



DOI: 10.15593/2224-9826/2019.1.06

УДК 624.139

## **РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ОПЫТА СТРОИТЕЛЬСТВА ФУНДАМЕНТОВ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ**

**А.В. Бояринцев**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
Санкт-Петербург, Россия

### **О СТАТЬЕ**

Получена: 10 октября 2018

Принята: 25 декабря 2018

Опубликована: 29 марта 2019

#### *Ключевые слова:*

репрезентативный опрос, многолетнемерзлые грунты, пучение, свайные фундаменты, термостабилизация грунтов, проблемы строительства, опыт строительства, Крайний Север, Дальний Восток.

### **АННОТАЦИЯ**

Представлены результаты опроса, проведенного среди практикующих специалистов в области фундаментостроения на многолетнемерзлых грунтах (ММГ). Главными целями опроса являлись: получение данных о частоте применения тех или иных проектных решений, установление наиболее распространенных причин возникновения аварий фундаментов зданий и сооружений. Опрос составлен таким образом, чтобы анализ ответов, данных на представленные в нем вопросы, способствовал пониманию сложившейся картины российской практики фундаментостроения на территориях, характеризующихся распространением ММГ. Приведенные вопросы были разделены на тематические блоки. В первом блоке фиксировалось распределение объектов строительства по регионам, типам строительства. Во втором блоке оценивалось соотношение объектов по разным параметрам, среди которых: распределение объектов, построенных по принципу I и принципу II использования ММГ, применение типа фундамента, его материала, типа свай для свайных фундаментов, а также различные способы термостабилизации. В третьем блоке требовалось указать соотношение основных причин возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации фундаментов на ММГ. В четвертом блоке было необходимо перечислить используемые способы борьбы с ранее указанными причинами. Опрос проводился в рамках международной научно-практической конференции «Современные технологии проектирования и строительства фундаментов на многолетнемерзлых грунтах». Выборка респондентов формировалась случайно, вне зависимости от возраста и пола. Единственным критерием отбора респондентов была необходимость наличия опыта проектирования, строительства и эксплуатации фундаментов на территориях с распространением ММГ. Таким образом, проведенный опрос полностью соответствует условиям репрезентативности, а полученные данные могут быть аппроксимированы на всю генеральную совокупность.

© ПНИПУ

© **Бояринцев Андрей Владимирович** – аспирант, e-mail: [Andrey\\_Boyarintsev@mail.ru](mailto:Andrey_Boyarintsev@mail.ru)

**Andrey V. Boyarintsev** – Postgraduate Student, e-mail: [Andrey\\_Boyarintsev@mail.ru](mailto:Andrey_Boyarintsev@mail.ru).

## REPRESENTATIONAL ANALYSIS OF THE EXPERIENCE OF BUILDING FOUNDATIONS ON FROZEN SOILS

A.V. Boyarintsev

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Russian Federation

---

### ARTICLE INFO

Received: 20 October 2018  
Accepted: 25 December 2018  
Published: 29 March 2019

#### Keywords:

representational analysis, frozen soils, frostlifting, pile foundation, thermal stabilization of soils, construction problems, construction experience, Russian Far North, Russian Far East.

### ABSTRACT

This paper introduces results of survey of practice specialists in foundation engineering on frozen soils. The purposes of this research are getting data about frequency of use certain design decisions and determination of the most common causes of accidents of building foundations. The survey was designed in such a way that the analysis of the answers given to the questions presented in it contributed to the understanding of the current picture of the Russian practice of foundation engineering in areas characterized by spread of frozen soils. Presented questions were divided into thematic blocks. Distribution of construction projects by region and types of construction were fixed in first block. The ratio of objects by different parameters such as distribution of objects constructed according to the principle I and principle II of using frozen soils, type and material of foundation, type of piles for pile foundation and different ways of thermal stabilization of soils were evaluated in the second block. The ratio of general causes of occurrence the accident situations during exploitation of building foundations on frozen soils were needed to be evaluated in the third block. Used ways of struggle with the previously mentioned reasons were needed to be listed in the fourth block. The survey was conducted at the international scientific-practical conference "Modern technologies for the design and construction of foundations on frozen soils." The sample of respondents was formed randomly, regardless of age and gender. The criterion for the selection of respondents was the need to have experience in the design, construction and exploitation of foundations in areas with the spread of frozen soils. Thus, the survey conducted is fully consistent with the conditions of representativeness, and the data obtained can be easily approximated to the entire population.

© PNRPU

---

## Введение

В Москве 14 и 15 ноября 2018 г. Международной ассоциацией фундаментостроителей проведена третья международная научно-практическая конференция «Современные технологии проектирования и строительства фундаментов на многолетнемерзлых грунтах». В работе конференции приняло участие более 130 специалистов: ученые, практикующие инженеры-проектировщики, производители работ, эксплуатационники, изыскатели, представители заказчиков, разработчики программного обеспечения, производители оборудования для мониторинга, технологи строительных материалов.

В рамках проведенной конференции автором был проведен опрос [1, 2] ученых, инженеров-проектировщиков, производителей работ, представителей эксплуатационных организаций на предмет анализа их практического опыта проектирования, строительства и эксплуатации фундаментов в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Выборка респондентов формировалась случайно, вне зависимости от возраста и пола. Единственным критерием отбора респондентов была необходимость наличия опыта проектирования, строительства и эксплуатации фундаментов на территориях с распространением ММГ. Таким образом, проведенный опрос полностью соответствует условиям репрезентативности, а полученные данные могут быть аппроксимированы на всю генеральную совокупность.

## 1. Методика репрезентативного опроса

Респондентам задавалось 12 вопросов, разделенных на 4 блока.

В первом было приведено два вопроса: 1) указать регионы, а также 2) перечислить типы объектов строительства (гражданские, промышленные и т.д.), с которыми приходилось работать (рис. 1). Участникам опроса предлагалось привести ответы в виде списка, где номеру «1» соответствует наиболее распространенный регион или тип объекта строительства.

Ответьте на вопрос в порядке убывания («1» соответствует наиболее популярный для Вас ответ)	
Регионы с ВМГ, в которых Вам чаще приходилось работать	1) Магаданская обл. 2) Север Забайкалья 3) Якутск

Рис. 1. Пример ответа на первый вопрос первого блока

Fig. 1. An example of the answer to the first question of the first block

На основе учебной и справочной литературы [3–9] были сформированы вопросы второго блока, в котором респондентам требовалось в процентах оценить соотношение между вариантами ответов на вопрос (рис. 2). В данном блоке было представлено пять вопросов: 1) соотношение объектов, построенных по принципу I и принципу II, 2) соотношение способов сохранения основания в мерзлом состоянии (использование насыпей, проветриваемого подполья, сезонно-охлаждающие устройства (СОУ), вентканалы с принудительной продувкой), 3) соотношение типов фундамента (фундамент мелкого заложения, свайный фундамент), 4) соотношение видов свай по способу погружения (забивные, бурозабивные, буроопускные, опускные, винтовые), 5) соотношение применяемых материалов при изготовлении фундамента (дерево, сталь, бетон).

Исходя из Вашего опыта оцените в процентах соотношение вариантов ответа на вопросы:	
Соотношение объектов, построенных по принципу I и принципу II	Принцип I – 80 %;
	Принцип II – 20 %

Рис. 2. Пример ответа на первый вопрос второго блока

Fig. 2. An example of the answer to the first question of the second block

В третьем блоке предлагалось ответить на два вопроса: 1) основные проблемы при эксплуатации фундаментов гражданских и промышленных зданий; 2) основные проблемы при эксплуатации фундаментов объектов инфраструктуры (рис. 3).

В качестве вариантов ответа были представлены: деградация ММГ, пучение, коррозия материала фундамента; также была дана возможность указать другую, не приведенную, причину. Респондентам необходимо было присвоить вариантам ответа цифры от 1 до 3, где «1» соответствует наиболее распространенной проблеме.

В четвертом блоке опрашиваемым специалистам требовалось привести развернутые ответы на три вопроса (рис. 4): 1) перечислить основные причины деградации ММГ и способы борьбы с ними, 2) перечислить способы борьбы с воздействием морозного пучения грунта, 3) перечислить способы борьбы с коррозией материала фундамента.

Исходя из Вашего опыта расставьте варианты ответов по популярности (где 1 – наиболее распространённое)	
Основные проблемы при эксплуатации фундаментов Гражданских зданий (жилищное строительство, административные здания и тд) в условиях ВМГ	1 Дegrадация ВМГ
	2 Пучение
	3 Коррозия материала фундаменты
	Другое:

Рис. 3. Пример ответа на первый вопрос третьего блока

Fig. 3. An example of the answer to the first question of the third block

Ответьте на вопросы, исходя из опыта Вашей практики	
Перечислите основные, на Ваш взгляд, причины деградации ВМГ основания и способы борьбы с ней	Причины: <i>Нарушение требований проекта</i>
	Способы борьбы: <i>Улучшение качества стрoит. и проектнo-тpебoваний</i>

Рис. 4. Пример ответа на первый вопрос четвертого блока

Fig. 4. An example of the answer to the first question of the fourth block

Главным условием при ответе на все вопросы была ориентация на личный практический опыт.

## 2. Обработка результатов репрезентативного опроса

Обработка полученных данных осуществлялась согласно известным методам обработки информации [10].

Ответы на вопросы первого блока обрабатывались по схеме: ответу на первый вопрос под номером «1» присваивалось 3 балла (возможное число ответов не более трех), под номером «2» – 2 балла, под номером «3» – 1 балл; ответу на второй вопрос под номером «1» присваивалось 5 баллов (возможное число ответов не более пяти) и так далее по аналогии с первым вопросом. Баллы повторяющихся ответов суммировались. Затем вычислялось процентное соотношение ответов внутри каждого вопроса.

Ответам на вопросы второго блока начислялись баллы исходя из равенства:  $10\% = 1$  балл. Затем общее число набранных баллов каждого ответа на вопрос суммировалось и вычислялось процентное соотношение ответов внутри каждого вопроса.

Баллы ответам на вопросы третьего блока начислялись по аналогии со схемой начисления, описанной в первом блоке: проблеме, которой респондентом была присвоена «1», присуждалось 3 балла, «2» – 2 балла, «3» – 1 балл. В процессе респондентами ответы давались не только по указанной схеме. Некоторые из опрошенных дали ответы не по установленной форме (рис. 5).

В данном случае общее число баллов – 6, начислялись пропорционально. В случае, представленном на рис. 5, а, – проблеме «деградация ВМГ» присвоено все 6 баллов. В случае, представленном на рис. 5, б, варианту «деградация ВМГ» начислялось 85 % от 6 баллов: 5,1 балл; «пучению» – 0,3 баллов, а «коррозии» – 0,6.

<input checked="" type="checkbox"/> Дegrаdация ВМГ	<u>85</u> Дegrаdация ВМГ
<input type="checkbox"/> Пучение	<u>5</u> Пучение
<input type="checkbox"/> Коррозия материала фундаменты	<u>10</u> Коррозия материала фундаменты
Другое:	Другое:

а б

Рис. 5. Пример ответов в неустановленной форме на вопросы третьего блока  
Fig. 5. An example of incorrect answers to the questions of the third block

В четвертом блоке вопросов каждой причине, указанной респондентом, присваивался 1 балл. Затем баллы одинаковых вариантов ответа суммировались. В конце вычислялось процентное соотношение приведенных ответов внутри каждого вопроса, строились диаграммы.

### 3. Анализ результатов опроса

В опросе приняли участие 16 человек, среди которых: один доктор технических наук, три кандидата технических и геолого-минералогических наук, а также 12 практикующих инженеров. Среди опрошенных: 6 человек постоянно работают в Москве, четверо в Санкт-Петербурге, двое в Новом Уренгое и по одному: в Магадане, Якутске, Самаре, Омске.

Опрошенные специалисты принимали участие в строительстве объектов, расположенных во многих регионах РФ. Так, чаще всего респондентам приходилось работать в ЯНАО – 21,3 %, вторым по числу объектов оказалась Якутия – 17,3 %, третьим – Красноярский край – 12 %, за ними следуют: Север Западной Сибири и Магаданская область – по 8 %, Республика Коми и Чукотский АО – по 5,3 %, город Магадан, Хабаровский край, Тюменская область, Ненецкий АО – по 4 %, Иркутская область и Забайкальский край – по 2,7 %, Амурская область – 1,3 %.

Интересным также был контроль географии объектов в более крупном делении. Так, 45,3 % объектов были расположены на Дальнем Востоке, 36 % – на Крайнем Севере и только 18,7 % – в Сибири. Точное распределение баллов при таком делении было достаточно трудной задачей, поскольку некоторые субъекты федерации могут находиться одновременно в двух крупных регионах. Например, города Игарка и Красноярск находятся в Красноярском крае, при этом Игарка относится к Крайнему Северу, а Красноярск – к Сибири. В данном случае если респондентом указывался конкретный город региона, то баллы ответа относились к конкретному региону. Например, баллы за Игарку относились к «Крайнему Северу», а баллы за Красноярск – к «Сибири». Если же респондентом указывалась область без конкретизации города, например Красноярский край, то данные баллы относились к «Сибири». Подобная ситуация обстоит с городами Тикси и Якутск в Якутии (рис. 6).

По типам строительства распределение ответов выглядит следующим образом (рис. 7): 38,51 % – промышленное строительство (нефтеперерабатывающие заводы, вахтовые поселки при месторождениях, обустройство месторождений), 31,76 % – гражданское строительство (жилые, общественные и административные здания), 26,35 % – объекты инфраструктуры (опоры ЛЭП, дорожные насыпи, мосты и путепроводы), 3,38 % – гидротехническое строительство (причалы).

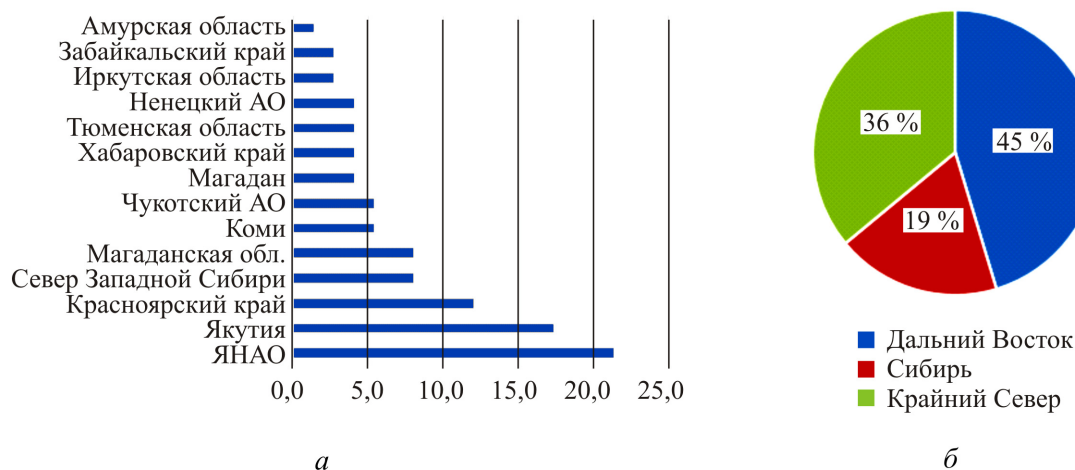


Рис. 6. Распределение объектов: *a* – по субъектам федерации, %;  
*б* – по географическому расположению, %  
 Fig. 6. Distribution of objects by location:

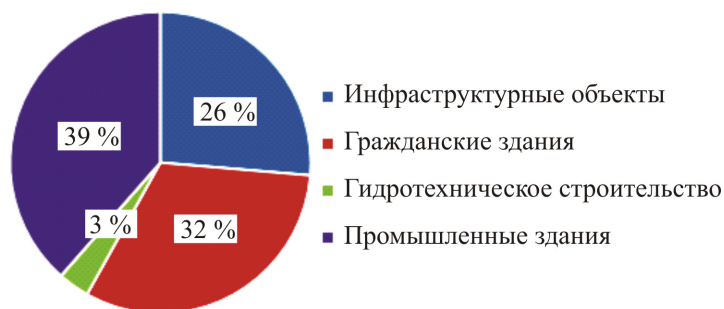


Рис. 7. Распределение объектов по типу строительства  
 Fig. 7. Distribution by object type

Согласно результатам опроса каждое третье здание и сооружение (76,33 %) в условиях ММГ построено по принципу I, с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии, и 23,67 % – по принципу II.

При применении термостабилизации грунтов чаще всего опрошенные специалисты прибегали к проветриваемому подполью – 37,85 %; чуть реже к системам СОУ – 30,23 %; совместное же использование СОУ и проветриваемого подполья осуществлялось в 10,17 % случаев, что реже, чем применение насыпей или утеплителей – 20,06 %, наименьшее распространение нашли вентканалы – всего 1,69 %.

По мнению респондентов, основной тип фундамента на ММГ – свайный. Данный тип встречался в практике опрошенных в 82,33 % случаев, против 17,67 % фундамента мелко-го заложения.

Каждая вторая свая, выполненная в указанных регионах, – буроопускная (51,31 %). Несколько реже встречаются бурозабивные сваи (40,24 %). На эти два типа свай приходится 91,55 % всех свайных фундаментов, выполненных на территориях с распространением ММГ. Остальные типы встречаются крайне редко: забивные – 4,88 %, винтовые – 2,5 %, опускные – 1,07 %.

Чаще всего фундаменты выполнялись из стали – 56,33 %, реже из бетона – 42,67 %, и только в 1 % случаев нашло применение дерево. Интересен и тот факт, что бетону отдавали предпочтение специалисты, которые имеют опыт работы с объектами жилищного

строительства в крупных городах, таких как Якутск, Новый Уренгой, Магадан. Сталь же преимущественно указывали специалисты, работавшие с объектами промышленности и инфраструктуры. Такая разница может быть объяснена значительным влиянием логистических издержек на конечную стоимость строительства. Это находит отражение в стратегии развития промышленности строительных материалов РФ, а также в [11], согласно которым доля транспортной составляющей для потребителя в конечной стоимости строительной продукции по отдельным видам строительных материалов может составлять до 90 %. Так, сталь, обладающая значительно более высокой удельной прочностью (отношением прочности к удельному весу), чем бетон, становится предпочтительной на объектах строительства, удаленных от крупных логистических центров.

Диаграммы, построенные по результатам обработки ответов на вопросы второго блока, приведены на рис. 8.

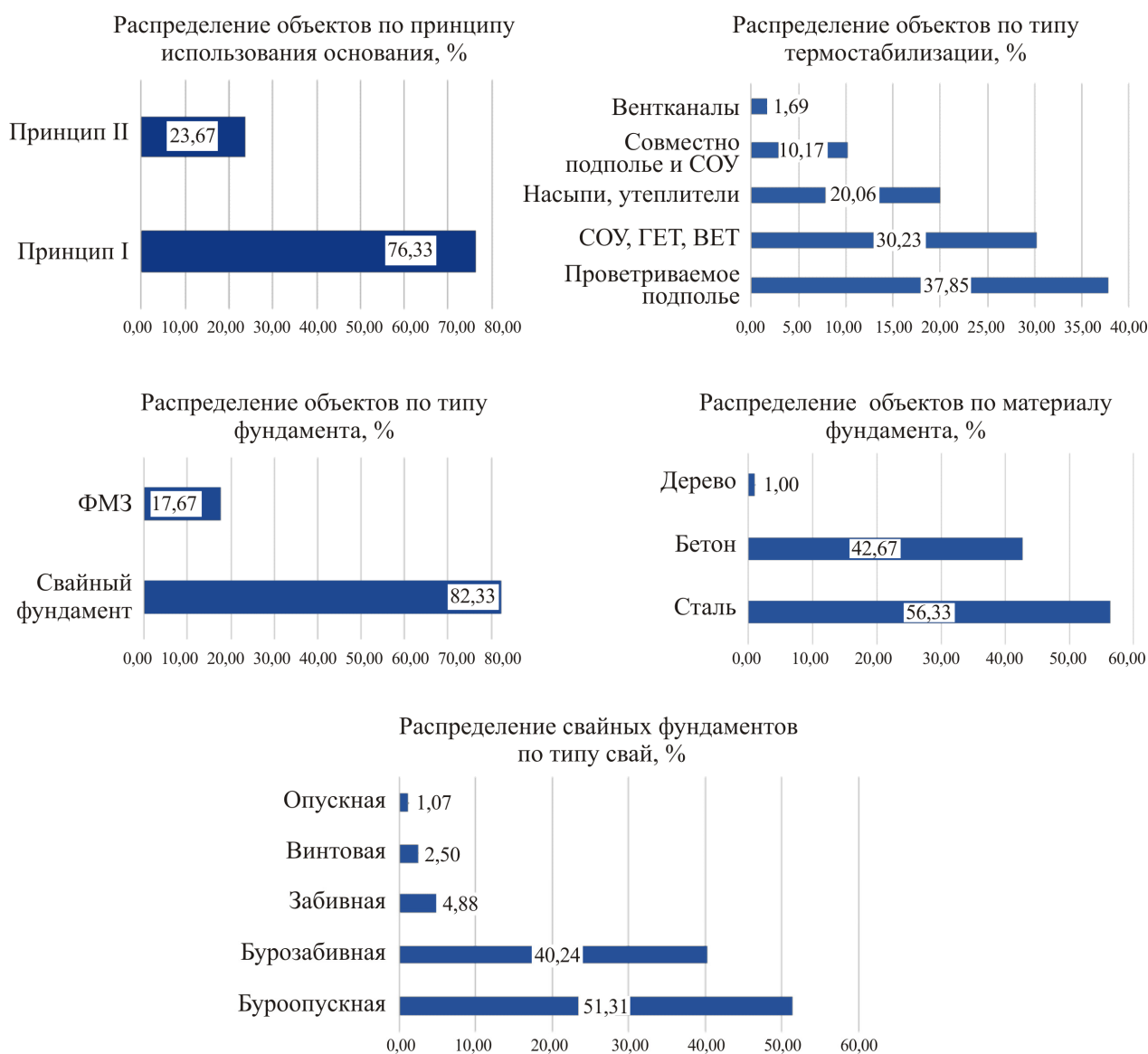


Рис. 8. Результаты ответов на вопросы второго блока  
 Fig. 8. Results of answers to the questions of the second block

Наиболее распространенной причиной аварий при эксплуатации фундаментов в условиях распространения ММГ, по результатам данного исследования, оказалась деградация мерзлоты в результате глобального потепления. На нее указали 73 % респондентов.

На втором месте оказались вопросы, связанные с морозным пучением, и на третьем – проблемы, вызванные коррозией материалов фундамента. Интересным является различие в распределении значимости каждой проблемы в двух различных случаях: для гражданских объектов и объектов инфраструктуры.

Результаты данного анализа представлены на рис. 9. Так, при переходе от гражданских зданий к объектам инфраструктуры больше внимания требуется уделять вопросам защиты от пучения и коррозии материалов.

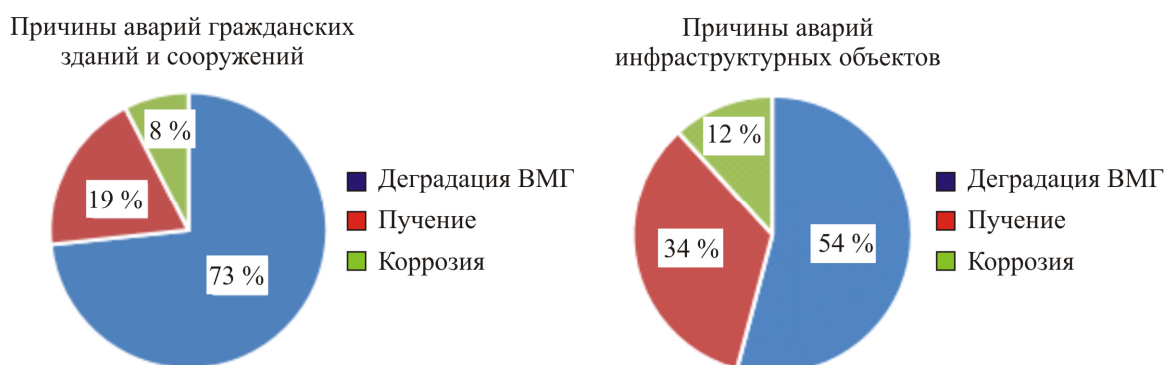


Рис. 9. Результаты ответов на вопросы третьего блока  
Fig. 9. Results of answers to the questions of the third block

В качестве главной причины деградации ММГ основания опрошенные специалисты указывают ошибки при проектировании. Данную причину отметили 5 человек, что составило 23,81 % среди всех прочих названных. По два раза (по 9,52 %) упомянуты следующие проблемы: нарушение технологии строительства, утечки из сетей, плохая эксплуатация объекта, нарушение естественного покрова земли и влияние строительства. И по одному разу (по 4,76 %) отмечены причины: недостаточная изученность природы ММГ, снегозаносимость, деградация систем термостабилизации, гидрология и солифлюкция, потепление, а также плохое качество инженерно-геологических изысканий. Мнение, выраженное респондентами, подтверждается в [12].

Основным способом борьбы с деградацией, как ожидалось, оказалось повышение качества проектных работ. Данный способ отметили 3 специалиста, и он составил 23,08 % среди всех прочих. Вторым по популярности способом оказалось применение термостабилизации – 15,38 %. По одному разу (7,69 %) были упомянуты: ведение геотехнического мониторинга, повышение квалификации специалистов, работающих на ММГ, дренирование грунтов, проведение работ над ошибками, сохранение естественных условий, улучшение качества изысканий и производства работ. Интересным является тот факт, что в качестве способа борьбы с деградацией ММГ одним из специалистов отмечен отказ от термостабилизации, что идет в разрез с мнением двух других респондентов, отнесших применение термостабилизации к способу защиты грунтов от деградации.

Наиболее распространенным средством снижения воздействия сил морозного пучения респонденты назвали применение противопучинных обмазок – 43,75 %. Менее распространенными являются: замена пучинистого грунта непучинистым и увеличение длины заделки фундамента в непучинистый грунт – по 18,75 %. Также были отмечены и такие способы, как:



повышение сил смерзания, выполнение работ в соответствии с нормами, а также применение теплоизоляции для уменьшения сезонно-талого или сезонно-мерзлого слоя грунта – по 6,25 %

При перечислении способов борьбы с коррозией материала наиболее распространенным решением является применение антикоррозионных покрытий – 72,73 %, что находит отражение в [13]. Помимо данного ответа были перечислены: исключение контакта фундамента с агрессивной средой, повышение класса бетона по водонепроницаемости ( $W$ ) и морозостойкости ( $F$ ) и использование гидроизоляции – по 9,09 %.

Результаты ответов на вопросы четвертого блока представлены на рис. 10.

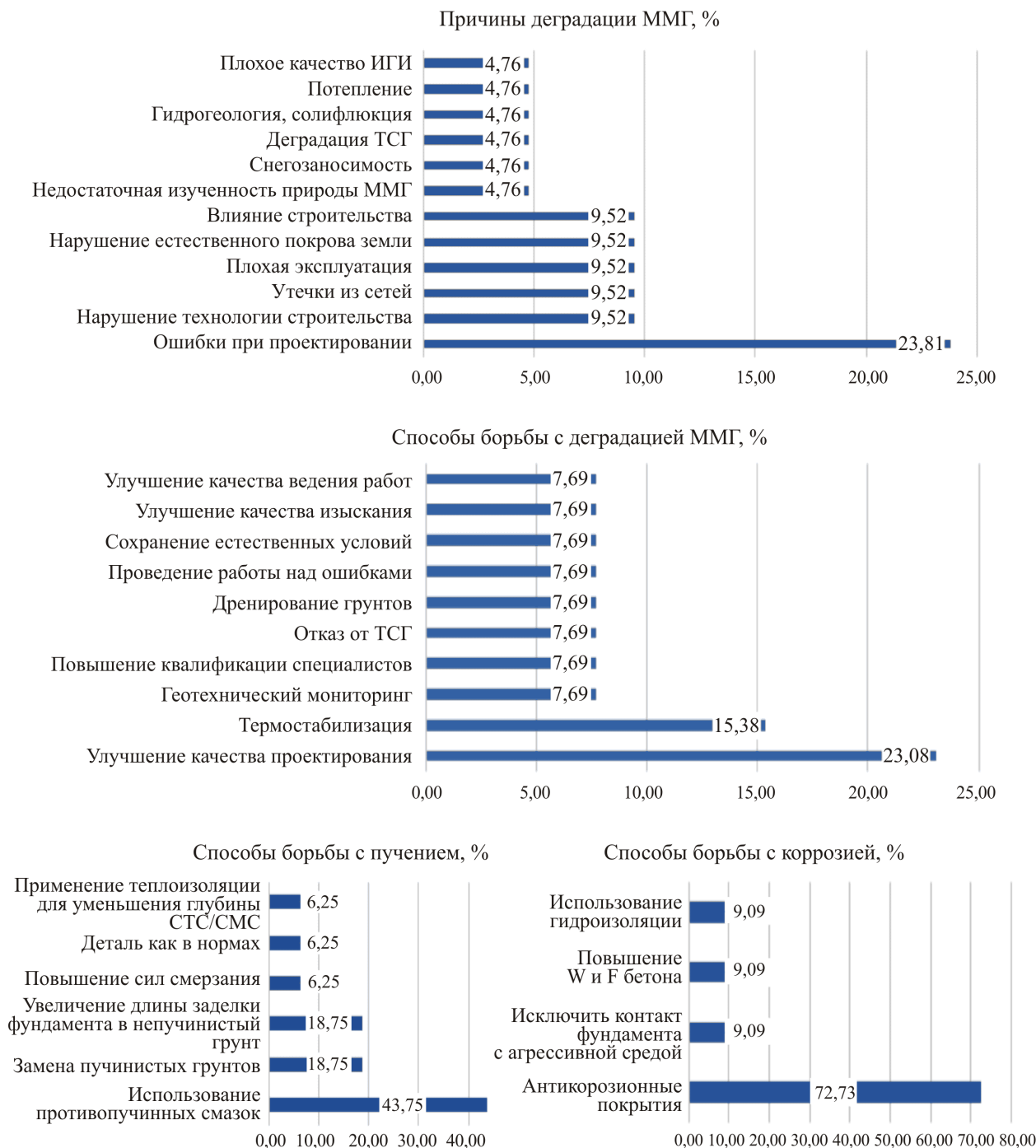


Рис. 10. Результаты ответов на вопросы четвертого блока  
 Fig. 10. Results of answers to the questions of the fourth block

## Заключение

Из представленных результатов репрезентативного опроса следует, что наиболее распространенным решением при строительстве на территориях с ММГ являются свайные фундаменты, выполненные из буроопускных или бурозабивных железобетонных свай в крупных городах и стальных свай в местах, удаленных от крупных населенных пунктов, с сохранением ММГ основания в мерзлом состоянии при помощи проветриваемого подполья или же систем термостабилизации. Полученные данные подтверждаются практическими статьями [14, 15].



Рис. 11. Устройство свайного основания из бурозабивных свай под здание общежития вахтового жилого городка с применением проветриваемого подполья и СОУ

Fig. 11. The dormitory building is equipped with a pile foundation and a vented crawl space with SOU

Проведенный в результате репрезентативного опроса анализ позволяет оценить нынешнее положение в области строительства объектов на многолетнемерзлых грунтах в различных регионах и дать основу дальнейшим исследованиям в данной области.

*Автор выражает благодарность всем специалистам, принявшим участие в данном опросе и выражает желание продолжить такую работу<sup>1</sup>.*

## Библиографический список

1. Тулебаева А.А. Репрезентативность выборки в исследовании социальных объектов: автореф. дис. ... канд. социол. наук. – Екатеринбург, 2010. – 23 с.
2. Юдин Г. Репрезентативность в опросах [Электронный ресурс]. – URL: <https://post-nauka.ru/faq/58454> (дата обращения: 13.12.2018).
3. Механика мерзлых грунтов и принципы строительства нефтегазовых объектов в условиях Севера: учебник / Н.Н. Карнаухова, С.Я. Кушнир, А.С. Горелов, Г.М. Долгих; под ред. Н.Н. Карнаухова. – М.: ЦентрНефтеГаз, 2008. – 432 с.

---

<sup>1</sup> Приглашаем Вас высказать Ваши соображения по данной теме и принять участие в опросе. Адрес автора: Andrey\_Boyarintsev@mail.ru, +7-911-103-7025

4. Основания и фундаменты: учебник для бакалавров строительства / Р.А. Мангушев (ответственный за издание), В.Д. Карлов, И.И. Сахаров, А.И. Осокин. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2011. – 392 с.
5. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения: издание второе, дополненное и переработанное / под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 1040 с.
6. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах / под ред. Ю.Я. Велли, В.И. Докучаева, Н.Ф. Федорова. – Л.: Стройиздат, 1977. – 552 с.
7. Тетиор А.Н. Основания и фундаменты: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. – 2-е изд., перераб. – М.: Академия, 2012. – 448 с.
8. Перспективы развития поселений Севера в современных условиях / В.А. Ильичев [и др.]; Рос. акад. архитектуры и строит. наук. – М.: Тип. ЦИСН Минпромнауки России и РАН, 2003. – 151 с.
9. Карлов В.Д. Основания и фундаменты на сезоннопромерзающих пучинистых грунтах. – СПб.: Санкт-Петерб. гос. арх.-строит. ун-т, 2007. – 362 с.
10. Добренёв В.И., Кравченко А.И. Методы социологического исследования: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 768 с.
11. Фадеев Г.В. Особенности определения сметной стоимости строительства в регионах Сибири и Крайнего Севера // Строительные материалы. – 2006. – № 2. – С. 5–10.
12. Драчков Д.С. Особенности строительства зданий и сооружений на многолетне-мёрзлых грунтах // Сб. ст. V междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2017. – С. 133–135.
13. Егоров В.В., Елисеева Ю.Г., Иванов В.С. Подбор и исследование систем лакокрасочных материалов, обеспечивающих эффективную противокоррозионную защиту стальных свайных фундаментов с учетом требований по шероховатости материалов: науч.-техн. отчет по договору № 03/1/10 от 22.03.2010. – М.: ООО «Технохим», 2010.
14. Основные технические решения по конструкциям опор трубопроводов для участков надземной прокладки трубопроводной системы «Заполярье – НПС «Пурпе» / Ю.В. Лисин, А.Е. Сощенко, В.В. Бондаренко, В.И. Суриков, Ю.Б. Михеев // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2013. – № 6. – С. 4–7.
15. Шестернев Д.М., Литовко А.В., Чжан А.А. Опыт проектирования и строительства на участке «Ледовый комплекс» Амуро-Якутской железнодорожной магистрали // Наука и образование. – 2017. – № 2. – С. 28–33.

## References

1. Tulebaeva A.A. Representativnost' vyborki v issledovanii sotsial'nykh ob'ektov [Representativeness of the sample in the study of social objects]. Ph. D. thesis. Ekaterinburg, 2010, 23 p.
2. Iudin G. Representativnost' v oprosakh [Representativeness in surveys], available at: <https://postnauka.ru/faq/58454> (accessed 13 December 2018).
3. Karnaukhov N.N., Kushnir S.YA., Gorelov A.S., Dolgikh G.M. Mekhanika merzlykh gruntov i printsipy stroitel'stva neftegazovykh ob'ektov v usloviyakh Severa [Mechanics of frozen soils and principles of construction of oil and gas facilities in the North]. Eds. N.N. Karnaukhov. Moscow, TSentrNefteGaz, 2008, 432 p.
4. Mangushev R.A., Karlov V.D., Sakharov I.I., Osokin A.I. Osnovaniia i fundamenty. Moscow, ASV; Saint Petersburg, SPbGASU, 2011, 392 p.

5. Spravochnik geotekhnika. Osnovaniia, fundamenty i podzemnye sooruzheniia [Handbook of geotechnical engineering. Foundations and underground structures]. 2nd ed. Eds. V.A. Il'ichev, R.A. Mangushev. Moscow, ASV, 2016, 1040 p.
6. Spravochnik po stroitel'stvu na vechnomerzlykh gruntakh [Guide to construction on permafrost soils]. Eds. Iu.Ia. Velli, V.I. Dokuchaev, N.F. Fedorov. Leningrad, Stroiizdat, 1977, 552 p.
7. Tetior A.N. Osnovaniia i fundamenty [Bases and foundations]. 2nd ed. Moscow, Akademiia, 2012, 448 p.
8. Il'ichev V.A. et al. Perspektivy razvitiia poselenii Severa v sovremennykh usloviakh [Prospects of development of settlements of the North in modern conditions]. Moscow, 2003, 151 p.
9. Karlov V.D. Osnovaniia i fundamenty na sezonopromerzaiushchikh puchinistykh gruntakh [Bases and foundations on seasonally freezing heaving soils]. Saint Petersburg, Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi arkhitekturno-stroitel'nyi universitet, 2007, 362 p.
10. Dobren'kov V.I., Kravchenko A.I. Metody sotsiologicheskogo issledovaniia [Methods of sociological research]. Moscow, INFRA-M, 2004, 768 p.
11. Fadeev G.V. Osobennosti opredeleniâ smetnoy stoimosti stroitel'stva v regionah Sibiri i Krajnogo Severa [Features of determining the estimated cost of construction in the regions of Siberia and the Far North]. *Stroitel'nye materialy*, 2006, no. 2, pp. 5–10.
12. Drachkov D.S. Osobennosti stroitel'stva zdaniï i sooruzhenii na mnogoletnemerzlykh gruntakh [Features of construction of buildings and structures on permafrost soils]. *Sbornik statei V mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, Penza, 2017, pp. 133–135.
13. Egorov V.V., Eliseeva Iu.G., Ivanov V.S. Podbor i issledovanie sistem lakokrasochnykh materialov, obespechivaiushchikh effektivnuiu protivokorroziionnuiu zashchitu stal'nykh svainykh fundamentov s uchetom trebovaniï po sherokhovatosti materialov [Selection and research of systems of paints and varnishes providing effective anticorrosive protection of steel pile foundations taking into account requirements on roughness of materials]. *Nauchno-tekhnicheskii otchet po dogovoru № 03/1/10 ot 22.03.2010*. Moscow, OOO «Tekhnokhim», 2010.
14. Lisin Iu.V., Soshchenko A.E., Bondarenko V.V., Surikov V.I., Mikheev Iu.B. Osnovnye tekhnicheskie resheniia po kontruktsiiam opor truboprovodov dlia uchastkov nadzemnoi prokladki trubopovodnoi sistemy «Zapoliar'e – NPS «Purpe» [The main technical solutions for structures pipeline supports for the areas of above-ground routing of the pipeline system "Zapolyarye – NPS "Purpe""]. *Truboprovodnyi transport: teoriia i praktika*, 2013, no. 6, pp. 4–7.
15. Shesternev D.M., Litovko A.V., Chzhan A.A. Opyt proektirovaniia i stroitel'stva na uchastke «Ledovyi kompleks» Amuro-iakutskoi zheleznodorozhnoi magistrali [Experience in design and construction of the "Ice complex" section of the Amur-Yakutsk railway]. *Nauka i obrazovanie*, 2017, no. 2, pp. 28–33.