

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2022, №6, Том 14 / 2022, No 6, Vol 14 <https://esj.today/issue-6-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/12SAVN622.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Мусллова, Д. Д. Проблемы эксплуатации зданий на оттаивающих многолетнемерзлых грунтовых основаниях / Д. Д. Мусллова, Я. А. Пронозин, Л. А. Бартоломей, М. А. Степанов, Н. Ю. Киселев // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/12SAVN622.pdf>

**For citation:**

Muslova D.D., Pronozin Ya.A., Bartolomey L.A., Stepanov M.A., Kiselev N.Yu. Problems of operation of buildings on thawing permafrost soil bases. *The Eurasian Scientific Journal*. 2022; 14(6): 12SAVN622. Available at: <https://esj.today/PDF/12SAVN622.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 624.15

**Мусллова Дарья Дмитриевна**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Магистрант  
E-mail: [muslova99@yandex.ru](mailto:muslova99@yandex.ru)

**Пронозин Яков Александрович**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Профессор  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: [geofond.tgasu@gmail.com](mailto:geofond.tgasu@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6173-2796>

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=415568](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=415568)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55390829400>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/B-1824-2018>

**Бартоломей Леонид Адольфович**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Профессор  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: [bartolomejla@tyuiu.ru](mailto:bartolomejla@tyuiu.ru)

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=269501](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=269501)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57190853067>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAB-8665-2021>

**Степанов Максим Андреевич**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Доцент  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [maxim\\_stepanov@inbox.ru](mailto:maxim_stepanov@inbox.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4356-4717>

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=726858](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=726858)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57190858151>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/ABI-3269-2020>

**Киселев Никита Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Доцент  
Кандидат технических наук  
E-mail: [kiselev3452@gmail.com](mailto:kiselev3452@gmail.com)

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=755961](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=755961)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56392638500>

## Проблемы эксплуатации зданий на оттаивающих многолетнемерзлых грунтовых основаниях

**Аннотация.** В настоящей статье рассмотрены проблемы эксплуатации капитальных зданий и сооружений, построенных по I принципу использования многолетнемерзлых грунтов, в условиях изменения первоначального температурного режима грунтового основания и влияния процесса глобального потепления. Во введении представлен краткий литературный обзор на состояние проблемы деградации многолетнемерзлых грунтов, а также приведено кратко описание характерного для данной проблематики объекта исследования, а именно Жилого дома в с. Аксарка, ЯНАО. Далее авторами предложен принципиально важный состав работ при обследовании аварийных зданий на оттаивающих многолетнемерзлых основаниях условно разделенный на статический и динамический блоки, включающие в себя обследования с позиции текущего времени и с позиции хронологии изменения объекта соответственно. По результатам технического обследования, инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий выявлены характерные дефекты, а также предложены пути их полного или частичного устранения и стабилизации за счет применения технологии устройства буроинъекционных свай без восстановления мерзлоты. Приведены преимущества предложенной авторами технологии, а также аргументация неэффективности, в данной ситуации, применения технологии восстановления мерзлого состояния грунтов. В заключении статьи авторами сделаны выводы о критичности и сложности сложившейся ситуации на территориях, сложенных многолетнемерзлыми грунтами в настоящее время.

**Ключевые слова:** глобальное потепление; температурный режим; деградация многолетнемерзлых грунтов; буроинъекционные сваи; аварийные здания; оттаивающие многолетнемерзлые грунты; дефекты несущих конструкций

### Введение

Населенные пункты и промышленные предприятия, построенные на территориях, сложенных многолетнемерзлыми грунтами, оказывают значительное влияние на изменение первоначального температурного режима грунтового основания. Это связано с внесением в грунт большого количества тепла инженерными сооружениями, с перераспределением снежных отложений по застроенной территории, осушением или увлажнением грунтов, изменением рельефа местности, покрытием больших площадей асфальтом и бетоном, с изменением режима грунтовых вод. Кроме того, на отдельных участках застроенной территории в грунт поступает дополнительная тепловая энергия, выделяемая зданиями и инженерными коммуникациями.

Распределение температуры в грунтах зависит от механизма теплопередачи. В подавляющем большинстве случаев передача тепла происходит за счет теплопроводности. Однако на отдельных участках, где имеются грунтовые воды, вместе с кондуктивной может быть и конвективная теплопередача. При этом изменения температуры грунта будут происходить более интенсивно<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Хрусталева Л.Н. Основы геотехники в криолитозоне: учебник / Л.Н. Хрусталева. — М.: ИНФА-М, 2019. — 543 с.

Изменение температурного режима грунтов на застроенной территории происходит под влияниями многих факторов, которые условно разделяют на три группы: общие, локальные и специфические<sup>1</sup>:

- к общим факторам относятся внешнее тепло и массообмен на застроенной территории;
- к локальным факторам относится тепловое воздействие на грунт самого здания, а также подземных коммуникаций;
- к специфическим факторам можно отнести характерные особенности территории строительства, например, особый режим снежных отложений или гидрогеологические условия.

Совокупность этих факторов в различном сочетании и значимости, а также безусловное влияние процесса глобального потепления [1], становятся причиной аварийных деформаций оснований, что приводит к потере эксплуатационной надежности зданий и сооружений, вплоть до необходимости их демонтажа [2].



**Рисунок 1.** Изменение горизонтального положения ростверка в следствии неравномерной провальной осадки фундаментов (составлено авторами)

Значительное количество зданий в условиях Арктики построены, как известно по I принципу, причем с использованием стандартных призматических свай, заглубление которых в основание, с учетом проветриваемого подполья, редко превышает 6–8 м. Столь незначительное заглубление свай определяет высокий риск снижения несущей способности основания при сочетании неблагоприятных факторов, влияющих на растепление грунтов<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Сахаров И.И., Кудрявцев С.А., Парамонов В.Н. Промерзающие, мерзлые и оттаивающие грунты как основания зданий и сооружений: учебное пособие для бакалавров строительства, специалистов и инженеров по направлению «Строительство» — Москва: АСВ, 2021. — 364 с.

Характерным примером является состояние жилого дома в ЯНАО, с. Аксарка.

Объект представляет собой 3-этажное, отапливаемое, двухсекционное здание размерами в плане 42,4х21,6 м. По конструктивной схеме здание является бескаркасным с преимущественно продольными несущими стенами. Фундаменты ленточные свайные однорядные из ж/б свай заводского изготовления длиной от 6 до 10 м с высоким ростверком и проветриваемым подпольем. Фундаменты выполнены по I принципу использования многолетнемерзлых оснований.

По результатам визуального обследования был выявлен ряд дефектов несущих конструкций характерных для зданий, построенных на оттаивающих многолетнемерзлых основаниях, а именно: наличие значительного количества сквозных трещин, изломов и разрывов в монолитных ростверках и поперечных трещин в надземной части свай, раскрытие силовых трещин на внутренних и наружных несущих стенах, а также провальные осадки под отдельными частями здания (рис. 1).

### 1. Методика эксперимента и теоретические подходы

Важным моментом в таких случаях является понимание достоверной картины происходящих процессов. Это связано с тем, что ситуация, как правило, находится в динамике, то есть, часть грунтов еще могут находиться в мерзлом состоянии и сохранять свою несущую способность, часть грунтов уже оттаяло на значительную глубину, что приводит к просадкам основания и резкому снижению несущей способности свай [3]. Проблема осложняется тем, что в разрез с требованиями СП 25.13330.2021, крайне редко соблюдаются требования по обязательному выполнению мониторинга осадок и теплового режима основания на подобных объектах. Поэтому обследование дает результаты с позиций текущего состояния, однако отсутствует, крайне важная в этих случаях, хронология изменений состояния объекта и грунтового основания. При этом, времени на установление закономерностей развития процессов недостаточно. Здание уже может находиться в критическом состоянии и требовать немедленных мероприятий по усилению.

На взгляд авторов, при работе со зданиями на оттаивающих грунтах, обследование следует выполнять из двух блоков, которые можно условно назвать «статический» и «динамический».

Статический блок должен включать в себя следующие разделы:

- сбор архивной информации по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации объекта, а также окружающей застройки;
- оценка рельефа местности и инженерных коммуникаций;
- выполнение инженерных изысканий: геодезических, геологических, а также геофизических, с позиций нахождения кровли ММГ;
- измерение геометрических параметров здания и в первую очередь горизонтальности диска перекрытия проветриваемого подполья, позволяющего выполнить оценку осадок различных частей фундаментов и их неравномерность;
- оценка состояния и прочности монолитных конструкций ростверков и свай;
- оценка состояния и прочности материалов перекрытий и стеновых конструкций;
- диагностика свай методом акустической дефектоскопии, с определением их фактической длины;

- оценка состояния инженерных сетей;
- аналитические расчеты оснований, фундаментов и конструкций, базирующиеся на требованиях норм и современном уровне инженерной науки и опыте;
- создание цифровой модели здания и грунтового основания, в различных верифицированных программных продуктах;
- моделирование процессов деформирования основания и изменения напряженно-деформированного состояния объекта;
- поверочные расчеты фундаментов и основных строительных конструкций.

Динамический блок предполагает наличие следующих разделов:

- выполнение геотехнического мониторинга, включающего в себя высокоточное наблюдение за осадками здания и оценку состояния маяков на конструкциях здания;
- устройство термометрических скважин с регистрацией изменения температуры и динамики изменения кровли ММГ;
- прогнозное моделирование, основанное на результатах обследования «статического» блока и данных по мониторингу технического состояния здания и основания.

Следует сказать, что представленные блоки и их разделы, к сожалению, не всегда возможны в реализации по объективным и субъективным причинам, однако на них необходимо ориентироваться для включения в техническое задание.

## 2. Результаты

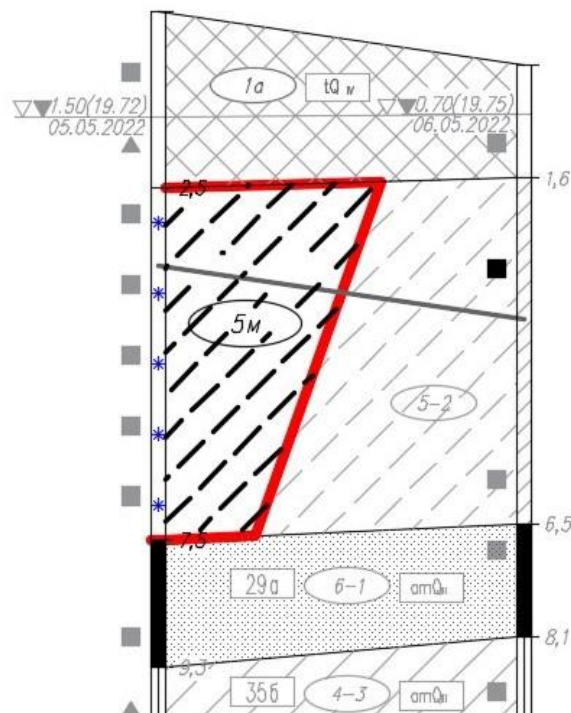
Остановимся на основных результатах обследования.

На момент постройки здания в 2013 г. весь грунт основания, за исключением сезонно-деятельного слоя, был мерзлым. Это подтверждается тем, что здание построено по I принципу и в первые 6–7 лет эксплуатации не было признаков деформаций конструкций. Необходимо сказать, что подобная ситуация относится к большинству зданий, построенных на оттаивающих основаниях.

Выполненные в мае 2022 года инженерно-геологические изыскания показали, что на глубину до 20 м отсутствуют мерзлые грунты, за исключением островной высокотемпературной мерзлоты под частью секции № 2 (рис. 2), представленной пластичномерзлой слабодистой супесью (при оттаивании пластичной). Минимальная температура мерзлого грунта в середине слоя составила всего лишь  $-0,4^{\circ}\text{C}$ . Талый грунт представлен преимущественно супесями и суглинками от пластичной, до текучей консистенции.

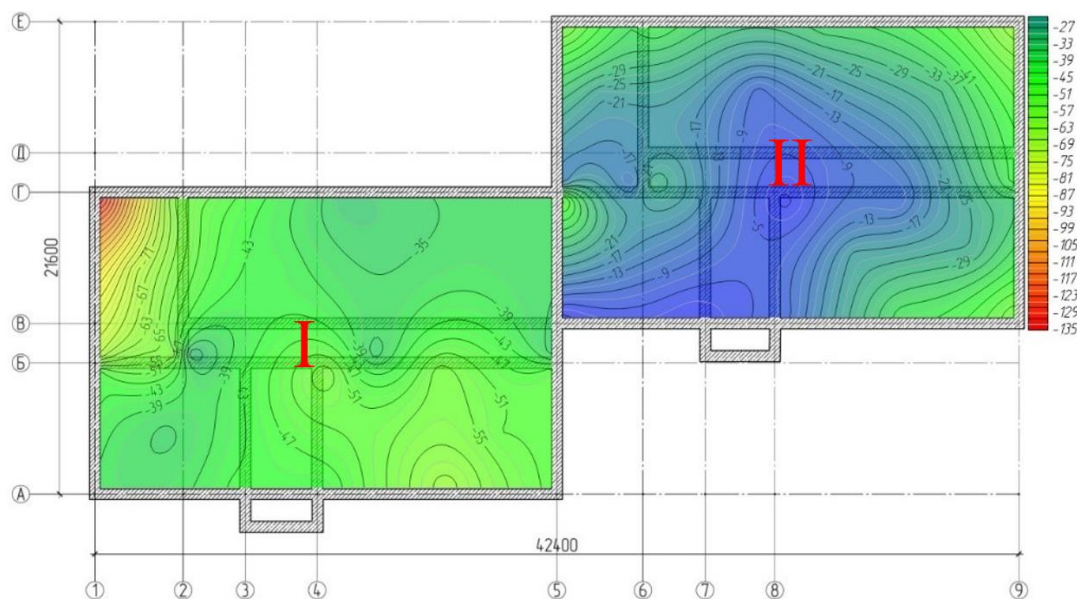
Геодезическим нивелированием ростверка и плит перекрытия подполья в 52 точках (рис. 3) установлено, что максимальная разница вертикальных перемещений плит перекрытий, составила 134 мм. При этом, максимальная разница вертикальных перемещений по секции № 1 составляет 106 мм, а по секции № 2 — 64 мм. Анализ горизонтальности диска перекрытий подполья показал, что величины фактических относительных неравномерностей вертикальных перемещений плит перекрытий лежат в пределах  $\Delta S/L = 0,0044 \div 0,0054$ , что в два и более раза, превышает величину предельно допустимого значения  $[\Delta S/L] = 0,0024$ .

Важным обстоятельством является наложение фактической геологии на результаты геодезического обследования. Там, где выявлена мерзлота находится верхняя точка плит подполья и ростверков, к переходу в зону талых грунтов отметки понижаются, причем в зоне расположения провальных деформаций угла здания (более 150 мм) в основании находятся мягкопластичные суглинки.



ИГЭ-5м — супесь пластичномерзлая слабльдистая слоистой криотекстуры, при оттаивании пластичная  $t = -0.4^{\circ}\text{C}$

**Рисунок 2.** Инженерно-геологический разрез (отчет ИГИ 2022 г.) (составлено авторами)



**Рисунок 3.** Изолинии отклонений плит перекрытий подполья от горизонтального положения (составлено авторами)

Для прогнозной оценки величины возможной осадки основания в условиях оттаивания грунтов и сопоставления с фактическими результатами обследования, был выполнен расчет согласно СП 25 по формуле 1:

$$S_{th} = \sum_{i=1}^n (A_{th,i} + m_{th,i} \sigma_{zg,i}) h_i \quad (1)$$

где  $n$  — число выделенных слоев грунта;

$A_{th,i}$  и  $m_{th,i}$  — коэффициент оттаивания, доли единицы, и коэффициент сжимаемости,  $\text{кПа}^{-1}$ ,  $i$ -го слоя оттаивающего грунта, принимаемые по экспериментальным данным;

$\sigma_{zg,i}$  — вертикальное напряжением от собственного веса грунта в середине  $i$ -го слоя грунта,  $\text{кПа}$ ;

$h_i$  — толщина  $i$ -го слоя оттаивающего грунта.

Расчет показал, что при выявленных характеристиках мерзлого грунта, его оттаивание, в зависимости от величины принимаемого слоя, может приводить к осадкам поверхности от 15 до 30 см и более, что в целом согласуется с фактической картиной деформаций.

Фундамент здания обладает значительным количеством дефектов, как-то (рис. 4):

- Наличие вертикальных и наклонных сквозных трещин в конструкции ростверка шириной раскрытия до 15 мм.
- Наличие горизонтальных трещин в ростверке шириной раскрытия до 5 мм и деструкции бетона защитного слоя.
- Наличие сквозных трещин в местах сопряжения продольных и поперечных ростверков, свидетельствующих о неравномерных деформациях основания. Трещины нарушают сплошность конструкций и снижают пространственную жесткость здания.
- Несоответствие фактического шага свай проектному. Значительные, до 100 мм, смещения осей свай относительно разбивочных осей, опирание ростверка на сваи выполнено с эксцентриситетом.
- Отклонения свай от вертикальной оси.
- Наличие поперечных трещин в надземной части свай шириной раскрытия до 2 мм, что обусловлено возникновением значительных изгибающих усилий в конструкциях свай и свидетельствует о происходящем сдвиге здания.
- Наличие отрыва продольных и поперечных ростверков от стен на величину до 100 мм в зоне распространения значительных сверхнормативных осадок основания.

Данный объект имеет характерные для многих подобных зданий дефекты в виде разрушенной отмостки вокруг здания и расконвертовки основания вентилируемого подполья. Это проявляется в виде трещин шириной раскрытия до 15 мм, морозной деструкции, деформаций пучения. Зафиксировано аварийное состояние выпусков канализации, приводящее к прямому попаданию сточных вод в основание. Характерным является также влияние заглубленных тепловых сетей на состояние объекта. Со стороны прокладки тепловых сетей, происходят наибольшие, провальные осадки фундаментов, на величину, превышающую 150 мм.



**Рисунок 4.** Характерные дефекты конструкций:

а) горизонтальные трещины в надземной части свай; б) сквозные трещины в ж/б ростверках; в) разрывы ж/б ростверков (составлено авторами)

В программном комплексе STARK ES была создана полноразмерная модель здания и грунтового основания, моделирование выполнено в пространственной постановке. В результате статического расчета системы «основание-фундамент-здание» установлено, что нагрузка на существующие сваи составляет в среднем 170–250 кН. Также установлено, что расчетная нагрузка на существующие ж/б сваи фундамента в талых грунтах, вскрытых по скважинам № 1, № 3, № 4, а также в скважине № 2 за исключением линзы многолетнемерзлого грунта, превышает их несущую способность: дефицит по несущей способности, в соответствии с нормами СП 25.13330.2021 и СП 24.13330 2020, достигает 49 %.

Таким образом, комплексная оценка результатов обследования, включая хронологические данные по состоянию здания за период эксплуатации, позволяет сделать вывод о том, что максимальные сверхнормативные деформации, как конструкций здания, так и грунтового основания, наблюдаются в местах деградации многолетней мерзлоты, на участках максимального оттаивания, в частности вблизи прохождения тепловых сетей.

### 3. Обсуждение

Под зданием произошла доминирующая в плане температурная деградация грунтов, на глубину более 15 метров от поверхности, что послужило основной причиной значительных неравномерных осадок свайных фундаментов с глубиной погружения ж/б свай до 10 м, и привело к деформациям, трещинам и перекосам конструктивных элементов здания, в особенности зоны, отнесенной к линии прокладки теплотрассы.



В данных условиях, ставится вопрос о принципиальных решениях ликвидации аварийной ситуации на объекте. Двумя инженерными полюсами решения является восстановление мерзлого состояния геомассива или усиление фундаментов с позиций использования оттаявшего и оттаивающего основания.

В данных условиях мероприятия по возвращению грунтов в мерзлое состояние на взгляд авторов, не эффективны и более того, могут нести значительные риски. Это связано с тем, что промораживание основания может занять значительное время, более двух зимних сезонов, что в динамике развития осадок крайне нежелательно. Существуют значительные технологические сложности работы из технического подполья, а также могут возникнуть неконтролируемые процессы морозного пучения свай. Кроме этого, существующий инженерный опыт организаций, работающих с многолетнемерзлыми и оттаивающими основаниями, говорит об эффективности возвращения мерзлого состояния в тех случаях, когда мерзлота отступила незначительно и достаточно равномерно по глубине и существует возможность «подтянуть» ее кровлю выше нижних концов свай. В случае, когда оттаивание грунтов уходит уже на 5 и более метров ниже от уровня конца свай, возвращение мерзлотного состояния основания проблематично. Следует также сказать, что расчетное прогнозирование поведения объекта в этом случае крайне затруднительно, в силу значительного количества неопределенных параметров [4].

Использование основания в талом и частично оттаивающем состоянии, представляется более надежным способом сохранения зданий в эксплуатационном состоянии, в подобных случаях [5; 6]. При этом, учитывая сформировавшиеся значительные неравномерные деформации и дефекты в конструкциях здания, следует отдавать предпочтение решениям, которые лучше поддаются оценке и прогнозированию. Одним из таких решений, основанных на компенсации дефицита несущей способности свай в оттаивающих грунтах, является использование дополнительных длинных свай «дублеров», позволяющих включить в работу свай усиления до реализации дополнительных осадок (рис. 5а), обладающих требуемой несущей способностью. В условиях усиления объектов, эффективными могут являться буроинъекционные технологии, как-то сваи типа «Титан» или «Атлант» [7]. Преимуществами буроинъекционных свай является<sup>3</sup>:

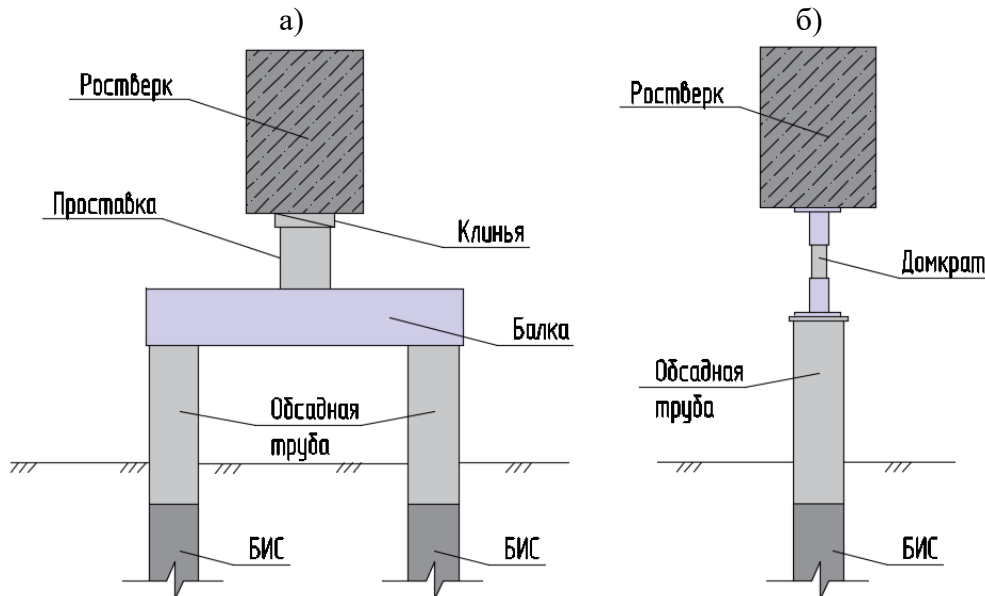
- высокая надежность технологии, апробированная на большом количестве объектов в самых разных грунтовых условиях;
- варьирование длины и диаметра свай, угла наклона, а также параметров опрессовки (при необходимости) скважины избыточным давлением, в зависимости от требуемой несущей способности;
- возможности производства работ в условиях значительной стесненности;
- возможности устройства свай в труднодоступных и удаленных районах с слаборазвитой транспортной инфраструктурой, в т.ч. в сложных климатических условиях, за счет минимальной сырьевой, технической и логистической потребности.

При этом, как уже было сказано выше, часть устраиваемых свай может быть испытана статическими нагрузками, после их устройства, для уточнения их несущей способности и возможной корректировки параметров, что крайне важно, так как расчетные прогнозы на оттаивающих основаниях могут отличаться от фактических данных весьма значительно [8].

---

<sup>3</sup> Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. Современные свайные технологии: Учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во АСВ, 2010. — 240 с.

Кроме того, устройство свай «дублеров» позволяет использовать домкратные системы для устранения сверхнормативных деформаций на аварийных участках, что возможно, при временном отделении участков ростверков от существующих свай (рис. 5б).



**Рисунок 5.** Вариант технических решений, направленных на компенсацию дефицита несущей способности существующих свай (составлено авторами)

Безусловно, что в состоянии не полностью оттаявшего основания здания и очагового сохранения мерзлых грунтов, данная технология не может полностью стабилизировать деформации объекта на участках, где сохраняется мерзлота. Однако, во-первых, очаговое сохранение мерзлоты может иметь определенные причины и процесс ее деградации иметь растянутый во времени характер [9]. При этом снижения интенсивности оттаивания грунтов можно добиться инженерными мероприятиями, как-то: ремонтом инженерных сетей, отводом воды из-под здания, отнесением септика и т. д. Во-вторых, оттаивание грунтов и возможные осадки свай на данных участках будут до определенных своих значений снижать избыточное напряженное состояние, сформированное ранее произошедшими осадками и просадками фундаментов [10]. В-третьих, при необходимости, существует возможность, с учетом результатов геотехнического мониторинга, своевременно выполнить мероприятия по контролируемой стабилизации состояния объекта, например, дополнительными сваями дублерами.

### Выводы

По результатам обследования зданий находящихся в ограниченно-работоспособном и аварийном, состояниях, построенных по I-принципу строительства на многолетнемерзлых грунтах, следует заключить следующее:

- значительное количество объектов находятся под влиянием глобальных климатических, общих и локальных воздействий, которые зачастую ведут к деградации мерзлых грунтов;
- неравномерные деформации фундаментов могут превышать несколько десятков сантиметров, что в большинстве случаев, может быть несовместимым с дальнейшей эксплуатацией объектов;

- наиболее сложными являются ситуации в которых часть основания находится в оттаявшем состоянии, а другая часть в условиях сохранения мерзлоты в определенный период времени и при этом несущими и ограждающими конструкциями накоплены критические деформации.

Для сохранения объектов, в подобных ситуациях, одной из альтернатив является использование буроинъекционных свай, с опиранием на оттаявшие грунты основания, при необходимости с применением домкратных систем. Данный подход должен реализовываться совместно с проведением постоянного геотехнического и геокриологического мониторинга за состоянием объекта и грунтового основания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Минин А.А., Семенов С.М., Корзухин М.Д. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. — М: Росгидромет, 2014. — 1008 с.
2. Hjort, J., Karjalainen, O., Aalto, J. et al. Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century. *Nat Commun* — 2018, 9, 5147. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4>.
3. Sakharov, I.I. The account of frost heave and thawing processes when designing road embankments in cold regions / I.I. Sakharov, V.N. Paramonov, S.A. Kudryavtsev // *Transportation Soil Engineering in Cold Regions: Proceedings of TRANSOILCOLD 2019, Saint Petersburg, 15–22 апреля 2019 года.* — Singapore: Springer, 2021. — P. 19–24. — DOI: 10.1007/978-981-15-0450-1\_3.
4. Pushkarev, A. Geotechnical practice of construction on permafrost soils near existing facilities / Pushkarev, A., Sokolov, N., & Mihailov, A. // *Transportation Research Procedia.* — 2021. — P. 530–537. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2021.09.081>.
5. Tang, L. Degradation characteristics and bearing capacity model of pile in degraded permafrost / Tang, L., Yang, L., Qiu, P., Jia, H., Zhang, H., & Li, G. // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering.* — 2021. DOI: <https://doi.org/10.1680/JGEEN.20.00014>.
6. Faki, A. Regional-scale investigation of pile bearing capacity for Canadian permafrost regions in a warmer climate / Faki, A., Sushama, L., & Doré, G. // *Cold Regions Science and Technology.* — 2022 — P. 201. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.COLDREGIONS.2022.103624>.
7. Никитенко М.И. Буроинъекционные анкеры и сваи при строительстве и реконструкции зданий и сооружений: монография — Минск: БНТУ, 2007. — 580 с.
8. Wang, T. Frost jacking of piles in seasonally and perennially frozen ground / Wang, T., Qu, S., Liu, J., Luo, Q., & Hu, T. // *Cold Regions Science and Technology.* — 2022 — P. 203. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.COLDREGIONS.2022.103662>.
9. Yu, S. Influence of seasonal freezing-thawing soils on seismic performance of high-rise cap // *Cold Regions Science and Technology.* — 2022 — P. 199. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.COLDREGIONS.2022.103581>.
10. Borisov, V.S. Mathematical Modeling of Underground Construction Temperature Influence on Permafrost Soils // *Procedia Computer Science.* — 2015 — P. 112–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2015.11.014>.

### **Muslova Darya Dmitrievna**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia  
E-mail: muslova99@yandex.ru

### **Pronozin Yakov Aleksandrovich**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia  
E-mail: geofond.tgasu@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6173-2796>

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=415568](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=415568)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55390829400>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/B-1824-2018>

### **Bartolomey Leonid Adolfovich**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia  
E-mail: bartolomejla@tyuiu.ru

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=269501](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=269501)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57190853067>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAB-8665-2021>

### **Stepanov Maksim Andreevich**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia  
E-mail: maxim\_stepanov@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4356-4717>

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=726858](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=726858)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57190858151>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/ABI-3269-2020>

### **Kiselev Nikita Yurevich**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia  
E-mail: kiselev3452@gmail.com

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=755961](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=755961)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56392638500>

## **Problems of operation of buildings on thawing permafrost soil bases**

**Abstract.** This article considered the problems of operation of capital buildings and structures built according to the first principle of the use of permafrost soils, under conditions of a changing the initial temperature regime of the soil base and the influence of the global warming process. The introduction presents a brief literature review on the state of the problem of degradation of permafrost soils, and also represented a brief description of the object of study characteristic of this problem, namely a residential building in the village of Aksarka, Yamalo-Nenets Autonomous region. Further, the authors propose a fundamentally important set of works for the inspection of emergency buildings on thawing permafrost soils, conditionally divided into static and dynamic blocks, including inspection from the position of the current time and from the position of the chronology of the change of the object, respectively. According to the results of the technical inspection, engineering-geodetic and engineering-geological surveys, characteristic defects were identified, as well as ways of their complete or partial elimination and stabilization through the use of the technology of boron-injection piles without permafrost restoration were proposed. The advantages of the technology proposed by the authors are given, as well as arguments for the inefficiency, in this situation, of the use of technology for restoring the frozen state of soils. In conclusion of the article, the authors draw conclusions about the criticality and complexity of the current situation in the territories composed of permafrost soils at the present time.

**Keywords:** global warming; temperature regime; degradation of permafrost soils; boron-injection piles; dilapidated buildings; melting permafrost soils; defects of support frame