



*Н.В. Михалевич, Е.Н. Шахова*  
 Вологодский государственный университет

## **ВЛИЯНИЕ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ НА ДЕФОРМАЦИИ ЗДАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

В статье рассмотрены причины морозного пучения, параметры, влияющие на его величину при эксплуатации зданий и методы защиты. Приведены рекомендации по снижению влияния морозного пучения на фундамент зданий и сооружений в Вологодской области.

Морозное пучение грунта, эксплуатация зданий, Вологодская область.

Деформации и повреждения стен и других элементов зданий, вызванные сезонными процессами промерзания/оттаивания грунтов их оснований могут вызывать значительные повреждения в процессе эксплуатации. По частоте проявлений повреждения стен от промерзания/оттаивания грунтов занимают третью позицию после таких причин, как неравномерные осадки оснований и недопустимое намокание конструкций. Если при неравномерном оседании системы «основание – сооружение» перемещения во всех точках здания направлены по преимуществу вниз, то дополнительные перемещения, вызванные промерзанием основания, направлены вверх, реже – в стороны, а перемещения при оттаивании грунтов – почти только вниз [1].

Особенностью процессов морозного пучения оснований можно отметить неравномерность их развития по площади основания, времени возникновения и объемам повреждений здания. Большую опасность для деформирования основания представляют неотапливаемые здания как строящиеся в несколько очередей, так и реконструируемые с отключением инженерных систем. При новом строительстве и в процессе эксплуатации повышенные деформации оснований могут возникать в необогреваемых элементах, таких как стены лоджий, входы в подвалы и цокольные этажи, пандусы, въезды в заглубленные теплые стоянки, расположенные в цокольных и подвальных этажах (рис. 1).

В отапливаемых зданиях морозное пучение грунта обычно действует на наружные стены. В центре строения почва прогревается за счет тепловых потерь, но по периметру она не защищена от зимнего холода. Именно здесь происходит поднятие фундаментов. Неравномерные деформации – самый опасный вид смещений. Последствием такого явления становится появление трещин по фундаментам и стенам дома, которые могут возникать в течение всего срока эксплуатации при изменении внешних воздействий. Пучинистость грунтов зависит от их состава, а также от расположения уровня гравитационных (текучих) подземных или паводковых вод и технического состояния инженерных систем, повреждение которых может вызвать изменение характеристик основания.

Официальная классификация пучинистости дисперсных грунтов приведена в таблице Б.27 ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» [2]. Там же указаны пограничные величины относительной деформации пучения промерзающих грунтов  $ef$  (в долях единицы). По этому показателю различают грунты:

- практически непучинистые –  $ef < 0,010$ ;
- слабопучинистые –  $ef$  от 0,010 до 0,035;
- среднепучинистые –  $ef$  от 0,035 до 0,070;
- сильнопучинистые –  $ef$  от 0,070 до 0,100;
- чрезмерно пучинистые –  $ef > 0,100$ .



*Рис. 1. Обрушение фасада учебного корпуса одного из вузов Вологды, вызванное морозным пучением грунтов в процессе капитального ремонта*

Больше всего морозному пучению подвержены глинистые грунты (объем грунта может увеличиваться на 10–15 %, то есть при глубине промерзания 1 м поверхность грунта может подняться на 10–15 см). При глубине промерзания среднетяжелых суглинков в 1 м подъем поверхности грунта может достигать 7 см. Песчаные грунты подвержены пучению гораздо меньше; каменные и скальные – практически не подвержены. В глинах или мелких песках влага может достаточно высоко подниматься от уровня грунтовых вод за счет капиллярного эффекта. А между частицами крупнозернистого песка или гравия вода просачивается и уходит в нижележащие слои, а та влага, которая и содержится в песчаном грунте, распределяется в нем равномерно, поэтому пучение такого грунта происходит равномерно. Чем тоньше структура грунта, тем выше поднимается влага, тем более пучинистым будет грунт. Поднятие воды в грунте за счет капиллярного эффекта для суглинков может достигать 4–5 м, в супесях – 1–1,5 м, в пылеватых песках вода может подниматься на 0,5–1 м. Определить расчетом величину поднятия конкретной точки пучащегося основания достаточно сложно, т.к. на этот процесс влияет много факторов. Также сложно спрогнозировать величину просадки грунтов при оттаивании.

В Вологодской области продолжительность периода со среднесуточной отрицательной температурой составляет 157 дней [3]. Продолжительность пучения чуть меньше этого срока, но при  $e_f = 0,15$  его величина может достигать 225 мм при средней скорости порядка 1,5 мм в сутки.

Форма деформации зданий при пучении их оснований одна – выгиб. А при выгибе происходит растяжение стен сверху, и ничто не препятствует образованию и развитию в них клиновидных трещин с наибольшим раскрытием вверху (рис. 2).

В неотапливаемых зданиях глубина промерзания больше внутри них, поэтому они испытывают неравномерное поднятие с выгибом во все стороны и с растяжением всех стен сверху (рис. 2). Плотность воды составляет  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность льда  $916 \text{ кг/м}^3$ , это значит, что при одинаковой массе лед будет занимать больший объем, нежели вода, примерно на 9 %. Зимой вода, содержащаяся в грунте, превращается в лед, увеличиваясь в объеме, и тем самым создает давление на грунт. Под действием этого давления грунт начинает двигаться. Это давление не может продавить глубоко залегающие нижние плотные слои грунта, поэтому выдавливает грунт вверх, а вместе с ним и фундамент дома.

В процессе эксплуатации также необходимо учитывать и неравномерность промерзания с поверхности, которая зависит от теплоемкости и теплопроводности грунтов, поэтому проникновение отрицательных температур (фронта промерзания) в теплый грунт идет постепенно, при балансе оттока вверх и притока тепла снизу. И теплоемкость, и теплопроводность грунтов зависят от их плотности и влажности, поэтому они меняются в основании от точки к точке. Эти показатели грунта влияют на изменение объема грунта, а значит и на деформации морозного пучения. Объем воды при переходе в лед увеличивается на 9 %. При замерзании грунта с влажностью 20 % его объем увеличился бы на 1,8 %. Относительная же деформация пучения промерзающих грунтов  $e_f$  может достигать 0,15 (15 %) и более. Такой прирост объема обеспечивается за счет:

- притока (миграции) дополнительного количества воды к фронту промерзания;
- замерзания этой дополнительной воды;
- избыточного льдовыделения.

С учетом уровня грунтовых вод, глубины промерзания и типа грунта величину пучения ориентировочно можно принять по таблице.



*Рис. 2. Трещины в кирпичных стенах неотапливаемых зданий: а) объект в пригороде г. Вологды; б) незавершенный объект в поселке Можайское*

Величина морозного пучения грунта

Тип	пучение	уровень грунтовых вод находится ниже глубины промерзания, м			
		пылеватые пески	супеси	суглинки	глина
слабопучинистые	До 4 %	0,5 м	1 м	1,5 м	2 м
среднепучинистые	4–8 %	0,3 м	0,5 м	1 м	1,5 м
сильнопучинистые	8–12 %	0 м	0,3 м	0,7 м	1 м
чрезмернопучинистые	свыше 12 %	уровень грунтовых вод выше глубины промерзания			

Пучинистость грунта также зависит от наличия дренажных систем. При наличии дренажа, уровня грунтовых вод более 3–4 м и глубине промерзания до 1 м глинистое основание будет относиться к слабопучинистому грунту, но при отсутствии дренажа основание можно отнести к чрезмернопучинистым.

Зимние вторжения с Атлантики сопровождаются сильными снегопадами и потеплением погоды, летом – похолоданием. Суровость зимы возрастает с запада на восток. Средние годовые температуры воздуха изменяются от 2,4–2,8 °С на западе территории до 1,4–1,6 °С на востоке, т.е. по направлению к юго-западу климатические условия смягчаются. Такое попеременное оттаивание и замораживание поверхностных слоев грунта при поврежденной отмостке или ее отсутствии может привести к деформациям пучения наружных стен.

Земельный фонд области – 14450,7 тыс. га. В Вологодской области на большей части территории в средней части располагаются суглинистые грунты, город Вологда и прилегающие территории имеют средне и легкосуглинистые грунты, в Никольском районе преобладают песчаные суглинистые грунты, глинистые и тяжелые суглинки распространены в Вытегорском районе, на отдельных небольших участках по всей территории можно встретить грунты двухчленного профиля (пески и супеси, подстилаемые суглинком). Таким образом, на территории Вологодской области представлены практически все типы грунтов и, соответственно, требуются различные методы защиты от морозного пучения.

Для защиты от морозного пучения существует три основных способа:

- замена грунта на непучинистый под подошвой фундамента;
- удаление влаги из грунта путем устройства защиты от попадания влаги или (и) удаление уже имеющейся влаги;
- утепление грунта;
- придание гладкой и ровной поверхности фундаменту.

Первый способ защиты фундамента от морозного пучения наиболее доступный и распространенный. При возведении фундамента под его основание укладывают подушку из утрамбованного песка высотой около 30–40 см и шириной на 10 см больше в каждую сторону от подошвы фундамента.

Второй метод требует больших материальных затрат, так как он связан с работами по устройству дренажных систем, ливневой канализации, увеличению ширины отмостки и отвода воды от здания и других мероприятий.

Третий метод – утепление грунта вокруг дома – позволяет уменьшить или вообще исключить промерзание земли, что позволяет строительство мелкозаглубленных фундамента за счет искусственного уменьшения глубины промерзания. Однако это возможно только в областях, где среднегодовая температура положительная, что для Вологодской области не подходит.

Четвертый способ – самый простой, он устраняет пористую структуру бетона и тем самым уменьшает смерзание мокрого грунта с фундаментом, снижая морозное пучение. Устранить неровности поверхности бетона можно путем прокладки рубероида или гидроизола, или другого аналогичного материала между поверхностью фундамента и грунтом, и движущийся грунт будет по нему скользить, и касательная составляющая силы пучения значительно снижается.

Также необходимо отметить, что на морозное пучение грунта влияет и повышенное давление от здания. В процессе эксплуатации основания уплотняются, что приводит к повышению его несущей способности и снижению влияния морозного пучения. Если слой грунта под подошвой фундамента сильно уплотнить на стадии строительства, то степень пучинистости его также уменьшится из-за уменьшения капиллярного эффекта. Причем, чем больше давление, тем меньше величина пучения.

Выводы:

1. Предотвращение морозного пучения должно быть комплексным, включающим следующие этапы:

- анализ грунтового основания на стадии изысканий;
- разработка мероприятий от увлажнения и промерзания на стадии проектирования, а также правильное назначение глубины заложения фундамента;
- соблюдение требований при возведении фундаментов, особенно в зимний период;
- правильная эксплуатация подвальных и цокольных этажей и инженерного оборудования, особенно систем теплоснабжения, водоснабжения и канализации.

2. При проектировании фундаментов на основаниях, сложенных пучинистыми грунтами, следует учитывать возможность повышения влажности грунта за счет подъема уровня подземных вод, инфильтрации поверхностных вод и экранирования поверхности (СП 22.13330.2016 п. 6.8.2).

### Литература

1. Деформации и повреждения стен каменных гражданских зданий : учебное пособие / А. А. Собенин, Е. Н. Шахова ; Министерство образования

и науки РФ, Вологодский государственный университет. – Вологда, ВоГУ, 2017. – 168 с.

2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация : межгосударственный стандарт : введен 2013-01-01. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-

справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 22.02.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология / Минрегион РФ. – Москва, 2012. – 113 с.

*N.V. Mikhalevich, E.N. Shakhova*  
*Vologda State University*

#### **INFLUENCE OF FROSTY HEAVING ON BUILDINGS DEFORMATION WHILE IN OPERATION IN VOLOGDA REGION**

The article discusses the causes of frost heaving, the parameters that affect its magnitude during the operation of buildings and methods of protection. Recommendations are given to reduce the effect of frost heaving on the foundation of buildings and structures in Vologda region.

Frost heaving of soil, building maintenance, Vologda region.