

Оценка оползневой опасности для памятников архитектуры и исторических территорий

Арефьева Е.В., д. т. н., доц., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), гл. н. с. науч.-исслед. центра, г. Москва, Россия; Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ – КАИ), проф. кафедры промышленной и экологической безопасности, г. Казань, Россия

SPIN-код: 2738-6323

Алексеева Е.И., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ – КАИ), ст. преподаватель кафедры промышленной и экологической безопасности, г. Казань, Россия

SPIN-код: 2870-8044

Аннотация

В статье рассматривается оползневая опасность для памятников архитектуры, приводятся характерные примеры объектов культурного наследия, а также предложены подходы к оценке оползневой опасности. Особое внимание уделяется процессу подтопления, как одному из значимых факторов, способствующих инициации оползневых процессов, приводящих к деформации и разрушению зданий.

Ключевые слова: памятники архитектуры; объекты культурного наследия; оползневая опасность; подтопление; оценка подверженности.

В результате ухудшения естественных природных условий, вызванных антропогенным действием, в частности — подтоплением, фундаменты старинных построек, культовых сооружений, памятников архитектуры (ПА) и объекты культурного наследия (ОКН) испытывают деформацию, неравномерную осадку, что приводит к возможным авариям и чрезвычайным ситуациям [1, 2]. Следствием сформированного

подтопления является интенсификация неблагоприятных инженерно-геологических процессов, таких как оползневые процессы, суффозия, морозное пучение, карстовые процессы и др. Более 73% деформаций, аварий и разрушений культовых сооружений, являющихся памятниками архитектуры, связано с причинами, возникающими при взаимодействии их с подтоплением и его последствиями [1,2]. Например, в результате повышения гидростатического давления из-за техногенного подтопления на территории Новгородского кремля, на участке стены Новгородского детинца, между Княжей и Спасской башнями, произошло обрушение 37-метровой части прясла стены в конце прошлого века [2].

В табл. 1 приведены некоторые характерные примеры ПА, подверженных недопустимым деформациям или находящимся в не пригодном для эксплуатации состоянии из-за подтопления и его последствий. Надо отметить, что большинство культовых сооружений в европейской северной части страны строилось на деревянном фундаменте (бревна-лежни, деревянные сваи и др.) и перепады уровней грунтовых вод часто приводят к гниению, разрушению деревянных оснований фундаментов. Вследствие чего возможны разрушение и обрушение построенных на них объектов, что может привести к человеческим потерям и значительному ущербу. Мероприятия, направленные против возникновения оползневых процессов и подтопления (в том числе водопонижительные), как правило, сводятся к организации дренажных систем и укреплению оползневых склонов. Но водопонижительные мероприятия для ПА и ОКН должны иметь гибкий, щадящий характер [2], т.к. приводят к возникновению дополнительного выноса вещества в связи с возникновением дренажного эффекта. Необходимо учитывать наличие капиллярной каймы, дополнительно увлажняющей грунты — основания зданий, а также особые требования к нормам осушения из-за деревянных оснований фундаментов, наличия культурного слоя. Вопросам повышения устойчивости ПА и ОКН к негативным природным воздействиям уделено значительное число научных публикаций. Особое место занимают труды Е.М. Пашкина [1], который под «устойчивостью ПА и ОКН» понимал способность основных несущих конструкций памятников архитектуры оказывать сопротивление усилиям, стремящимся вывести его из состояния статического равновесия, возникающим вследствие неравномерной

осадки грунтов основания, деформации фундаментов и наземных конструкций. Повышение устойчивости объектов культурного наследия является важнейшей задачей их сохранения. В сложных агрессивных и динамично изменяющихся условиях существования объекты подвергаются воздействию различных негативных факторов природных и техногенных процессов и явлений.

Есаулов Г. В. выделяет следующие принципы формирования устойчивой архитектуры, в т. ч. старинной:

- гармонизация социальных, экономических, экологических, территориально-пространственных факторов развития поселений;
- выявление оптимального сочетания стабильного и изменяемого в программе проектирования объектов;
- природосообразность и биомиметика;
- адаптивность к вызовам и рискам природно-климатического и техногенного характера;
- пространственное и математическое моделирование формы здания в зависимости от факторов, определяющих жизненный цикл [3].

В табл. 1 приведены характерные примеры старинных культовых сооружений и памятников архитектуры, испытывающих деформацию и различные степени разрушения в результате подтопления и оползневых процессов.

Таблица 1

Характерные примеры памятников архитектуры, испытывающих недопустимые деформации и разрушения при оползневых процессах

| Опасный процесс | Примеры объектов культурного наследия |
|---------------------|--|
| Оползневые процессы | <ol style="list-style-type: none"> 1. Усадьба Зворыкиных (XIX в.), г. Муром. 2. Спасо-Ефимиевский монастырь, Васильевский монастырь, г. Суздаль (оползень до 110 м длиной). 3. Тихвинский монастырь, г. Цивильск. 4. Монастырь Св. Духа, г. Алатырь, Чувашия. 5. Воронцовский спуск, г. Таганрог. 6. Церковь Всех Святых, Олонецкий р-н, Карелия. 7. Свято-Троицкая церковь, г. Березняки, Пермская обл. 8. Троице-Селнгинский монастырь, Прибайкальский р-н, Республика Бурятия и др. |

В табл. 2 приведены характерные примеры возникновения оползневой опасности для культовых сооружений и памятников архитектуры и анализ причин ее возникновения.

Таблица 2

Характерные примеры проявления оползневой опасности при подтоплении памятников архитектуры

| Место и время возникновения оползневой опасности | Источник (техногенный, природный) | Примечания |
|---|---|---|
| 1. Суздаль, 1994 г., Спасо-Евфимиевский и Васильевский монастыри — оползни под стенами | Склоны рек сложены озерно-ледниковыми отложениями, наличие подтопления | У Спасо-Евфимиевского монастыря поверхностный оползень глубиной захвата пород до 6 м, у Васильевского монастыря оползень до 25 м длиной |
| 2. Суздаль, холм Сион, Ново-Иерусалимский монастырь – оползни под стенами, угроза обрушения | Насыщение склонов атмосферными осадками, деятельность водных потоков | Оползни-скольжения, захватывают верхнюю выветрелую часть площадью до 0,003 кв. км, длиной до 10 м |
| 3. Нижний Новгород, Печерский монастырь, 1996 г. | Насыщение склонов атмосферными осадками, коррозионная деятельность водных потоков | Оползень скольжения длиной 30–40 м, шириной до 12 м |
| 4. Саввино-Сторожевский монастырь, г. Звенигород, Саввинский скит, западная прясла стены, здание гостиницы – серьезные деформации | В результате оползневого выпора грунта из-за силового воздействия на фундамент здания, расположен у подножия крутого склона р. Сторожки | Оползни выплывания и суффозионные оползни |
| 5. Ново-Иерусалимский монастырь, оползень, 1984 г., 1995 г. | Активизация оползневого процесса из-за комплекса факторов | 11-летний солнечный цикл обостряет оползневую активность |
| 6. Солотчинский монастырь, р. Солотча, 1768 г., разрушены Покровская церковь, часть стены монастыря | Подмыв склона у р. Солотча, суффозионный вынос вещества | В период половодий активизируется опасность оползневых процессов |

| Место и время возникновения оползневой опасности | Источник (техногенный, природный) | Примечания |
|--|---|--|
| 7. Москва, Коломенское, храмы Большого Вознесения, Иоанна Предтечи – угроза постоянного оползня | Расположение вблизи крутого оползневого участка | Пока удерживается моренными устойчивыми породами, оползневые массы |
| 8. Нижний Новгород, Кремль, 1992 г., оползнями разрушены и деформированы в разные времена кремлевские стены, церковь, жилые дома | Расположение на крутом склоне, крутизна — 20–22 градуса, а высота склона — 18–25 метров | Дождевые талые воды из-за отсутствия водостока постепенно разрушают и деформируют фундаменты, угрожая развитию оползня |

Оценка оползневой опасности для ОКН и ПА должна выполняться одновременно с оценкой процесса подтопления. Градация уровней подверженности определяется на основе Методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменению климата [5]. При оценке устойчивости памятников архитектуры и объектов культурного наследия важной является оценка их физического состояния.

Оценка показателя физического состояния объектов культурного наследия проводится в соответствии с Методическими рекомендациями по определению процента утрат первоначального облика объектов культурного наследия (дополнением к Своду реставрационных правил СРП-2007) [6].

Для оценки показателя состояния ОКН необходимо вычислить показатель физического износа. Физический износ ОКН — утрата первоначальных технико-эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости, надежности и др.) конструкции, элемента, и/или объекта в целом в результате воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека [6, 7]. Для оценки показателя физического износа ОКН в целом необходимо определить физический износ его отдельных конструктивных элементов на основании данных паспорта ОКН и/или актов государственной историко-культурной экспертизы с приложениями каждого отдельного объекта.

В соответствии с ГОСТ Р 55567-2013 «Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры» показатель физического

износа может принимать четыре значения состояния: нормальное, удовлетворительное, неудовлетворительное и предаварийное или аварийное. Градация значений показателя физического износа объектов культурного наследия и памятников архитектуры представлена в таблице 3 [8].

Таблица 3

Качественная и количественная характеристика показателя физического износа объектов культурного наследия

| Наименование категории состояния ОКН | Количественная характеристика показателя износа ОКН, % |
|--------------------------------------|--|
| I – Нормальное | До 5 |
| II – Удовлетворительное | До 15–20 |
| III – Неудовлетворительное | До 25–40 |
| IV – Предаварийное или аварийное | Свыше 40 |

В целом, модель оценки устойчивости ОКН включает:

- оценку подверженности ОКН воздействию оползневого процесса с использованием математических моделей оценки подверженности объектов техносферы и территорий воздействию ОППКФ на основе нечеткого логического вывода системы типа Мамдани и системы типа Сугено [9, 10];

- оценку физического состояния ОКН в соответствии с Рекомендациями по определению процента утрат внутреннего и внешнего облика зданий ОКН в результате воздействия природно-климатических факторов [7, 8].

Кроме того, подтапливаемые памятники архитектуры требуют проведения водопонижительных работ, а деревянные основания фундаментов и памятники археологии (культурный слой) — сохранения высокого положения уровня грунтовых вод (вода является естественным консервантом для культурного слоя и деревянного основания фундаментов зданий). В связи с этим потребовалась разработка принципиально новой методики, учитывающей эти особенности исторических территорий и объектов культурного наследия. Стержнем разработанной методики является система оптимизационного управления режимом грунтовых вод на застроенной территории, при этом дренажные системы являются основной частью подсистемы регулирования [2, 4]. Для поддержания оптимального безопасного положения уровня

грунтовых вод, не провоцирующего развитие оползневых процессов, дальнейшую деформацию и обрушение зданий, необходимо принимать оптимальное решение, «удовлетворяющее» как ПА, так и его деревянное основание и культурный слой, для которых вода является консервантом [2, 4]. Такой подход был реализован при выработке вариантов расчета дренажей для принятия решения по осушению территории Новгородского Кремля, Ростова Великого [2, 4] и объектов Кремля в г. Казани [9–12].

Список использованных источников

1. Пашкин Е. М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Высшая школа, 1998. 255 с.
2. Арефьева Е. В. Оптимизационные методы при выработке решения по предупреждению чрезвычайных ситуаций, обусловленных подтоплением исторических территорий. Троицк: Тривант, 2008. 80 с.
3. Есаулов Г. В. Устойчивая архитектура: от принципов к стратегии развития // Вестник ТГАСУ. 2014. № 6. С. 9–14.
4. Арефьева Е. В., Мухин В. И. Оценка территориальной безопасности при подтоплении. М.: АГПС МЧС России, 2008. 92 с.
5. Методические рекомендации и показатели по вопросам адаптации к изменениям климата, утвержденные приказом Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267.
6. Методические рекомендации по определению процента утрат первоначального облика объектов культурного наследия: Свод правил (Реставрационные правила), разработан ФГУП «Центральные научно-реставрационные проектные мастерские». М., 2013.
7. Ведомственные строительные нормы. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86(р), (утв. приказом Госгражданстроя при Госстрое СССР от 24.12.1986 № 446).
8. ГОСТ Р 55567-2013. «Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования (с Изменением № 1)».
9. Арефьева Е. В., Алексеева Е. И. Модели оценки подверженности застроенных территорий опасным природным процессам с климатическим фактором на основе нечеткого вывода системы Мамдани и системы Сугено // Технологии гражданской безопасности. 2022. № 3. С. 25–32.
10. Arefyeva E., Alekseeva E., Gorina L. Assessment of the vulnerability of architectural monuments to dangerous natural process./ Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. Vol. 180. P. 159–170.

11. Арефьева Е. В., Муравьева Е. В. Устойчивость объектов культурного наследия // Кризисное управление и технологии. Crisis Management and Technology (Ереван. Республика Армения). 2020. № 1 (16). С. 73–79.
12. Арефьева Е. В., Алексеева Е. И., Шашкина О. Н. Экспресс-оценка устойчивости объектов культурного наследия при воздействии возможных опасных природных процессов и явлений на территории // Вестник НЦБЖД. 2022. № 2 (52). С. 100–112.