

менты Дворца Советов, бассейн «Москва», новый храм Христа Спасителя).

Анализ взаимодействий в природно-археологических системах можно проводить в трёх аспектах:

1) влияние природной, в частности геологической, среды на хозяйственную деятельность в период создания и эксплуатации исторического объекта (природно-археологической системы);

2) влияние хозяйственной деятельности в историческом прошлом на ход развития процессов в геологической среде;

3) влияние геологических процессов (экзогенных и эндогенных) на сохранность различных эле-

ментов природно-археологических систем в постэксплуатационный период.

Изучая природно-археологические системы, необходимо иметь в виду, что за время их существования роль каждого из этих аспектов меняется, они «включаются» по очереди.

Создание большинства памятников, отделённых от нас многими столетиями и тысячелетиями, и то, что они дошли до наших дней, заставляет искать как естественные причины их сохранности, так и условия, определяющие разрушения. Этим и объясняется необходимость изучения исторических и современных инженерно-геологических условий существования природно-археологических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарк Г.К., Ярг Л.А. Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии: учебное пособие / Г.К. Бондарик, Л.А. Ярг. М.: ИД КДУ, 2015. 296 с.
2. Вязкова О.Е. Инженерно-геологические условия создания и функционирования культового комплекса Байте // Археология, палеоэкология и палеодемография Евразии: Сборник статей. М.: ГЕОС, 2000. С. 31–44.
3. Вязкова О.Е. Инженерно-геологические проблемы сохранения комплекса памятников в музее-заповеднике «Дивногорье» // Дивногорский сборник: Труды музея-заповедника «Дивногорье». Вып. 3. Под ред. А.З. Винникова, М.И. Лыловой; Природный, архитектурно-археологический музей-заповедник «Дивногорье». Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2012. С. 275–287.
4. Вязкова О.Е. Опыт реконструкции инженерно-геологических условий на момент начального освоения территории древнего Пскова / Изв. вузов. Геология и разведка, 2012. № 4. С. 47–51.
5. Малышев А.А. Раевское городище: фортификация, культурный слой и домостроительство // «Аргонавт», Черноморский исторический журнал. 2006. № 1. С. 58–64.
6. Окладников А.П. Верховенский могильник — памятник древней культуры народов Сибири. Новосибирск: Наука, 1978. 288 с.
7. Флёров В.С. Погребальные обряды на севере Хазарии (Маяцкий могильник). Волгоград: Перемена, 1993. 143 с.

УДК 624.131.1

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПРОЦЕССОМ КРИОГЕННОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ КИРИЛЛО-БЕЛОЗЕРСКОГО МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА

В.О. ПОДБОРСКАЯ, В.В. НЕВЕЧЕРЯ

*Российский государственный геологоразведочный университет
117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23; e-mail: DKIG@yandex.ru*

Охарактеризованы особенности инженерно-геологических условий территории Кирилло-Белозерского музея-заповедника, подчеркивается, что они весьма благоприятны для развития процесса криогенного пучения (широкое распространение глинистых грунтов различного генезиса, повышенная влажность грунтов). Проанализированы результаты наблюдений за глубиной сезонного промерзания, высотой снежного покрова, вертикальными перемещениями стеновых конструкций памятников. Установлено, что величины глубины промерзания внутри «холодных» (неотапливаемых) памятников значительно превышают глубины сезонного промерзания грунтов на открытой поверхности под снежным покровом. Максимальная глубина сезонного промерзания в интерьере «холодного» памятника составила 190 см. Выявлено, что криогенное пучение грунтов приводит к сезонному, знакопеременному перемещению (пульсации) стен с амплитудой до 24 мм за зимний сезон. Предложены основные управляющие мероприятия, устраняющие причины развития процесса и обеспечивающие устойчивость сооружений: работы по планировке территории, создание систем водоотвода и дренажа, изменение температурного режима интерьеров.

Ключевые слова: мониторинг; историческая природно-техническая система (ИПТС); сфера взаимодействия; геологическая среда; памятник архитектуры; криогенное пучение грунтов.

SUMMARIZING OF MODAL MONITORING OF THE PROCESS OF CRYOGENIC HEAVING OF THE GROUND IN THE KIRILLO-BELOZERSKY MUSEUM-PRESERVE

V.O. Podborskaya, V.V. Nevecherya

*Russian State Geological Prospecting University
117997, Russia, Moscow, Miklouho-Maklay's street, 23, e-mail: DKIG@yandex.ru*

The features of geological engineering conditions of the territory of the Kirillo-Belozersky museum-preserve are characterized; they are emphasized to be very favorable for the development of cryogenic heaving (due to widely spread clay grounds of different genesis, high humidity of the ground). The results of observations of the depth of seasonal freezing of the grounds, snow depth, and vertical displacements of wall constructions of monuments are analyzed. The value of the depth of freezing inside the "cold" (unheated) monuments is established to significantly exceed the depth of seasonal freezing of the grounds on the exposed surface under the snow. Maximum depth of seasonal freezing in the interior of the "cold" monument is 190 cm. The cryogenic heave is revealed to lead to the seasonal, alternating movements (ripples) of the walls with amplitude up to 24 mm for the winter season. The basic control measures are suggested to eliminate the causes of the development of this process and ensure the stability of structures: the works for planning the territory, creation of drainage systems, changes in temperature regime of the interiors.

Key words: monitoring; historical natural-technical system (HNTS); sphere of interaction; geological environment; architectural monument; cryogenic heave.

Основными целями исследовательских работ (1988—2009 гг.), которые были начаты по инициативе профессора кафедры инженерной геологии Е.М. Пашкина, под руководством доцента В.Л. Невечери, были изучение развития процесса криогенного пучения на исторических территориях и оценка его влияния на устойчивость памятников в зависимости от их особенностей (назначения, конструкции и режима эксплуатации).

Криогенное пучение при сезонном промерзании грунтов является одним из наиболее широко распространённых процессов, оказывающих негативное влияние на устойчивость памятников архитектуры, расположенных в зоне глубокого сезонного промерзания, на территориях, где с поверхности развиты грунты, характеризующиеся значительным содержанием пылевато-глинистых частиц и высокой предзимней влажностью. [1, 6].

Памятники архитектуры (которые мы рассматриваем как подсистемы элементарных исторических природно-технических систем (ПТС) [3, 4], в первую очередь небольшие каменные храмы XVI—XVII вв., крепостные сооружения, хозяйственные постройки, чувствительны к воздействию сил морозного пучения. Строительные особенности сооружений (небольшие нагрузки, передаваемые конструкциями на основание) и фундаментов (незначительная глубина заложения, дискретность тела фундаментной кладки) не могут противодействовать силам пучения [1, 3]. В следствие этого многие деформации памятников (типовые деформации краевых частей зданий, отрыв стен от фундаментов с образованием глубоких ниш, отход валунов фундаментов в сторону от стен) связаны именно с развитием процесса криогенного пучения, что потребовало его изучения в конкретных условиях.

Визуально наиболее значительные проявления этого процесса на территории Кирилло-Белозерского монастыря фиксируются:

1) по внешней стороне прясел крепостных стен Нового города (XVII в.), где отмечен отрыв крепостных стен от фундаментов с образованием глубоких (до 40—50 см вглубь) ниш с отходом валунов в сторону от стен (рис. 1);

2) по внешним крепостным стенам XVI в. со стороны Сиверского озера, укрепленных контрфорсами, где наблюдается их отход от стен (рис. 2);

3) во внутренних коморах крепостных стен Нового города, примыкающих к Кузнечной башне, где наблюдается выпучивание валунов фундаментов с разрушением нижнего обреза стены;

Интенсивность криогенного пучения определяется, с одной стороны, инженерно-геологическими условиями территории, типом и свойствами промерзающих грунтов, а с другой — внешними условиями промерзания.

Особенности инженерно-геологических условий территории музея-заповедника обусловлены её расположением в краевой зоне последнего валдай-



Рис. 1. Деформации крепостной стены Нового города



Рис. 2. Отход контрфорсов от крепостной стены XVI в.

ского оледенения, на берегу Сиверского озера. Геологический разрез отличается сложным строением, многообразием генетических типов образований обуславливает их литологическое разнообразие и изменчивость. В районе Кирилло-Белозерского монастыря с поверхности, до глубины 60,0 м, развит сложный комплекс четвертичных отложений, среди которых выделяют [2, 6]: современные образования, представленные техногенными (tIV), болотными (hIV), озёрными (lIV) отложениями; верхнечетвертичные образования верхневалдайского горизонта, представленные ледниковыми (gIIIvd₃) (валдайская морена); озёрно-ледниковыми (lgIIIvd₃), флювиогляциальными (fIIIvd₃) отложениями; нерасчленёнными озёрными и озёрно-ледниковыми межморенными отложениями (lgIIms—IIIvd), залегающими на ледниковых отложениях московского горизонта (gIIms) — московской морены.

Инженерно-геологические условия территории монастыря, площадь которого составляет около 9 га, изучались сотрудниками и студентами кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ с 1987 г. На основании проведённых исследований была построена схематическая карта инженерно-геологических условий территории Кирилло-Белозерского музея-заповедника [6]. На территории монастыря на глубину до 15,0 м выделены 10 стратиграфо-генетических комплексов (СГК) и около 20 инженерно-геологических элементов. Характеристика приповерхностных СГК приведена ниже.

СГК современных техногенных образований (tIV). Распространены повсеместно, залегают с поверхности. Мощность изменяется от 0,5 до 6,0 м. Образовались в результате строительной деятельности, а также целенаправленных работ по планировке территории. По литологическому составу очень неоднородны и представлены в большинстве своём глинистыми грунтами (супесями, суглинками), реже песками с большим количеством органики, часто с прослоями торфа, строительного мусо-

ра, древесины, обугленного материала разной мощности. Грунты имеют разную степень уплотнённости и обводнённости. В некоторых случаях являются основанием фундаментов, в большинстве своём формируют слой обратной засыпки фундаментов исторических сооружений.

СГК современных болотных отложений (bIV), распространены достаточно широко на территории. Вскрыты скважинами и шурфами и встречаются в археологических раскопах в прибрежной части территории и на территории Нового города. Залегают линзообразно под техногенными грунтами. Представлены торфом тёмно-коричневым, почти чёрным, разной степени разложения, а также сильно заторфованными суглинистыми отложениями. Их мощность варьирует от 0,3 до 1,3 м.

СГК современных озёрно-болотных отложений (lhIV) выделены на территории монастыря в прибрежной части, примыкающей к устью р. Свияги. Представлены недоуплотнёнными голубовато-серыми суглинистыми и супесчаными илами, заторфованными суглинками и песками. Залегают под слоем техногенных и болотных отложений. Мощность изменяется от 0,4 м до 2,2 м.

СГК отложений проблематичного генезиса (prIII-IV) встречаются на Успенском холме, на территории Нового города. Залегают сразу под техногенными отложениями на глубинах от 0,9 до 2,3 м. Мощность отложений изменяется от 0,3 до 2,5 м. Представлены суглинками красновато-коричневого и тёмно-коричневого цвета, комковатыми, тугопластичными.

СГК нерасчленённых озёрно-болотных отложений (lh III-IV) широко распространены на территории, подстилают болотные и техногенные отложения. Встречаются на глубинах от 1,0 до 2,4 м от поверхности. Мощность отложений составляет 1,0—4,3 м. В литологическом отношении это голубовато-серые, серо-бурые супесчаные, суглинистые грунты, которые отличает тонкая слоистость.

В гидрогеологическом отношении территория музея-заповедника характеризуется развитием первого от поверхности постоянного водоносного горизонта во флювиогляциальных отложениях, водоносного горизонта озёрно-болотных отложений, грунтовых вод типа «верховодки» в грунтах культурного слоя и обратной засыпки, техногенного водоносного горизонта в валунных фундаментах исторических сооружений (Успенский собор, крепостные стены Нового города);

Распространение водоносных горизонтов по площади неравномерное. Территория монастыря, примыкающая к Сиверскому озеру, находится в подтопленном состоянии — уровень грунтовых вод в некоторые периоды был на глубине 0,4—0,5 м от современной дневной поверхности. На участках холмов уровень грунтовых вод располагается на глубинах от 4,0 до 7,0 м от поверхности.

Таким образом, территория Кирилло-Белозерского монастыря по инженерно-геологическим условиям весьма благоприятна для развития процесса криогенного пучения, что демонстрируют наблюдаемые деформации памятников.

В климатическом отношении (по данным Кирилловской метеостанции, которая существовала до 1988 г. на местном аэродроме) рассматриваемая территория находится в зоне избыточного увлажнения и характеризуется умеренно-континентальным климатом. Многолетняя среднегодовая температура $T_{\text{ср}} = +2,2^{\circ}\text{C}$, среднее многолетнее количество осадков за год составляет 554 мм, общий

объём испарения составляет 350 мм. Глубина промерзания почвы под снегом достигает 90 см.

В настоящее время наблюдения за внешней температурой воздуха проводят сотрудники отдела климатологии Кирилло-Белозерского музея-заповедника. По их данным были рассчитаны среднемесячные значения температур за 2004–2006 гг., графики изменения которых вместе с многолетними средними данными за период 1978–1989 гг., приведены на рис. 3. Сравнение значений среднегодовых температур за 2003–2006 гг. и среднегодовых значений за 1978–1989 гг. показывает их значительное повышение, для 2003–2006 гг., оно

составило $+3,6^{\circ}\text{C}$, а для периода 1978–1989 гг. — $+1,9^{\circ}\text{C}$. Эти данные подтверждают информацию о тенденции регионального повышения среднегодовых температур и о потеплении климата.

Для изучения условий развития процесса криогенного пучения [1, 2], его характеристик, на территории монастыря были устроены две пучиномерные площадки, установлены отдельные пучиномерные марки у памятников, установлены мерзлотомеры на территории и в интерьерах холодных памятников, проводилась снегомерная съёмка территории. Для выявления степени влияния процесса на устойчивость и режим функционирования памятников были созданы: сеть ственных марок и глубинных реперов для инструментального определения деформаций стен и полов памятников (Успенский собор, Трапезная палата и др.) и сеть марок для инструментального определения величины пучения и остаточного выпучивания валунов валунных фундаментов крепостной стены Нового города и башен.

Периодичность проведения замеров определялась режимом процесса. Замеры по ственным и пучиномерным маркам, глубинным реперам проводились до начала сезонного промерзания грунтов (осенний замер) и во время максимальной величины промерзания в марте (весенний замер). В конце марта—начале апреля проводился замер глубины сезонного промерзания по мерзлотомерам. Характер распреде-

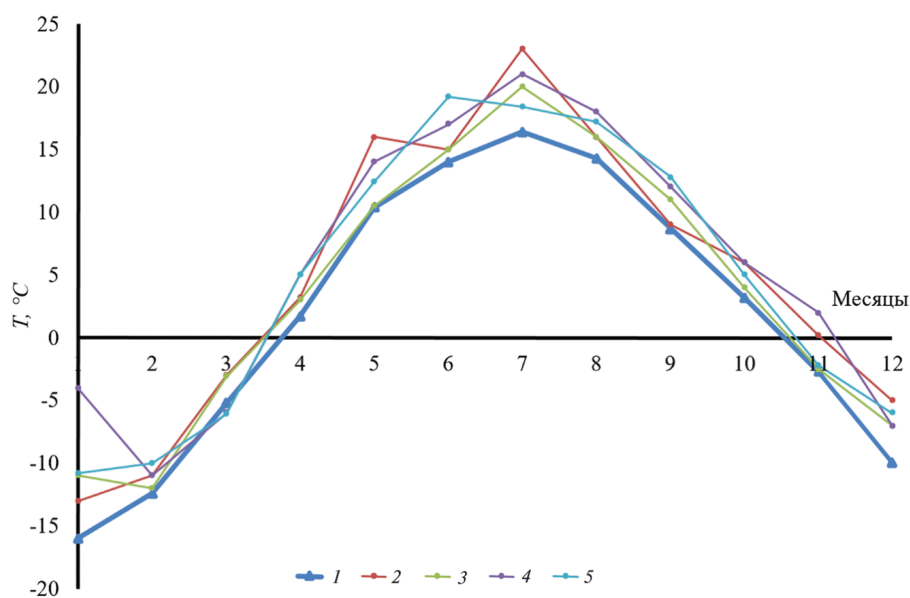


Рис. 3. Графики изменения среднемесячных температур в г.Кириллове; 1–5 годы: 1 – 1978–1989; 2 – 2003; 3 – 2004; 4 – 2005; 5 – 2006.

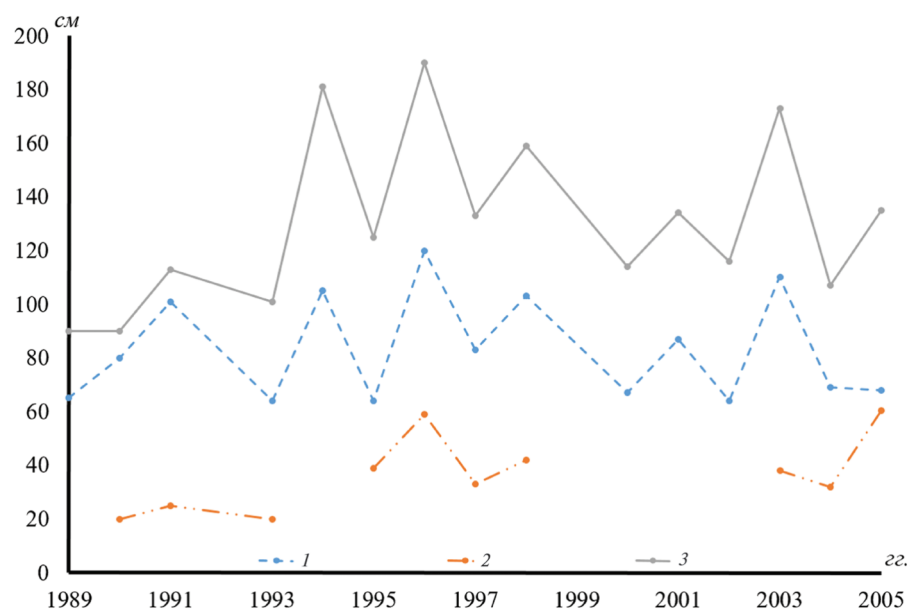


Рис. 4. Графики изменения глубины промерзания по годам: 1 – Успенский собор внутри; 2 – Успенский собор снаружи; 3 – внутри крепостной стены Нового города

ления снежного покрова определялся один раз в зимний сезон в феврале месяце.

Наблюдения за глубиной промерзания на территории монастыря проводились по мерзлотомерам, которые были установлены в помещениях «холодных» памятников (Успенский собор, церковь Епифания, коморы крепостных стен Нового города и др.), и на открытой поверхности (рис. 4).

Величину глубины промерзания грунтов в первую очередь определяет температурный характер зимнего периода, поэтому повышение среднегодовых температур в 2003—2008 гг. привело к уменьшению глубин промерзания относительно 1978—1989 гг. Так, глубина промерзания под снежным покровом на территории монастыря ни разу за время наблюдений не превысила 60 см. На тех участках, где высота снежного покрова достигает 60—80 см в теплые зимние сезоны (1989—1990 гг. 1996—1997 гг.), промерзания грунта не отмечалось.

Проведённые наблюдения позволили установить диапазон глубин реального промерзания грунтов в «холодных» сооружениях разного назначения и на территории. Установлено, что глубины промерзания различаются у памятников с «холодным» режимом эксплуатации, имеющих разные конструкции, внутренний объём и особенности режима проветривания. Мерзлотомер, установленный в церкви Епифания (небольшой по объёму непрветриваемый бесстолпный храм, используемый как складское помещение) постоянно показывал величину промерзания в зимние периоды времени больше 80 см. Мерзлотомер, установленный в алтарной апсиде Успенского собора (режим проветривания соблюдается строго), показывал изменение глубин промерзания от 64 до 120 см.

Максимальная глубина промерзания внутри «холодных» сооружений была зафиксирована в зимний период 1995—1996 гг. в коморе крепостной стены Нового города. Величина промерзания составила 190 см (при среднем многолетнем значении 130,8 см). Учитывая, что высота валунных фундаментов под сооружениями 16—17 вв. в Кирилло-Белозерском монастыре в среднем составляет 120 см, можно сделать вывод о развитии в основании фундаментов некоторых памятников не только касательных, но и нормальных сил морозного пучения.

Глубину промерзания грунтов на прибрежном участке территории монастыря во многом определяет предзимний уровенный режим Сиверского озера и связанный с этим уровень грунтовых вод. При высоком положении уровня грунтовых вод (1,0 м от поверхности) промерзания грунтов не наблюдается.

Проведение снегомерных съёмок с определением высоты снежного покрова позволило составить схемы распределения снежного покрова по территории монастыря. Неравномерность распределе-

ния снежного покрова обуславливает разную глубину промерзания грунтов, следовательно, разную интенсивность криогенного пучения.

Распределение снежного покрова по площади монастыря неравномерное, вызванное природными особенностями рельефа, экспликацией зданий, эксплуатационным режимом территории (постоянно расчищаемые от снега дорожки и площадки). Установлено, что у стен памятников архитектуры южной, юго-восточной и частично восточной экспозиций образуются зоны выдувания (сезонное промерзание достигает максимальной величины), у стен других экспозиций снежный покров достигает значительной мощности (60—70 см) и вплотную примыкает к памятникам (промерзание грунтов на этих участках невелико или отсутствует). Максимальная среднемноголетняя высота снежного покрова составила для территории монастыря 85,0 см, что на 17,5 см больше, чем по данным метеостанции. Такая разница обусловлена прежде всего расчлененностью территории, наличием зон искусственного формирования снежного покрова и большим числом сооружений.

Характер пучения грунтов у стен памятников изучался способом нивелирования отдельных марок-пучиномеров, установленных напротив стенных марок на расстоянии 1,0—1,5 м от стен, а также по замаркированным кирпичам отмостки и валунам. Наблюдения за ними проводились одновременно с замерами по стенным маркам. В период 90-х гг. XX в. наблюдениями определены величины пучения грунта около Успенского собора от 3 до 57 мм, у церкви Преображения от 20 до 26 мм. Максимальная величина пучения наблюдалась по марке-пучиномеру около Больших Больничных палат — 108 мм. Наблюдения за валунами показали их ежегодный подъём до 21 мм.

Инструментальными наблюдениями за вертикальным положением марок, размещенных на стенах комплекса Успенского собора, церкви Введения с Трапезной палатой, имеющих «холодный» режим эксплуатации, установлено, что криогенное пучение грунтов приводит к сезонному, знакопеременному перемещению (пульсации) стен. В начале зимы происходит неравномерное промерзание грунтов обратной засыпки фундаментов с внешней и внутренней сторон стен памятников. Пучащийся (поднимающийся) при промерзании грунт обуславливает подъём (выпучивание) стен за счёт касательных или нормальных сил пучения. С 1989 до 2008 гг., как установлено инструментальными наблюдениями, максимальная величина вертикального перемещения марок в зимние сезоны составила 24 мм, минимальная 1—2 мм. При оттаивании грунта большая часть стен возвращается в исходное положение, но на некоторых участках наблюдается и остаточное выпучивание стен. Величина остаточного выпучивания за один цикл на-

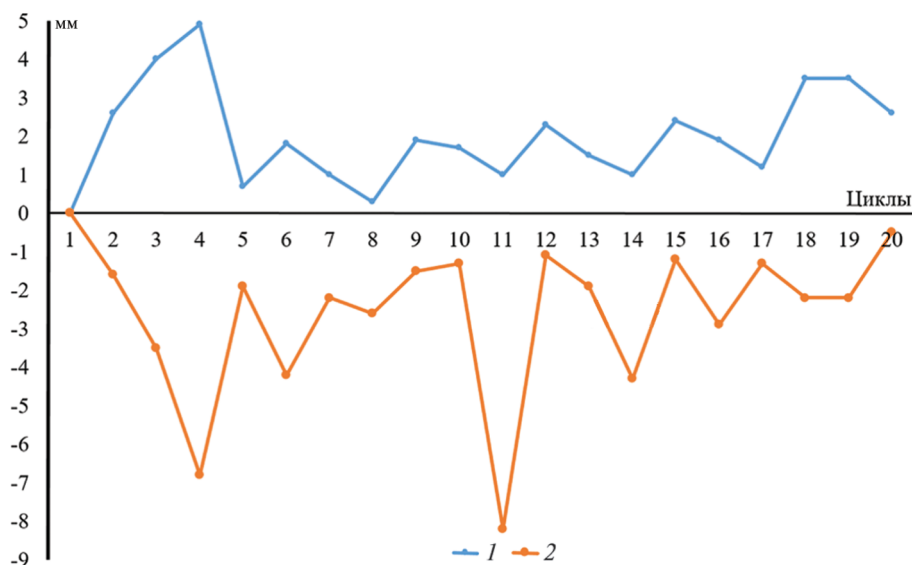


Рис. 5. Графики изменения максимальных амплитуд перемещения стеновых марок, установленных на стенах Успенского собора, за 2002–2008 гг. № циклов наблюдений: 1–10.02; 2–12.02; 3–04.03; 4–06.03; 5–10.03; 6–12.03; 7–04.04; 8–06.04; 9–10.04; 10–01.05; 11–04.05; 12–07.05; 13–10.05; 14–02.06; 15–04.06; 16–11.06; 17–03.07; 18–10.07; 19–02.08; 20–04.04.08; Амплитуды: 1 – Максимальные положительные; 2 – Максимальные отрицательные

блюдений не превышала 2–4 мм, что близко к точности замеров, однако на некоторых участках прослеживается тенденция поднятия отдельных участков стен. Наиболее интенсивно подвергаются выпучиванию участки северной и восточной стен храмов, что связано не только с экспозицией, но и конструктивными особенностями сооружений: алтарная апсида (восточная сторона соборов), как правило, имеет наименьшую высоту, передаёт меньшую нагрузку на основание. Остаточное выпучивание приводит к перекосу стен и возникновению дополнительных напряжений в конструкциях, что отражается в развитии деформаций. Инструментально зафиксирован процесс сезонного неравномерного поднятия и опускания конструкций. На рис. 5. показан график изменения максимальных положительных и отрицательных амплитуд перемещения стеновых марок, установленных на стенах Успенского собора, за 2002–2008 гг. Амплитуда движения марок не так велика (максимальная величина положительных перемещений +5 мм, осадочных 8 мм), но неравномерность перемещения участков стен (церковь Епифания, Северная паперть), обуславливает напряжённое состояние конструкций и появление «живых» трещин.

Для крепостных стен Нового города Кирилло-Белозерского монастыря, имеющих сложную структуру, неравномерное формирование линз мёрзлого пучащегося грунта в основании приводит к раздвижению внешних и внутренних «ветвей» стен, которое проявляется в разрыве кованых связей, разрушении арочных перекрытий и формировании крупных продольных деформаций. Кроме того, наблюдается выпучивание валунов

фундаментов из-под кирпичной кладки стен с формированием глубоких ниш, длина которых может достигать 5–10 м. Выпучивание валунов сопровождается значительными сколами и разрушением кирпичной кладки.

Заключение

Исследование условий развития процесса криогенного пучения и проведение режимных наблюдений показало, что на территории монастыря имеются благоприятные инженерно-геологические и климатические условия для активного развития процесса, что подтверждается многочисленными деформациями сооружений.

Наблюдениями установлено, что величины глубины промерзания внутри «холодных» памятников значительно (в 2–3 раза) превышают глубины сезонного промерзания грунтов на открытой поверхности под снежным покровом. Максимальные глубины промерзания зафиксированы в помещениях, где отсутствует режим проветривания (коморы крепостных стен Нового города). Неодинаковая глубина сезонного промерзания внутри и снаружи памятника приводит к неравномерному пучению грунтов.

Доказано, что процесс криогенного пучения грунтов оказывает значительное влияние на устойчивость конструкций большинства памятников монастыря, имеющих «холодный» режим эксплуатации, приводя к ежегодным знакопеременным перемещениям («пульсации стен»), выпучиванию валунов из-под стен, формированию ниш между стеной и фундаментом, многочисленным трещинным деформациям.

Главной причиной активизации процесса криогенного пучения на территории Кирилло-Белозерского монастыря следует считать переувлажнение глинистых грунтов слоя сезонного промерзания, вследствие стихийного формирования микрорельефа с обратными уклонами вокруг памятников и развитие процессов подтопления. Примером развития неблагоприятного микрорельефа являлась планировка территории около северо-восточных стен комплекса Успенского собора. Обратные уклоны поверхности, сформированные в XIX—XX вв., препятствовали эвакуации атмосферных осадков от собора и способствовали переувлажнению техногенных глинистых грунтов, формированию горизонта фундаментных вод и активизации процесса криогенного пучения.

Управляющие решения, принимаемые для устранения причин развития процесса криогенного пучения «холодных» памятников, сводятся к комплексу мероприятий, направленных, во-первых, на ликвидацию источников переувлажнения глинистых грунтов путём создания эффективных схем планировки, водоотвода и дренажа, во-вторых, на изменение температурного режима интерьеров памятников.

Комплексные реставрационные мероприятия, проведённые в 2010—2014 гг. на комплексе Успен-

ского собора, были запроектированы с учётом результатов режимных наблюдений и рекомендаций сотрудников кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ. Они включали в себя помимо собственно реставрационных мероприятий работы по планировке территории, созданию систем водоотвода и дренажа, а также работы по изменению температурного режима интерьеров комплекса. Выполненные управляющие мероприятия позволили вывести памятник из аварийной ситуации, стабилизировать его состояние, включить в экспозиционный показ. Условия для негативного влияния процесса криогенного пучения на устойчивость памятника были устранены, устойчивость комплекса была обеспечена.

Изучение влияния процесса криогенного пучения на устойчивость элементарных исторических природно-технических систем в Кирилло-Белозерском монастыре показало необходимость параллельных наблюдений за параметрами процесса и состоянием памятников до проведения реставрационных работ и после них. Только на основании совместных параллельных наблюдений и последующего анализа их результатов, можно прийти к истинной оценке состояния ИПТС и принятию правильных управляющих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Невечеря В.Л., Пашкин Е.М., Подборская В.О. Исследование влияния криогенного пучения на устойчивость памятников архитектуры Русского Севера // Инженерная геология. 1991. № 6. С. 134—144.
2. Невечеря В.Л., Подборская В.О. Инженерно-геологические и геоэкологические аспекты истории функционирования природно-технической системы монастыря // Кириллов, краеведческий альманах. Вып. III. Вологда: Легия, 1998. С. 132—140.
3. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Высш. Шк. ПИ «Геореконструкция». СПб., 2013. 333 с.
4. Пендин В.В. Мерзлотоведение. Учебное пособие. Изд. МГГРУ, 2003. 77 с.
5. Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О. Предложения по классификации исторических природно-технических систем // Известия вузов. Геология и разведка. 2012. № 3. С. 56—62.
6. Подборская В.О., Нефёдов С.Л. Изучение влияния особенностей строения Успенского холма на устойчивость церкви Введения и Трапезной палаты в Кирилло-Белозерском монастыре // Склоны на исторических территориях: Мат. VII Междун. научно-практ. семинара «Комплексное изучение и сохранение исторических территорий», Рязань, Рязанский историко-архитектурный музей-заповедник, 26—30 апреля 2004 / Под ред. Е.И. Романовой. Рязань: Изд-во Рязанского историко-архитектурного музея-заповедника, 2006. С. 67—77.