DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-4-60-72

УДК 624.139.22

Д.А. Гулин, Э.В. Файзуллина, Э.И. Шарипова, А.С. Глазков, М.Э. Дусалимов

(Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,
Российская Федерация)

ПРОБЛЕМА ПУЧЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И МЕТОДЫ ЕЕ УСТРАНЕНИЯ

Denis A. Gulin, Elvira V. Fayzullina, Elvina I. Sharipova, Anton S. Glazkov,
Marsel E. Dusalimov (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa,
Russian Federation)

THE PROBLEM OF SOIL HEAVING IN PIPELINE CONSTRUCTION AND METHODS FOR ITS ELIMINATION

Введение

Статья посвящена актуальной проблеме строительства и эксплуатации трубопроводов в сложных геологических условиях. В работе анализируется взаимодействие многолетнемерзлых грунтов с подземными конструкциями, исследуется пучение грунтов - способность водонасыщенных грунтов увеличивать свой объем при замерзании.

Цели и задачи

Целью работы является анализ существующих методов и средств защиты линейной части магистральных трубопроводов на участках распространения пучинистых грунтов.

Задачи:

- исследование особенностей строительства и эксплуатации трубопроводов на участках распространения пучинистых грунтов;
- анализ существующих методов предотвращения пучения, их преимуществ и недостатков;
- определение наиболее эффективных способов защиты магистральных трубопроводов от грунтовых деформаций.

Background

The article is devoted to the actual problem of construction and operation of pipelines in difficult geological conditions. The work analyzes the interaction of permafrost soils with underground structures, studies the heaving of soils - the ability of water-saturated soils to increase their volume when frozen.

Aims and Objectives

The aim of the work is to analyze the existing methods and means of protecting the linear part of the main pipelines in the areas where heaving soils are spread.

Objectives:

- study of the peculiarities of construction and operation of pipelines in areas where heaving soils are spread;
- analysis of existing methods of preventing heaving, their advantages and disadvantages;
- determination of the most effective ways to protect main pipelines from soil deformations.

Результаты

Выявлено, что проблемы, связанные с явлением изменения объема грунтов при перепадах температур, остаются актуальными до настоящего времени. Несмотря на широкий перечень средств защиты трубопроводов от грунтовых деформаций каждый из представленных имеет ряд существенных недостатков, что ограничивает область их применения. Поскольку зависимость сил пучения от времени и температуры окружающей среды и влияние этих сил на подземные трубопроводы к настоящему времени изучены довольно слабо, обоснована необходимость дальнейшего изучения изменения характеристик грунтов при перепаде температур, а также проведения компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния сооружений, контактирующих с многолетнемерзлыми грунтами.

Results

It was revealed that the problems associated with the phenomenon of changes in the volume of soils at temperature extremes remain relevant to this day. Despite the wide range of means of protecting pipelines from soil deformations, each of the presented ones has a number of significant disadvantages, which limits their scope. Since the dependence of the radiating forces on the time and temperature of the environment and the influence of these forces on underground pipelines have been studied rather poorly by now, the need for further study of changes in the characteristics of soils with a temperature difference has been determined, as well as computer modeling of the stress-strain state of structures in contact with permafrost soils.

Ключевые слова: магистральный трубопровод; многолетнемерзлые грунты; пучение; потеря устойчивости

Key words: trunk pipeline; permafrost soils; heaving; loss of stability

На основании [1] многолетнемерзлым грунтом (ММГ) называется такой грунт, который находится в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет. Кроме того, в некоторых источниках приводят классификацию таких грунтов в зависимости от времени их нахождения в мерзлом состоянии, например, сезонномерзлые - от 1 до 2 сезонов; кратковременномерзлые - несколько суток [2]. Основу мерзлых грунтов составляют твердые минеральные частицы, лёд и незамерзшая вода.

Строительство в таких грунтах требует значительных изменений в технологии производства работ, применения специальных строительных машин и механизмов. Однако несмотря на сложности производства строительномонтажных работ протяженность трубопроводов, проложенных на участках ММГ, превосходит тысячу километров, например:

1. магистральный нефтепровод «Восточная Сибирь - Тихий океан» (протяженность 4740 км), более 750 км трассы которого проходит на участках многолетнемерзлых грунтов;
2. магистральный нефтепровод «Куюмба - Тайшет» (протяженность 679 км), порядка 270 км трассы построено на участках многолетнемерзлых грунтов [3];
3. магистральный нефтепровод «Пурпе - Самотлор» (протяженность 429 км), более 160 км участка трубопровода проложено в надземном исполнении, причиной тому служат сложные геологические условия, в том числе многолетнемерзлые грунты;
4. магистральный нефтепровод «Заполярье - Пурпе» (протяженность 488 км), 170 км трубопровода проложены за Полярным кругом, а 315 км проложены над землей

на опорах специально разработанных конструкций;

5. магистральный газопровод «Сила Сибири» (протяженность 2159 км), более 840 км участка трубопровода построено по территории многолетнемерзлых грунтов с глубиной промерзания 1,0-2,0 м и более и глубиной оттаивания менее 0,5 м;
6. «Трансаляскинский нефтепровод» (протяженность 1288 км), 680-километровый отрезок до долины Юкона большей частью проложен над землей, на специальных шестиметровых опорах, в связи с тем, что нефть, поступающая из скважин на поверхность, имеет температуру 80 °С, что не позволило прокладывать трубы в грунтах вечной мерзлоты.

Сложность прокладки объясняется тем, что свойства мерзлых грунтов существенно меняются под воздействием тепла окружающей среды [2]. Любое изменение может привести к аварийной ситуации. Яркий пример изменения грунтовых условий с влиянием на подземные сооружения - пучение.

Пучение - способность водонасыщенных грунтов увеличивать свой объем при замерзании [2]. Грунты, которые при переходе из талого в мерзлое состояние увеличиваются в объеме вследствие образования кристаллов льда и имеют относительную деформацию морозного пучения не менее 0,01, называются пучинистыми [1].

В соответствии с ГОСТ25100-2011 по степени пучинистости выделяют:

1. грунты, которые не подвергаются морозному пучению (твердая глинистая почва, средние и крупные пески, грунты с большим содержанием горных пород);
2. грунты, слабо подвергающиеся морозному пучению (мелкопесчаные грунты, глинистая почва средней плотности);
3. грунты со средней склонностью к пучению (глинистая почва, суглинок, супесь с вкраплением горных пород свыше 30 % от массы);
4. грунты с высокой склонностью к пучению (мелкие и пылеватые песчаные грунты с высоким уровнем грунтовых вод).

Вследствие пучения на мерзлых грунтах могут образоваться мерзлотные формы рельефа округлой формы, образующиеся при промерзании сильно увлажненных толщ горных пород и увеличении их объема вследствие локального накопления льда, называемые буграми пучения [4], высота которых может достигать нескольких метров, а диаметров нескольких сотен метров (рисунок 1).

Рисунок 1. Образование бугров пучения на поверхности земли

Укладка трубопроводов в буграх пучения не допускается, так как при изменении объема грунтового массива произойдет перемещение трубопровода, в поперечном сечении которого возникнут изгибные напряжения, вследствие чего может произойти разрыв. Итог этого - техногенные аварии с экологическими проблемами (рисунок 2).

Например, на Трансаляскинском нефтепроводе несмотря на тщательную проработку всех аспектов, связанных с проектированием и сооружением термостабилизирующих опор на участках с надземной прокладкой, вследствие неравномерного вспучивания грунтов или осадки свай происходила потеря устойчивости трубопровода [5].

Анализируя аварийность конденсатопровода «Уренгой - Сургут» можно выделить два явно выраженных пика роста количества отказов в зависимости от месяца года (рисунок 3) [6].

Рисунок 2. Примеры инцидентов на объектах магистральных трубопроводов в результате пучения грунтов

Один из них охватывает период февраль - март - апрель, т.е. период максимальной глубины промерзания грунтов. К этому периоду из 17 отказов на рассматриваемом участке конденсатопровода относятся 7. Второй пик аварийности приходится на период август - сентябрь. Эти отказы обусловлены полным оттаиванием грунтов.

К этому периоду относится 5 аварий.

Однако следует иметь в виду, что процесс морозного промерзания и пучения грунтов происходит более динамично, чем процесс оттаивания и просадок. Поэтому при оттаивании грунтов действие параметрических отказов более вероятно.

Пучение грунтов также является проблемой для дорог, надземных и наземных сооружений. В этом случае тоже существует множество примеров, в частности:

1. разрушение дорожного полотна на территории Пермского края - основное влияние на состояние дорожного полотна оказывают состояние и особенности подстилающего грунта (рисунок 4). Пермский край имеет меридиональный тип строения с точки зрения геологии, преобладают грунты аллювиального происхождения. Основной причиной разрушения дорожного полотна на территории края считаются пучинистые явления [7];
2. разрушение одноэтажного производственного здания из стального каркаса с применением сборного железобетона размером в плане 36 x 54 м. Обрушению подверглась одна подстропильная ферма и семь плит покрытия. Причиной аварии послужило морозное пучение грунта, в результате которого сместились фундаменты и отклонились колонны, что привело к выходу из плоскости подстропильной фермы (рисунок 5) [8].

Для защиты сооружений от пучинистых грунтов применяют различные методы, технологии и конструкции. Анализ преимуществ и недостатков каждого из известных методов защиты представлен в таблице 1.

Рисунок 3. Распределение отказов по месяцам года конденсатопровода «Уренгой-Сургут»

Рисунок 4. Разрушение дорожного полотна вследствие пучения грунтов

Рисунок 5. Трещина в фундаменте вследствие морозного пучения грунта

Таблица 1. Методы защиты зданий и сооружений от пучинистых грунтов

Метод	Суть метода	Достоинства	Недостатки
Засоление грунта	Проводится с помощью технической поваренной соли - хлористого натрия, что позволяет обеспечить незамерзание грунтов при температурах до - 21 °С. Засоление грунтов производится как концентрированным соляным раствором, так и кристаллической солью [9].	Относительно дешевый метод. В зависимости от концентрации соли возможно полное подавление морозного пучения.	Имеет временный характер, при неправильной технологии возможны повышение морозоопасности грунта, загрязнение почвы, ускоряется разрушение металлических опор трубопроводов, усиливается коррозия их поверхности.
Введение в грунт растворов	В способе во избежание пучения до монтажа трубопровода в зону размещения опор вводятся водоотталкивающий противопучинистый раствор, например диэтиленгликоль, во избежание промерзания грунта, а между опорой и трубопроводом размещают компенсирующие элементы, например винтовые домкраты [10].	Применение добавок позволяет компенсировать пучение грунта при его промерзании и просадочность при его оттаивании.	Низкая надежность, связанная с тем, что не исключается возникновение процессов пучения грунтов основания траншеи и грунтоцементных опорных массивов при прохождении по трубопроводу продукта с отрицательной температурой.
Гидрофобизация грунтов	Передача грунту водоотталкивающих свойств, которые получает грунт за счет обработки его вяжущим раствором при определенных гидротермических условиях. В качестве вяжущего применяются: жидкие нефтяные битумы, жидкие каменноугольные дегти, торфяные и древесные дегти, фурфурол-анилиновые смолы [11].	Высокая водоустойчивость.	Добавление поверхностно-активных веществ, кислот и фенолов в грунт пагубно влияет на окружающую среду; большие временные и трудовые затраты.
Использование природного газа	Снаружи трубопровода, по которому ведется перекачка нефти с положительной температурой, монтируется еще один трубопровод небольшого диаметра, по которому перекачивается природный газ с отрицательной температурой [12].	Труба с природным газом блокирует тепловое влияние нефтепровода и предотвращает оттаивание многолетнемерзлого грунта.	Относительно дорогостоящий метод.

Продолжение таблицы 1

Метод	Суть метода	Достоинства	Недостатки
Использование сезонно-охлаждающих устройств (СОУ)	СОУ представляют собой однотрубную конструкцию с цельным металлическим корпусом, заправленную хладагентом и работающую за счет разности температур наружного воздуха и грунта в зимнее время без дополнительных энергетических затрат, предназначенную для охлаждения и замораживания грунтов оснований сооружений естественным холодом, с целью повышения их несущей способности. Промораживающие устройства закрепляют грунт, прилегающий к телу сваи. Радиус промораживания СОУ не превышает 1,5-2,0 м в зимнее время [5].	Это очень дешевое и эффективное средство. И еще один плюс их использования - термостабилизаторы выпускаются на заводах России, что обеспечивает их своевременную доставку к месту работ и ускоряет процесс строительства или эксплуатации.	Тепловое и механическое взаимодействие опорных конструкций с мерзлым грунтом вызывает периодическое протаивание - промерзание объемов грунта в зонах их теплового влияния и провоцирует развитие соответствующих термодинамических процессов, приводящих к осадке грунта с изменением положения оси трубопровода, к пучению грунтов, приводящему к выпучиванию опор трубопровода и его порыву.
Гидромелиоративные мероприятия	Понижение уровня грунтовых вод, предотвращение перенасыщения грунтов поверхностными водами. К таким мероприятиям относятся: устройство дренажей, иглофльтрация, устройство водосборных канав и т.д. [11].	Относительно недорогой метод.	Необходимость отапливать дренажные системы в слое промерзания; вертикальная планировка территории.
Тепловая мелиорация	Создание в грунте температурного градиента горизонтального направления при помощи термокатализаторов - слоя теплоизоляции, что позволяет исключить промерзание грунта, уменьшить силы касательного пучения грунтов вследствие повышения температуры мерзлого грунта, отвести воду от фундамента, тем самым сократить интенсивность пучения грунта. Иногда можно применять калориферные установки, дымовые газы и электрообогрев для предотвращения промерзания грунтов [11].	Возможно регулирование теплообмена в грунтах и управление силовыми воздействиями и процессами пучения.	Площадка должна быть тщательно утрамбована и спланирована перед прокладкой теплоизоляции.

Продолжение таблицы 1

Метод	Суть метода	Достоинства	Недостатки
Охлаждение перекачиваемого продукта	Продукт, перекачиваемый по трубопроводу, охлаждают до температуры этой окружающей среды [12].	Дополнительные капитальные затраты, связанные с охлаждением транспортируемого продукта, существенно меньше капитальных затрат, связанных с увеличением термического сопротивления изоляции трубопровода и эксплуатационных расходов и последствиями возможных аварий.	Применим только к природному газу. Ни одно из испытаний до конца не подтвердило 100 %-ых улучшений противопучинных мероприятий: в течение длительных сроков эксплуатации, особенно на пучинистых грунтах большой протяженности, трубопровод все равно подвергался воздействию морозного пучения, возникающего с различной периодичностью. Кроме того, этот способ является трудоемким, технологически трудно осуществимым и дорогостоящим.
Теплоизоляция трубопроводов	Трубопроводы утепляют скорлупой из пенополистирола экструдированного. Полоса утеплителя закладывается на половине глубины от расположения трубопровода, а ширина листов должна быть расчетной. Но целесообразность таких действий по сравнению с глубоким расположением трубопровода должна определяться расчетом, впрочем надежнее всегда располагать трубопровод ниже глубины промерзания грунтов. Ширину траншеи можно немного уменьшить, если сделать из утеплителя полукороб с боковыми гранями небольшой высоты [12].	Способность не пропускать тепло от стенки трубы к грунту, подверженному оттаиванию.	Этот метод плох тем, что если в трубопровод перестанет поступать теплая вода (энергия), то он все равно замерзнет в замороженном грунте, какой бы толщины скорлупа не была.
Замена грунта	Замена пучинистого грунта на гарантированно непучинистый - песок средний, крупный или гравелистый (или щебень/гравий). При этом в песчаных и щебенистых грунтах не должно быть примесей глинистых частиц более 15 %, и желательно обеспечить защиту от заиливания глинистым грунтом разделив слои геотекстильными материалами [12].	Самый простой и надежный метод исключения пучинистости.	Относительно дорогостоящий метод.

Метод	Суть метода	Достоинства	Недостатки
Применение противопучинистых свай	Это анкерные металлические сваи, устанавливаемые под опорами трубопроводов в местах вечномерзлых морозоопасных грунтов. В средней части сваи на уровне деятельного грунта находится специальное полиэтиленовое покрытие, препятствующее ее выталкиванию при пучении. В нижней части сваи находится анкерное устройство, которое прочно удерживает сваю в слое вечной мерзлоты [9].	Позволяет повысить эффективность работы сооружений в пучинистых грунтах.	Металлоемкий метод.

Вышеизложенные методы можно разбить на две группы:

1. искусственное снижение агрессивности грунта;
2. применение дополнительных конструкций, которые способны оставить характеристики грунтов без изменений.

Силовое воздействие пучения на магистральный трубопровод представлено следующей расчетной схемой (рисунок 6) [13].

Исходя из анализа достоинств и недостатков методов, а также средств защиты

конструкций от пучения, можно выделить наиболее эффективные для подземных трубопроводов:

- воздействие на грунт и его характеристики для предотвращения проявления его пучинистых свойств или их полного исключения: замена грунта на непучинистый, снижение влажности грунта, введение противопучинных добавок, недопущение замерзания грунта;
- использование СОУ и противопучинистых свай (рисунки 7, 8).

Рисунок 6. Расчетная схема определения сил морозного пучения на подземные трубопроводы

Рисунок 7. Применение противопучинистых свай с термостабилизаторами

Рисунок 8. Нефтепровод «Заполярье - Пурпе», оборудованный СОУ

В любом случае, гарантированно исключить пучинистые свойства грунтов представляется невозможным, поэтому необходим комплекс мер на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Выводы

1. Установлено, что существующие методы и средства защиты линейной части магистральных трубопроводов от деформаций грунтов вследствие его пучения обладают большим количеством недостатков, что существенно ограничивает области применения каждого из них.

2. Представлена классификация существующих методов и средств защиты сооружений от воздействия пучинистых грунтов.

Предлагается выделить методы искусственного снижения агрессивности грунта и методы, предусматривающие применение

дополнительных защитных конструкций, которые способны оставить характеристики грунтов без изменений в процессе эксплуатации сооружений.

3. Обоснована необходимость дальнейшего изучения изменения характеристик грунтов при перепаде температур в связи со слабой изученностью вопроса зависимости характеристик грунта от изменения температуры окружающей среды.

4. Рекомендовано применение компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния сооружений при контакте с многолетнемерзлыми грунтами на этапе проектных работ, выделение опасных участков вдоль трассы трубопровода и при принятии решения рассмотреть как противопучинистых, так и противоосадочных мероприятий.

Список литературы

1. СП 25.13330.2012. Свод правил. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88. М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 118 с.
2. Бородавкин П.П. Механика грунтов в трубопроводном строительстве. М.: Недра, 1986. 224 с.
3. Лисин Ю.В., Павлов В.В., Сощенко А.Е., Зотов М.Ю. Развитие технологий и строительных решений по способам прокладки трубопровода Заполярье - Пурпе на многолетнемерзлых грунтах и их применение на подводных переходах трубопровода Куюмба - Тайшет // Транснефть. 29.10.2014. URL: <https://giprotruboprovod.transneft.ru/press/articles/?id=17191> (дата обращения: 05.03.2020).
4. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2011. 63 с.
5. Закирова Э.А., Гаррис Н.А. Как избежать выпучивания опор надземных трубопроводов в районах пучинистых грунтов // Нефтегазовое дело. 2016. Т. 14. № 2. С. 85-92.
6. Иванов И.А., Кушнир С.Я. Магистральные трубопроводы в районах глубокого сезонного промерзания пучинистых грунтов. СПб: Недра, 2010. 176 с.
7. Жалко М.Е. Промерзание грунта, как причина ДТП на территории Пермского края // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. № 1. С. 62. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/06TVN114.pdf> (дата обращения: 05.03.2020)

References

1. SP 25.13330.2012. Svod pravil. Osnovaniya i fundamenty na vechnomerzlykh gruntakh. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.04-88 [SP 25.13330.2012. Set of Rules. Foundations and Foundations on Permafrost Soils. Updated Edition SNiP 2.02.04-88]. Moscow, FAU «FTsS» Publ., 2012. 118 p. [in Russian].
2. Borodavkin P.P. Mekhanika gruntov v truboprovodnom stroitel'stve [Soil Mechanics in Pipeline Construction]. Moscow, Nedra Publ., 1986. 224 p. [in Russian].
3. Lisin Yu.V., Pavlov V.V., Soshchenko A.E., Zotov M.Yu. Razvitie tekhnologii i stroitel'nykh reshenii po sposobam prokladki truboprovoda Zapolyar'e - Purpe na mnogoletnemerzlykh gruntakh i ikh primeneniye na podvodnykh perekhodakh truboprovoda Kuyumba - Taishet [The Development of Technologies and Building Solutions for Laying the Zapolyar'e-Purpe Pipeline on Permafrost Soils and Their Application at Underwater Crossings of the Kuyumba-Taishet Pipeline]. Transneft'. 29.10.2014. Available at: <https://giprotruboprovod.transneft.ru/press/articles/?id=17191> (accessed 05.03.2020). [in Russian].
4. GOST 25100-2011. Grunty. Klassifikatsiya [State Standard 25100-2011. Soils. Classification]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 63 p. [in Russian].
5. Zakirova E.A., Garris N.A. Kak izbezhat' vypuchivaniya opor nadzemnykh truboprovodov v

8. Письмо Госстроя РФ от 21.01.1998 N ВБ-12-22/7. О примерах практического страхования объектов строительства // Информационно-правовое обеспечение Гарант. URL: <https://base.garant.ru/12111005> (дата обращения: 05.03.2020).

9. Противопучинные сваи в нефтегазовой промышленности // Sostav. URL: <https://www.sostav.ru/blogs/60931/7074/> (дата обращения: 05.03.2020).

10. Пат. 2064554 РФ, МПК E 02 D 27/35. Способ прокладки трубопровода в просадочных и пучинистых грунтах / А.Н. Печеркин, Ю.М. Жильцов, Р.М. Минигулов. 4904934/33, Заявлено 24.01.1991; Оpubл. 27.07.1996.

11. Чернышева И.А., Машенко А.В. Сравнение методов защиты от морозного пучения грунта // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 4. С. 64-72. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.06.

12. Защита фундамента от морозного пучения // Все об обогревателях. URL: <https://iobogrev.ru/wp-content/cache/all/zashchita-fundamenta-ot-moroznogo-puchenija/index.html> (дата обращения: 05.03.2020).

13. Горковенко А.И. Влияние некоторых закономерностей морозного пучения грунтов на высотное положение подземного трубопровода и его напряженно-деформированное состояние // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2006. № 1. С. 9. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Gorkovenko/Gorkovenko_1.pdf (дата обращения: 05.03.2020).

raionakh puchinitsykh gruntov [How to Avoid Support Bucklings of above Ground Pipelines in Areas with Heaving Soils]. *Neftegazovoe delo - Petroleum Engineering*, 2016, Vol. 14, No. 2, pp. 85-92. [in Russian].

6. Ivanov I.A., Kushnir S.Ya. *Magistral'nye truboprovody v raionakh glubokogo sezonnogo promerzaniya puchinistykh gruntov* [Main Pipelines in Areas of Deep Seasonal Freezing of Heaving Soils]. Saint-Petersburg, Nedra Publ., 2010. 176 p. [in Russian].

7. Zhalko M.E. Promerzanie grunta, kak prichina DTP na territorii Permskogo kraya [The Freezing of the Soil, as the Cause of Road Accidents in the Perm Region]. *Internet-zhurnal «Naukovedenie» - Internet Journal «Science of Science»*, 2014, No. 1, pp. 62. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/06TVN114.pdf> (accessed 05.03.2020) [in Russian].

8. *Pis'mo Gosstroya RF ot 21.01.1998 N VB-12-22/7. O primerakh prakticheskogo strakhovaniya ob'ektov stroitel'stva* [Letter of the Gosstroy of the Russian Federation of 01.21.1998 No. VB-12-22/7. About Examples of Practical Insurance of Construction Projects]. Informatsionno-pravovoe obespechenie Garant. Available at: <https://base.garant.ru/12111005> (accessed 05.03.2020). [in Russian].

9. Protivopuchinnye svai v neftegazovoi promyshlennosti [Oil Piles in the Oil and Gas Industry]. *Sostav*. Available at: <https://www.sostav.ru/blogs/60931/7074> (accessed 05.03.2020). [in Russian].

10. Pecherkin A.N., Zhiltsov Yu.M., Minigulov R.M. *Sposob prokladki truboprovoda v prosadochnyykh i puchinistykh gruntakh* [Method for Running Pipeline through Sagging and Swelling Soils]. Patent RF, No. 2064554, 1996. [in Russian].

11. Chernysheva I.A., Mashchenko A.V. *Sravnenie metodov zashchity ot moroznogo pucheniya grunta* [Comparison of Methods of Protection of Frost Heaving Soil]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura - Construction and Geotechnics*, 2016, Vol. 7, No. 4, pp. 64-72. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.06. [in Russian].

12. Zashchita fundamenta ot moroznogo pucheniya [Foundation Protection against Frost]. *Vse ob obogrevatelyakh*. Available at: <https://iobogrev.ru/wp-content/cache/all/zashchita-fundamenta-ot-moroznogo-puchenija/index.html> (accessed 05.03.2020). [in Russian].

13. Gorkovenko A.I. *Vliyaniye nekotorykh zakononomernostey moroznogo pucheniya gruntov na vysotnoye polozheniye podzemnogo truboprovoda i ego napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye* [The Influence of Some Laws of Frost Heaving on the Altitude of the Underground Pipeline and its Stress-Strain State]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2006, No. 1, pp. 9. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Gorkovenko/Gorkovenko_1.pdf (accessed 05.03.2020). [in Russian].

Авторы

• Гулин Денис Алексеевич, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Старший преподаватель кафедры «Сооружение
и ремонт газонефтепроводов
и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 8/3
e-mail: denis.ufa@mail.ru

• Файзуллина Эльвира Венеровна
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Студент кафедры «Сооружение и ремонт
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 8/3
e-mail: elwira.fajzullina@yandex.ru

• Шарипова Эльвина Ильнуровна
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Студент кафедры «Сооружение и ремонт
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 8/3
e-mail: nsharipova.79@gmail.com

• Дусалимов Марсель Эдуардович, канд. техн.
наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Сооружение и ремонт
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 8/3
e-mail: marsst@list.ru

• Глазков Антон Сергеевич, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Сооружение и ремонт
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 8/3
e-mail: fatglas@mail.ru

The Authors

• Gulin Denis A., Candidate of Engineering Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Senior Lecturer of Construction and Repair of Gas
and Oil Pipeline and Storage Facilities Department
8/3, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: denis.ufa@mail.ru

• Fayzullina Elvira V.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Construction and Repair of Gas and Oil
Pipeline and Storage Facilities Department
8/3, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: elwira.fajzullina@yandex.ru

• Sharipova Elvina I.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Construction and Repair of Gas and Oil
Pipeline and Storage Facilities Department
8/3, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
tel: 8-962-541-36-98
e-mail: nsharipova.79@gmail.com

• Dusalimov Marsel E., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Construction and Repair
of Gas and Oil Pipeline and Storage Facilities
Department
8/3, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: marsst@list.ru

• Glazkov Anton S., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Construction and Repair
of Gas and Oil Pipeline and Storage Facilities
Department
8/3, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,
Russian Federation
e-mail: fatglas@mail.ru