственных рвов, так и локального понижения рельефа на месте существующего пруда.

После выполнения данных рекомендаций гидро-геологические скважины были полностью осушены, исключение составляли периоды наиболее обильных осадков. При этом, примерно в течение нескольких месяцев температура и влажность в пещерах пришли в норму, высачивание грунтовых вод в сводах пещер полностью прекратилось, а обрушение сводов минимизировалось.

На выявленных оползневых участках и в непосредственной близости от наиболее ответственных сооружений для контроля оползневых деформаций было установлено 8 инклинометрических скважин. Глубина скважин определялась, исходя из их погружения на несколько метров ниже границ потенциально возможного смещения. Данные скважины сыграли существенную роль как на стадии инженерно-геологических изысканий в процессе локального мониторинга, так и на последующих этапах реконструкции — восстановления и переустройства подпорных стен, реконструкции примыкающих зданий, подземной прокладке инженерных коммуникаций. Строительные работы сопровождались динамическими воздействиями, что могло оказать негативное воздействие на примыкающие склоны, находящиеся в состоянии предельного равновесия. Ниже приведены результаты инклинометрического мониторинга по каждой скважине.

С точки зрения динамики развития подземных деформаций и их характера, условно выделяются три типа участков: 1 — участки, где зафиксированы подземные деформации, которые могут быть отнесены к оползневым подвижкам, 2 — участки с отсутствием каких-либо подземных деформаций, 3 — участки с имеющимися подземными деформациями, но не связанными с оползневыми процессами.

К первому типу участков отнесены склоны, на которых расположены инклинометрические скважины И-1, И-4, И-7 и И-8. Скважина И-1 была установлена в верхней части склона, около Тайловской башни. Согласно проведенному расчету оползневой устойчивости, приповерхностная часть склона здесь находится в состоянии предельного равновесия или в неустойчивом состоянии, в зависимости от методов расчетов. На протяжении четырех лет с момента установки скважины на склоне фиксировалось развитие оползневых деформаций на глубине

2,5–3,0 м. Максимальная амплитуда горизонтальных деформаций составила 19 мм со средней скоростью развития 4,8 мм/год. В Тайловской башне на протяжении длительного времени был расположен туалет с подведенными к нему водонесущими инженерными коммуникациями. Также на площадке перед башней с внутренней стороны монастыря были устроены выгребные ямы. Из-за сильной изношенности труб здесь периодически происходили утечки, в результате чего склон обводнялся. Именно в этой зоне обнаружены деревья с характерными «саблевыми» изгибами стволов; ограда, расположенная на бровке, перекосилась. На данное обстоятельство было обращено внимание и в ходе масштабной реконструкции все инженерные коммуникации были заменены на новые, выгребные ямы ликвидированы, к туалету подведена канализация.

Инклинометрическая скважина И-4 была установлена с внешней стороны монастыря, напротив монастырской трапезной. Здесь, в непосредственной близости от Никольской церкви, расположен крепостной ров. В 2018 году, после вырубki и выкорчевки деревьев, в борту рва, расположенного ближе к монастырю, стали развиваться локальные оползни. Выполненные на этом профиле расчеты оползневой устойчивости показали, что борт крепостного рва в этой зоне находится в неустойчивом состоянии. По данным инклинометрических наблюдений на протяжении четырех лет фиксировалось развитие оползневых деформаций на глубине 2,5–3,0 м (рис. 15). Максимальная амплитуда горизонтальных деформаций составила 13 мм при средней скорости их развития 3,3 мм/год. Учитывая, что заглубление фундаментов Никольской церкви около 2,0 м, в будущем это может представлять угрозу для ее сохранности.

Инклинометрическая скважина И-7 была установлена над пещерами хозяйственного назначения. Выполненное в 2018 году обследование выявило аварийное состояние подпорной стены верхней части склона. В результате активизации оползня, подпорная стена наклонилась, вплоть до угрозы ее обрушения. Проведенные расчеты оползневой устойчивости показали, что верхняя часть склона здесь находится в неустойчивом состоянии. В 2019–2020 гг. было выполнено переустройство подпорной стены. По результатам проведенных инклинометрических наблюдений в начальные периоды фиксировалось развитие незначительных деформаций (около 3 мм) на глубине 2,0–3,0 м. Процесс остановился после замены подпорной стены и укрепления этой части склона.

Инклинометрическая скважина И-8 находилась в верхней части склона над Братским корпусом

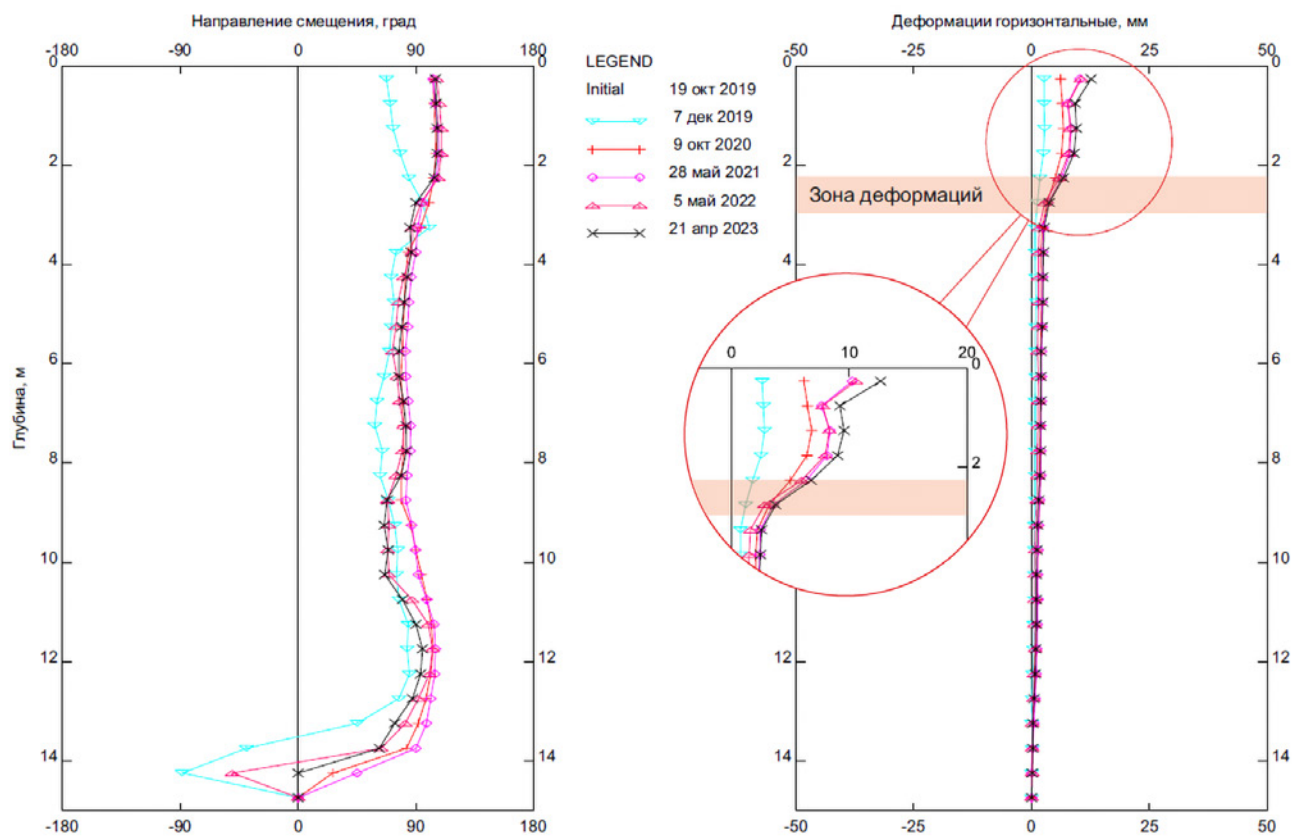


Рис. 15. Инклинометрическая скважина № 4, относящаяся к участку первого типа с подтвержденными оползневыми деформациями

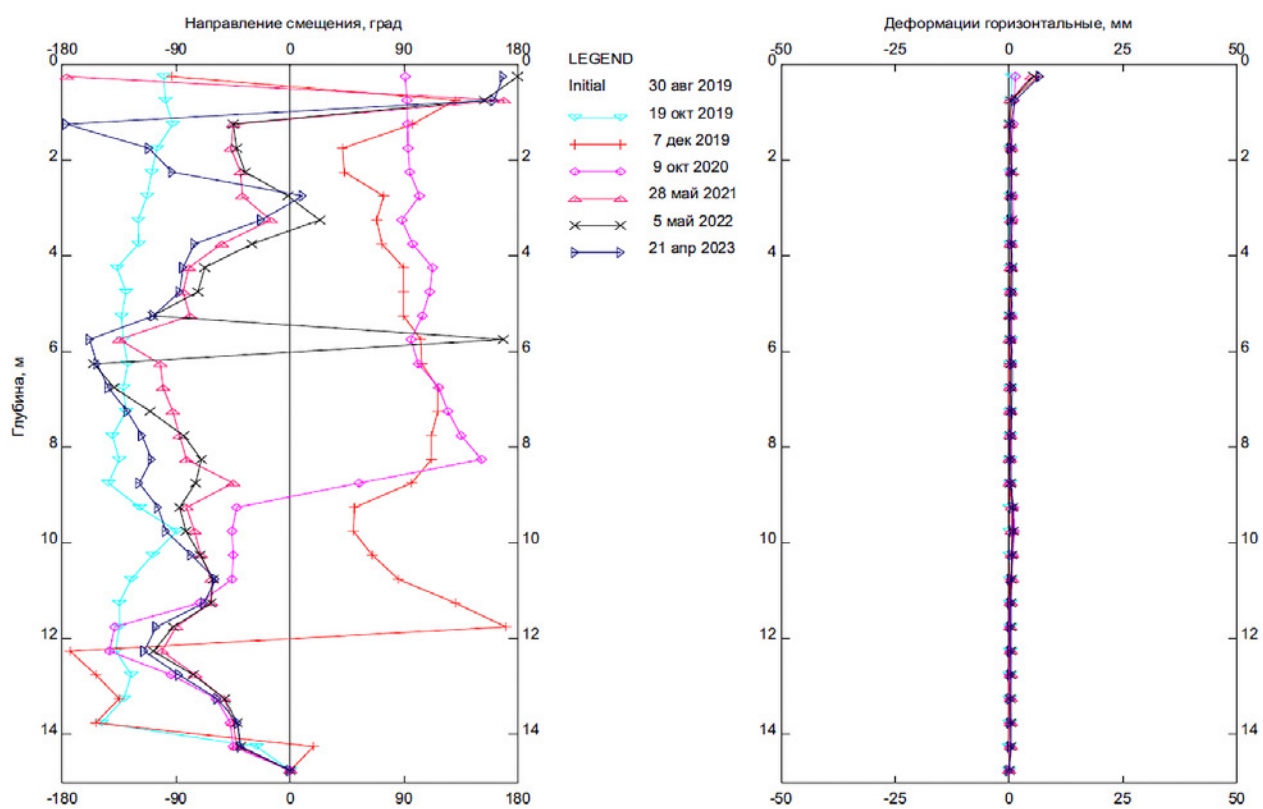


Рис. 16. Инклинометрическая скважина № 2, относящаяся к участку второго типа, где подземные деформации выявлены не были

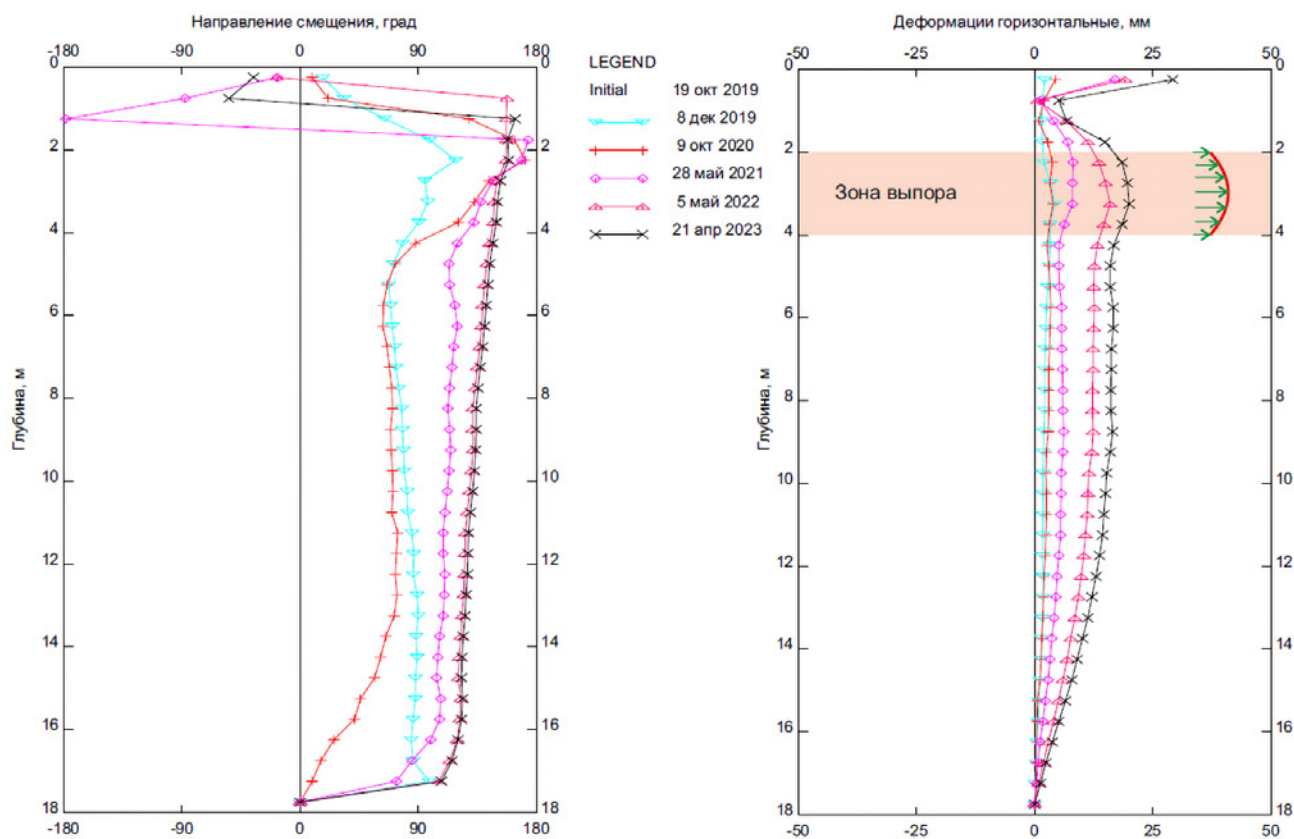


Рис. 17. Инклинометрическая скважина № 6, приуроченная к участку третьего типа с подземными деформациями, не относящимися к оползневым подвижкам

и зданием Трапезной. Проведенные расчеты оползневой устойчивости показали, что верхняя часть склона здесь находится в условно устойчивом состоянии. По результатам проведенных инклинометрических наблюдений была зафиксирована стабилизация наблюдаемых на начальном периоде незначительных оползневых деформаций на глубине 2,5–3,5 м. Максимальная амплитуда горизонтальных деформаций за всю историю наблюдений не превысила 4 мм.

Ко второму типу участков с отсутствием подземных деформаций отнесены склоны с расположенными на них инклинометрическими скважинами И-2 и И-3.

Инклинометрическая скважина И-2 была установлена в непосредственной близости от бровки склона, около Михайловского собора. Выполненные на этом профиле расчеты оползневой устойчивости показали, что склон находится в устойчивом состоянии или с небольшим дефицитом устойчивости. Проведенные инклинометрические наблюдения в течение четырех лет показали полное отсутствие в этой зоне оползневых деформаций (рис. 16).

Инклинометрическая скважина И-3 была установлена башни внутри территории монастыря, напротив Церковной лавки и Тюремной башни.

Непосредственно в этой части склона оползневых процессов выявлено не было, расположение здесь наблюдательной скважины обусловлено близостью крепостных стен и сооружений входной группы монастыря. Проведенные в течение четырех лет наблюдения показали, что оползневые деформации полностью отсутствуют.

К третьему типу участков, где подземные деформации присутствуют, но они никак не связаны с оползневыми процессами, отнесены склоны расположения инклинометрических скважин И-5 и И-6.

Инклинометрическая скважина И-5 находилась в верхней части склона Святой Горки, около Архиерейского дома. Скважина была расположена в пределах горизонтальной площадки, на удалении от бровки склона. В течение всего периода наблюдений в этом месте фиксировалось развитие разнонаправленных деформаций в диапазоне глубин 5,0–11,5 м. При инженерно-геологических изысканиях здесь были выявлены утраченные и засыпанные пещеры. Деформации, приуроченные к зоне такого разуплотнения, могут свидетельствовать о наличии подземной пустоты и с оползневым процессом не связаны.

Инклинометрическая скважина И-6 была установлена в центральной части Святой горки над

«Богом зданными» пещерами. За весь период наблюдений здесь фиксировалось развитие деформаций около 2 см в диапазоне глубин 2,0–4,0 м (рис. 17), предположительно связанных с выпором грунта в сторону области разуплотнения, возможно, в результате наличия здесь в непосредственной близости провала или захоронения. При более активном развитии данных деформаций может потребоваться детальное изучение данного вопроса. К оползневому процессу данные деформации отношения не имеют, оползневые подвижки в этой зоне отсутствуют.

Представленные результаты инженерно-геологических изысканий и мониторинга легли в основу масштабной реконструкции Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря. В процессе работ, опираясь на выданные рекомендации, был восстановлен уникальный микроклимат «Богом зданных» пещер, проведен ряд противоаварийных мероприятий по восстановлению подпорных стен. 28 августа 2023 года Псково-Печерском монастырь отмечал праздник Успения Пресвятой Богородицы и 550-летие со дня своего основания. К этой дате было запланировано завершение большей части работ по реконструкции и прокладке инженерных коммуникаций, что и было успешно реализовано.

В заключении хотелось бы отметить, что историческое расположение монастырей у берегов крупных рек предопределило ряд инженерно-геологических процессов, которые оказывают негативное влияние на их сохранность и долговечность. К этим процессам, помимо процессов, связанных с деятельностью человека, относится подтопление, оползнеобразование, карстовые и суффозионные процессы. Кроме того, расположение крупных рек может быть приурочено к зонам древних разломов, где горные породы находятся в разрушенном и более ослабленном состоянии по сравнению с грунтами окружающих территорий. Как правило, в таких местах инженерные изыскания по выявлению опасных геологических процессов с разработкой мероприятий по их устранению проводились очень давно либо не выполнялись вовсе. Неудовлетворительное, местами аварийное, состояние монастырей усугубляется вследствие недостаточной изученности этих территорий. Постановка точного диагноза в такой ситуации является основной задачей современных инженерных изысканий. Своевременное выявление причин и механизма разрушения позволит предотвратить дальнейшее развитие деформаций и сохранить бесценные памятники культурного наследия для будущего потомства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическая карта СССР. Масштаб: 1:200000. Прибалтийская серия. Лист О-35-XXII / под ред. Самет Э. Ю. — 1976.
2. Заключение о результатах инженерно-геологических работ, проведенных на территории Псково-Печерского монастыря для целей строительства / Министерство геологии РСФСР. Северо-западное территориальное геологическое управление, Ленинградская комплексная геологическая экспедиция, Псковская партия. — Псков, 1978.
3. Инженерно-геологический отчет для проектирования котельной на территории Псково-Печерского монастыря / Геотехническое инженерное бюро. — Таллинн, 1990.
4. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для разработки противоаварийных мероприятий по поверхностному закреплению склонов на территории Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря / ООО «Инженерная Геология». — Москва, 2019.
5. Паспорт разведочно-эксплуатационной скважины № 1293-К, пробуренной на территории Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря. — 2007.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **Аверин Игорь Вячеславович**, кандидат технических наук, генеральный директор ООО «Инженерная Геология»,
Россия, 121351, г. Москва, ул. Ярцевская, д. 16, тел. +7 (495) 636-41-41,
i.averin@mail.ru
2. **Булатников Михаил Андреевич**, геологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, лаборатория грунтоведения и технической мелиорации грунтов, ведущий инженер,
Россия, 119234, г. Москва, Западный административный округ, район Раменки, ГСП1, Ленинские горы, д. 1, тел. +7 (925) 035-57-68,
bulatnikovma@my.msu.ru
3. **Гладченко Марина Анатольевна**, кандидат технических наук, кафедра химической энзимологии химического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, старший научный сотрудник,
Россия, 119992, г. Москва, Ленинские горы д. 116, тел. +7 (495) 939-50-83,
gladmarina@yandex.ru
4. **Григорьева Ия Юрьевна**, кандидат геолого-минералогических наук, кафедра инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, доцент,
Россия, 119191, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, тел. +7 (495) 939-15-22,
ikagrig@inbox.ru
5. **Долгов Вячеслав Анатольевич**, генеральный директор ООО «Карбон»,
Россия, 117342, г. Москва, ул. Бутлерова, д. 17Б, carbon1996@gmail.com
6. **Евтихов Макар Владимирович**, кафедра инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, бакалавр,
Россия, 119234, г. Москва, ГСП1, Ленинские горы, д. 1
7. **Королев Владимир Александрович**, заслуженный работник высшей школы РФ, доктор геолого-минералогических наук, кафедра инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, профессор,
Россия, 119234, г. Москва, ГСП1, Ленинские горы, д. 1, тел. +7 (916) 908-81-31,
mirnyay@mail.ru
8. **Мирный Анатолий Юрьевич**, кандидат технических наук, кафедра инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, доцент,
Россия, 119234, г. Москва, Западный административный округ, район Раменки, ГСП1, Ленинские горы, д. 1, тел. +7 (916) 908-81-31,
mirnyay@mail.ru
9. **Морозов Андрей Васильевич**, магистр геологии, кафедра инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, аспирант,
Россия, 119191, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, тел. +7 (495) 939-15-22,
morozov8pro@yandex.ru
10. **Орлов Егор Алексеевич**, кафедра инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, аспирант,
Россия, 119234, г. Москва, Западный административный округ, район Раменки, ГСП1, Ленинские горы, д. 1, тел. +7 (966) 018-85-58,
eorlov.jr@gmail.com
11. **Пиоро Екатерина Владимировна**, кандидат геолого-минералогических наук, генеральный директор ООО «ПЕТРОМОДЕЛИНГ ЛАБ»,
Россия, 121108, г. Москва, ул. Ивана Франко, д. 4, тел. +7 (495) 212-12-16,
ekaterina.pioro@petromodeling.com
12. **Фролова Юлия Владимировна**, доктор геолого-минералогических наук, кафедра инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, профессор,
Россия, 119234, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, тел. +7 (916) 701-04-95,
ju_frolova@mail.ru