

Научная статья

УДК 624.151

doi:10.52170/1815-9265_2026_79_70

Мероприятия по развитию железнодорожных магистралей на деградирующих многолетне-мерзлых основаниях Восточного полигона ОАО «РЖД»

Сергей Анатольевич Кудрявцев¹, Татьяна Юрьевна Вальцева^{2✉}, Игорь Ильич Гаврилов³,
Вячеслав Юрьевич Шемякин⁴

^{1, 2, 3, 4} Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, Россия

¹ olgakudr56@mail.ru

² vtu25@mail.ru✉

³ rcdm_gavrilovii@dvvgd.ru

⁴ she727@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности проектирования и строительства железнодорожных магистралей на деградирующих многолетне-мерзлых грунтах. Проблемы, возникающие при оттаивании многолетне-мерзлых оснований железнодорожных насыпей, приводят к потере устойчивости земляного полотна, появлению дефектов и деформаций железнодорожного пути.

Дальний Восток остается одним из самых значимых и стратегически важных регионов Российской Федерации, имеет большое количество запасов природных ресурсов, но их освоение требует развития инфраструктуры. Именно Дальний Восток стал ключевым направлением для основных потоков экспорта и импорта по магистралям Восточного полигона ОАО «РЖД».

Целью данной статьи является обоснование комплекса мероприятий, реализуемых при проектировании и строительстве железнодорожных магистралей для предотвращения деформации земляного полотна железнодорожных насыпей на деградирующих многолетне-мерзлых грунтах в условиях роста грузооборота и глобального повышения температуры окружающей среды. Проблемы, возникающие при повышении нагрузок и оттаивании многолетне-мерзлых грунтов оснований железнодорожных насыпей, приводят к потере устойчивости земляного полотна, появлению дефектов и деформаций железнодорожного пути. В настоящее время актуальной задачей является стабилизация температурного режима оттаивающих многолетне-мерзлых грунтов в основаниях насыпей железнодорожного пути.

Рассмотрен пример теплотехнического моделирования поперечного профиля железнодорожной насыпи Восточного полигона ОАО «РЖД» с разработкой мероприятий по стабилизации деградации многолетне-мерзлых грунтов основания. Теплотехническое моделирование позволяет оценить состояние существующей конструкции без проведения мероприятий по стабилизации границы многолетне-мерзлых грунтов и с их реализацией, а также спрогнозировать дальнейшее поведение многолетней мерзлоты.

Ключевые слова: сложные инженерно-геологические условия, контрбанкет из скальных грунтов, численное геотехническое моделирование, сезонные охлаждающие устройства, многолетне-мерзлые грунты, деградация мерзлоты, температурный режим грунтов

Для цитирования: Мероприятия по развитию железнодорожных магистралей на деградирующих многолетне-мерзлых основаниях Восточного полигона ОАО «РЖД» / С. А. Кудрявцев, Т. Ю. Вальцева, И. И. Гаврилов, В. Ю. Шемякин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2026. № 2 (79). С. 70–77. DOI 10.52170/1815-9265_2026_79_70.

Original article

Activities for the development of railway lines on degrading permafrost bases of the Eastern polygon of Russian Railways

Sergey A. Kudryavtsev¹, Tatiana Yu. Valtseva^{2✉}, Igor I. Gavrilov³, Vyacheslav Yu. Shemyakin⁴

^{1, 2, 3, 4} Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russian Federation

¹ olgakudr56@mail.ru

² vtu25@mail.ru✉

³ rcdm_gavrilovii@dvvgd.ru

⁴ she727@mail.ru

Abstract. This article examines the design and construction of railway lines on degrading permafrost soils. Problems arising from the thawing of permafrost foundations of railway embankments lead to a loss of roadbed stability, defects, and track deformations.

The Far East remains one of the most significant and strategically important regions of the Russian Federation, boasting abundant natural resources, but their development requires infrastructure development. The Far East has become a key destination for major export and import flows along the Eastern Polygon of Russian Railways.

This article examines thermal modeling of the cross-section of a railway embankment in the Eastern Polygon of Russian Railways, including the development of measures to stabilize the degradation of the permafrost foundation soils. Thermal modeling allows one to assess the condition of the existing structure with and without measures to stabilize the permafrost boundary, as well as to predict the future behavior of permafrost. The purpose of this article is to substantiate a set of measures for the design and construction of railway lines to prevent deformation of the embankment bed on degrading permafrost soils under conditions of increasing freight traffic and global temperature rise. Problems arising from increased loads and thawing of permafrost soils at the foundations of railway embankments lead to a loss of roadbed stability, defects, and deformations in the track. Currently, stabilizing the temperature regime of thawing permafrost soils at the foundations of railway embankments is a pressing issue.

This paper examines options for stabilizing the temperature regime of permafrost soils at the embankment base of the Eastern Polygon of Russian Railways using numerical modeling. Thermal calculations allow us to assess the condition of the existing structure with and without measures to stabilize the permafrost boundary, as well as to predict the future behavior of permafrost.

Keywords: complex engineering and geological conditions, counter-banquet of rocky soils, numerical geotechnical modeling, thermal stabilizers, permafrost, permafrost degradation, soil temperature regime

For citation: Kudryavtsev S. A., Valtseva T. Yu., Gavrilov I. I., Shemyakin V. Yu. Activities for the development of railway lines on degrading permafrost bases of the Eastern polygon of Russian Railways. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2026;(79):70–77. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2026_79_70.

Введение

В настоящее время особое внимание уделяется развитию железнодорожного транспорта, в частности Восточного полигона ОАО «РЖД». Модернизация и строительство новых железнодорожных магистралей, а также увеличение пропускной способности позволят обеспечить транспортировку растущих объемов грузов, что напрямую связано с реализацией новых инвестиционных проектов и созданием рабочих мест в регионе.

Строительство железных дорог в таких условиях требует учета специфики деградирующих многолетне-мерзлых грунтов основания, которые подвержены пучению, просадкам и деформациям при оттаивании [1]. В связи с этим на Дальнем Востоке при проектировании и строительстве железных дорог, а также других объектов инфраструктуры на многолетне-мерзлых оттаивающих грунтах применяются современные технологии проектирования и строительства, позволяющие минимизировать риски, связанные с нестабильностью оттаивающих грунтовых оснований [2].

Рассматриваемый участок проектирования двухпутной вставки на перегоне Амган – Шугара Дальневосточной железной дороги в административном отношении расположен в Верхнебуреинском районе Хабаровского края, на перегоне Амган – Шугара и обслуживается Этыркэнской дистанцией пути – 27. Ближайшая метеостанция находится в рабочем поселке Чегдомын.

Особенность рассматриваемой территории заключается в наличии многолетне-мерзлых грунтов и их островном и редкоостровном характере [3]. По результатам изысканий многолетне-мерзлые грунты являются высокотемпературными, средняя температура грунтов варьируется от $-0,2^{\circ}\text{C}$ до $-0,9^{\circ}\text{C}$.

Локальное присутствие органического вещества в верхней части разреза, с учетом уплотненного состояния, существенного влияния на прочностные и деформационные показатели свойств грунтов не оказывает; мерзлые неуплотненные грунты при оттаивании приводят к образованию чаш протаивания под телом земляного полотна [4].

При проектировании следует учитывать наличие специфических грунтов и, при необходимости, обеспечить снижение влияния свойств этих грунтов на выбор проектного решения [5, 6], а также солнечную инсоляцию, которая вызывает неравномерное оттаивание конструкции.

В пределах участков развития многолетне-мерзлых грунтов проведены термометрические наблюдения в 33 скважинах. Месторасположение скважин выбиралось таким образом, чтобы можно было получить характеристики температурного режима грунтов [7].

Деградация многолетне-мерзлых грунтов III–IV категории просадочности при оттаивании оказывает существенное влияние на устойчивость земляного полотна с образованием участков мест осадок путей [8].

Материалы и методы исследований

Разработка мероприятий по стабилизации слабого оттаивающего основания при строительстве двухпутной вставки на перегоне Амган – Шугара Дальневосточной железной дороги производится с использованием теплофизического моделирования. Расчетное обоснование с применением геотехнического модуля Termoground, способного в комплексе моделировать работу сооружений по происходящим термодинамическим процессам в годичном цикле промерзания-оттаивания, является наиболее целесообразным.

В основе теплофизического расчета лежит общее уравнение теплопроводности для нестационарного теплового режима, которое характеризует процесс деградации многолетне-мерзлых грунтов следующим образом:

$$C_{th(f)}\rho_d \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_{th(f)} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q_v, \quad (1)$$

где $C_{th(f)}$ – удельная теплоемкость грунта (талого или мерзлого), Дж/(кг·К); ρ_d – плотность сухого грунта, кг/м³; T – температура, К; t – время, с; $\lambda_{th(f)}$ – теплопроводность грунта (талого или мерзлого), Вт/(м·К); x, y, z – координаты, м; q_v – мощность внутренних источников тепла, Вт/м³.

Данное уравнение определяет величины тепловых потоков, как входящих, так и выходящих из определенного объема грунта. При этом основной поток остается во времени и в точке равным изменению величины циркуляции тепла.

В процессе инженерных изысканий обнаружена неравномерность деградации грунта протяженных железнодорожных насыпей. При изучении данного обстоятельства выявлено, что неравномерное оттаивание зависит от ориентации сооружения относительно стороны горизонта. В связи с этим при численном моделировании, принимая в исходных данных расчетную температуру воздуха в годичном цикле, необходимо учитывать горизонтальную и вертикальную солнечную радиацию, а также испарение для освещенных солнцем поверхностей.

Расчетная температура вычисляется следующим образом:

$$t_{пр} = t + \Delta_{tr} - \Delta_{t\varepsilon}, \quad (2)$$

где t – среднемесячная температура воздуха, определяемая по климатическим нормативным

источникам либо полученная непосредственно с метеорологических станций с учетом ее изменения за счет потепления климата; Δ_{tr} – поправка к среднемесячным температурам воздуха при учете солнечной радиации, °С; $\Delta_{t\varepsilon}$ – поправка к среднемесячным температурам воздуха за счет испарения с освещенных солнцем поверхностей, °С.

Значение Δ_{tr} составляет:

$$\Delta_{tr} = r/\alpha, \quad (3)$$

где r – среднемесячная сумма радиационного баланса для каждого элемента поверхности (определяется по данным, имеющимся в климатологических нормативных источниках), ккал/(м²·мес); α – коэффициент теплообмена на поверхности грунта, ккал/(м·ч·°С).

Указанный выше коэффициент рассчитывается приближенно по формуле

$$\alpha = 10\sqrt{v}, \quad (4)$$

где v – скорость ветра (принимается по климатическим нормативным источникам), м/с.

Значение $\Delta_{t\varepsilon}$ определяется как

$$\Delta_{t\varepsilon} = \Delta_{tr}k, \quad (5)$$

где k – коэффициент, учитывающий характер поверхности, принимаемый в первом приближении равным 0,8 для естественной поверхности и 0,3 – для оголенной.

Для оценки теплофизического состояния конструкции сооружения выполнено прогнозное геотехническое моделирование промерзания-оттаивания конструкции с учетом солнечной радиации [9, 10].

На рис. 1 представлены инженерно-геологические условия исходной конструкции на ПК 31915+00,00 без реализации предлагаемых мероприятий.

Моделирование выполнялось ежемесячно. Расчетная схема приведена на рис. 2.

На рис. 3 показаны зоны промерзания и оттаивания грунта конструкции на октябрь 1-го и 10-го года, а также эпюры температур.

Для предотвращения деградации многолетне-мерзлых грунтов рассмотрен охлаждающий контрбанкет из глыбового грунта. На рис. 4 показаны зоны расположения многолетне-мерзлого грунта в конструкции на октябрь 1-го и 10-го года, а также эпюры температур.

На рис. 5 представлен график изменения границ многолетне-мерзлых грунтов на 10-й год эксплуатации сооружения с применением контрбанкета из скального грунта.

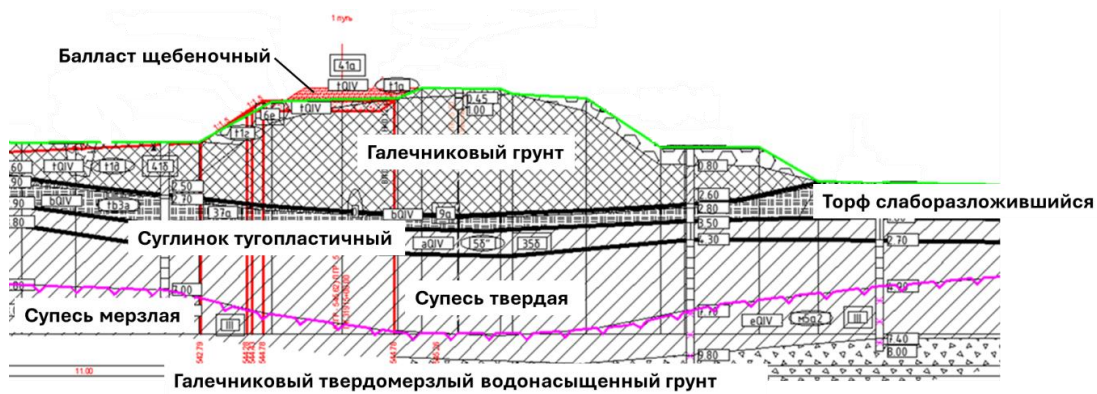


Рис. 1. Инженерно-геологические условия исходной конструкции на ПК 31915+00,00 без мероприятий

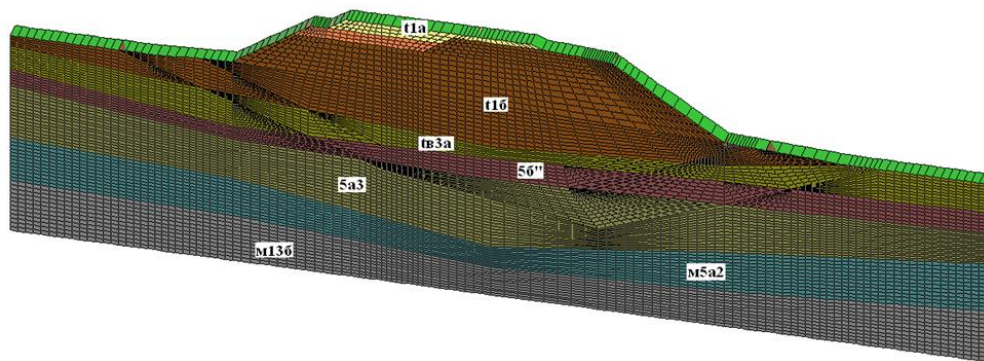


Рис. 2. Расчетная схема конструкции на ПК 31915+00,00:

t1a – насыпной грунт – балласт щебеночный маловлажный; t1b – насыпной грунт – галечниковый грунт с супесчаным заполнителем; тв3а – торф слаборазложившийся маловлажный искусственно погребенный; 5б'' – суглинок тугопластичный заторфованный; 5а3 – супесь твердая дресвяная; мба – супесь дресвяная слабльдистая твердомерзлая незасоленная, слоистой криотекстуры, при оттаивании пластичная, просадочная; m19a – галечниковый грунт твердомерзлый с песчаным заполнителем, при оттаивании водонасыщенный

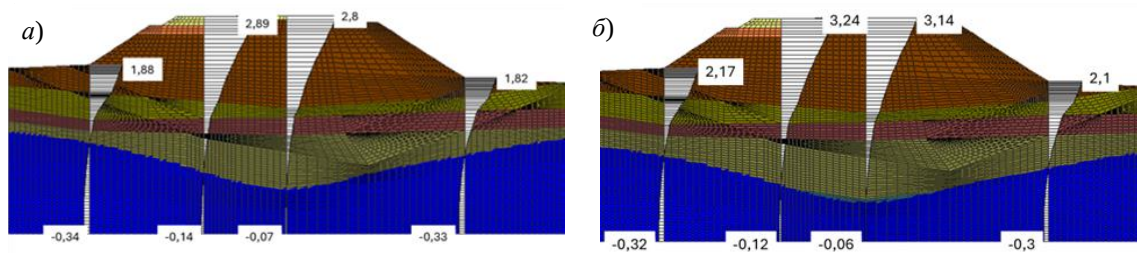


Рис. 3. Зоны расположения многолетне-мерзлого грунта (синий цвет) в конструкции без мероприятий на октябрь 1-го (а) и 10-го (б) года, эпюра температур, °С

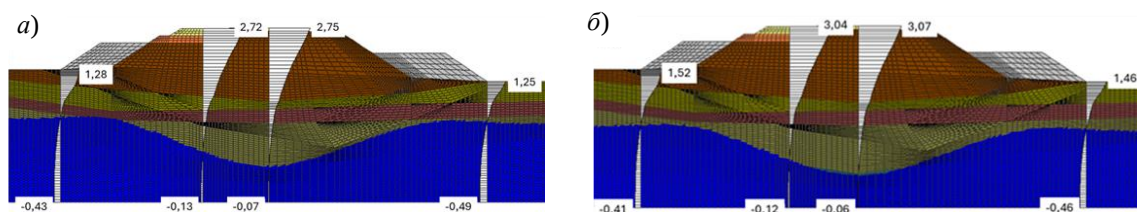


Рис. 4. Зоны расположения многолетне-мерзлого грунта (синий цвет) в конструкции с контрбанкетом на октябрь 1-го (а) и 10-го (б) года, эпюра температур, °С

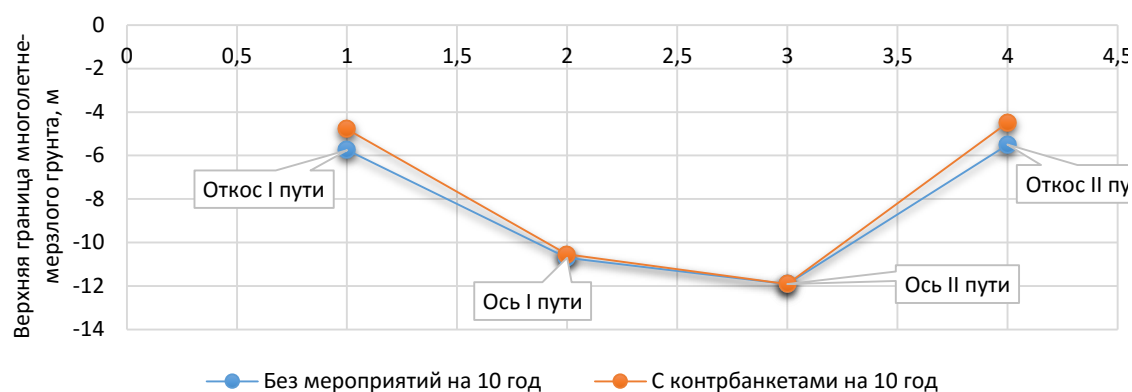


Рис. 5. Изменение границ многолетне-мерзлых грунтов на 10-й год эксплуатации сооружения

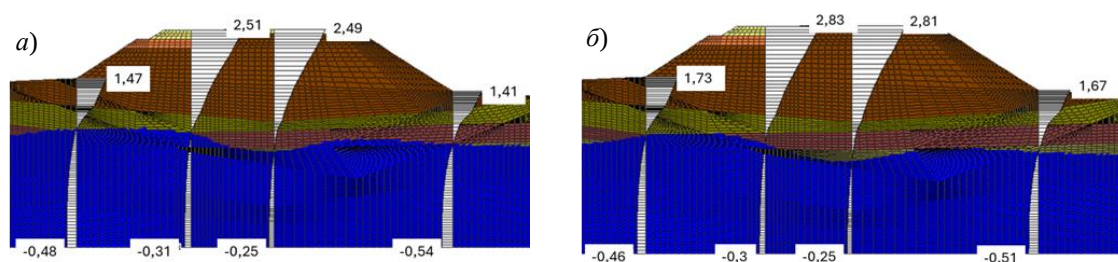


Рис. 6. Зоны расположения многолетне-мерзлого грунта (синий цвет) в конструкции с сезонными охлаждающими устройствами на октябрь 1-го (а) и 10-го (б) года, эпюра температур, °С

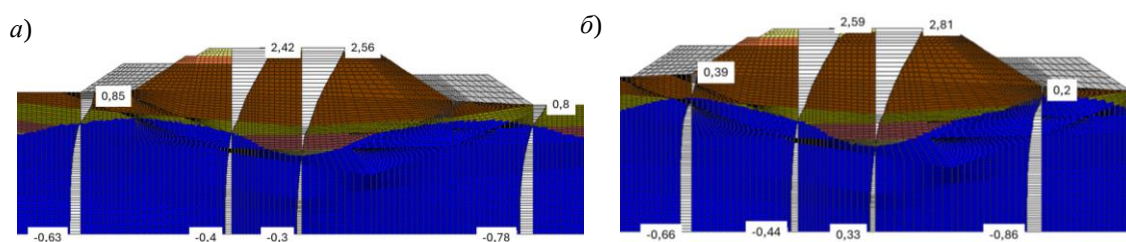


Рис. 7. Зоны расположения многолетне-мерзлого грунта (синий цвет) в конструкции с контрбанкетом и сезонными охлаждающими устройствами на октябрь 1-го (а) и 10-го (б) года, эпюра температур, °С

Для предотвращения дальнейшей деградации рассмотрено применение сезонных охлаждающих устройств [11]. На рис. 6 показаны зоны расположения многолетне-мерзлого грунта в конструкции на октябрь 1-го и 10-го года, а также эпюры температур.

Ввиду сохранения риска дальнейшего развития чаши протаивания рассмотрены комбинированные конструкции, включающие контрбанкет из глыбовых грунтов и сезонные охлаждающие устройства [11]. На рис. 7 показаны зоны расположения многолетне-мерзлого грунта в конструкции на октябрь 1-го и 10-го года, а также эпюры температур.

На рис. 8 представлен график изменения границ многолетне-мерзлых грунтов на 10-й

год эксплуатации сооружения с применением комбинированных мероприятий по стабилизации мерзлоты.

Анализ результатов моделирования конструкции без мероприятий, с контрбанкетом из глыбовых грунтов, с сезонными охлаждающими устройствами и комбинированной конструкции показал понижение верхней границы многолетне-мерзлого грунта, а также повышение температуры грунтов всей конструкции.

Применение контрбанкета из глыбового грунта и сезонных охлаждающих устройств не предотвращает деградацию многолетне-мерзлых грунтов, но замедляет данный процесс.

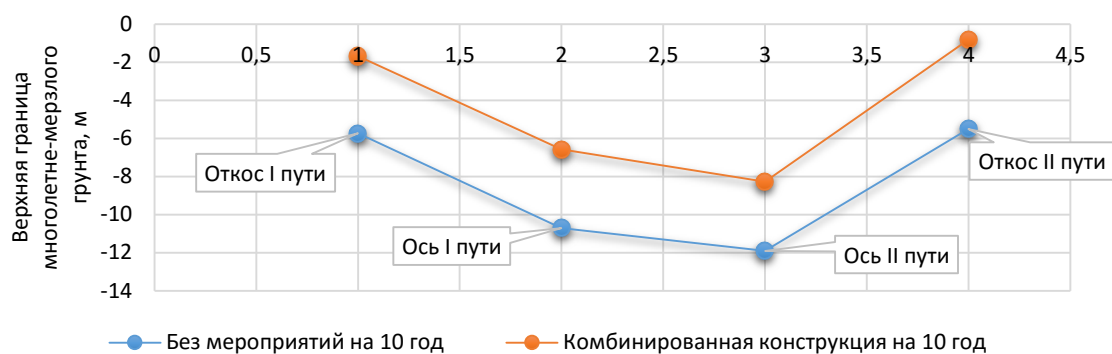


Рис. 8. Изменение границ многолетне-мерзлых грунтов

Мощность талого грунта в различных частях конструкции, м

Мероприятие	Откос I пути	Ось I пути	Ось II пути	Откос II пути
Без мероприятий:				
1-й год	5,19	10,36	11,38	5,16
10-й год	5,74	10,71	11,91	5,50
С контрбанкетом:				
1-й год	4,25	10,19	11,38	3,98
10-й год	4,78	10,54	11,91	4,90
С сезонными охлаждающими устройствами:				
1-й год	3,36	6,77	8,08	3,47
10-й год	3,76	7,43	8,55	3,84
С контрбанкетом и сезонными охлаждающими устройствами:				
1-й год	2,24	6,58	8,27	1,58
10-й год	1,68	6,58	8,27	0,81

Результаты исследования

Полученные результаты численного теплофизического моделирования, представленные в таблице, демонстрируют различное поведение оттаивающих многолетне-мерзлых грунтов при различных вариантах применяемых мероприятий по стабилизации их температурного режима, таких как контрбанкет из скального грунта, сезонные охлаждающие устройства, а также комбинированные конструкции.

В результате моделирования была принята комбинированная конструкция, которая позволяет стабилизировать положение границы многолетне-мерзлого грунта, а также в дальнейшем обеспечить ее поднятие [12].

Выводы

Результаты исследования и расчетное обоснование конструктивных решений по термостабилизации позволили установить необходимость защиты железнодорожной насыпи и основания от повышения температуры грунта. С помощью теплофизических расчетов была спрогнозирована эффективность защиты от деградации многолетне-мерзлых грунтов основания. Верхняя

граница многолетне-мерзлого грунта при реализации комбинированных мероприятий в перспективе за десятилетний период эксплуатации у откоса I пути поднялась на 0,56 м, у откоса II пути – на 0,77 м. В зоне осей пути наблюдается стабилизация верхней границы многолетне-мерзлого грунта. В сравнении с конструкцией без мероприятий, в комбинированной конструкции за десять лет верхняя граница многолетне-мерзлых грунтов у откоса I пути поднялась на 4,06 м, у откоса II пути – на 4,69 м, в зоне оси I пути – на 4,13 м, в зоне II пути – на 3,64 м. Таким образом, при корректном подходе к процессу производства работ по возведению конструкции верхняя граница многолетне-мерзлых грунтов за 10 лет поднимется в среднем на 4,0 м.

Модернизация Восточного полигона ОАО «РЖД» создаст новые возможности для промышленных предприятий, увеличит грузопоток и сократит время в пути. Это, в свою очередь, приведет к росту объемов заказов и созданию новых рабочих мест, а также благоустройству территорий вдоль магистралей, что повысит качество жизни жителей Сибири и Дальнего Востока.

Список источников

1. Кудрявцев С. А., Вальцева Т. Ю., Шемякин В. Ю. Комплексная оценка оснований фундаментов зданий и сооружений на многолетне-мерзлых грунтах Дальнего Востока // *Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий : материалы III Всероссийской конференции с международным участием*, Пермь, 29–31 мая 2024 г. Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2024. С. 82–89. <https://elibrary.ru/flvucp>.
2. Кудрявцев С. А., Сахаров И. И., Парамонов В. Н. Создание условий нормативного состояния деградирующих многолетне-мерзлых оснований зданий и сооружений Дальневосточного федерального округа и Арктики // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : сборник научных трудов РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук*. Москва : АСВ, 2022. Т. 2. С. 157–164. <https://elibrary.ru/ztpvti>.
3. Анизотропия мерзлых грунтов в суровых климатических условиях / А. В. Исаков, Д. А. Красков, А. Ю. Асекритов, О. А. Коробова // *Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин)*. 2024. Т. 27, № 2 (92). С. 55–65. DOI 10.32683/1815-5987-2024-27-92-2-55-65. <https://elibrary.ru/mmmszg>.
4. Чигинцев И. В., Летутин С. Б. Характеристика свойств мерзлых грунтов. Основные способы подготовки грунтов для разработки в зимнее время // *Специальная техника и технологии транспорта*. 2023. № 18. С. 100–105. <https://elibrary.ru/xwshlt>.
5. Расчет осадки оттаивающих многолетне-мерзлых грунтов земляного полотна при действии динамической нагрузки / А. В. Святогорова, И. В. Колос, Д. Р. Кузнецова, Т. Ю. Вальцева // *Бюллетень результатов научных исследований*. 2025. № 3. С. 124–134. DOI 10.20295/2223-9987-2025-3-124-134. <https://elibrary.ru/mxhtrmq>.
6. Рошупкин К. С., Проломова В. В., Кушнерев Н. Ю. К вопросу о строительстве в условиях вечной мерзлоты // *Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 6-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок*, Курск, 01 декабря 2025 г. : в 4 т. Курск : Университетская книга, 2025. С. 380–382. <https://elibrary.ru/qhnopr>.
7. Болдырев Г. Г., Идрисов И. Х. Полевые методы исследования свойств мерзлых грунтов: состояние вопроса. Часть 2. Статическое и динамическое зондирование // *Геотехника*. 2023. Т. 15, № 1. С. 6–21. DOI 10.25296/2221-5514-2023-15-1-6-21. <https://elibrary.ru/vwkbxq>.
8. Знаменский А. С. Мерзлые грунты и строительство // *Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций : сборник статей XI Международной научно-практической конференции*, Пенза, 10–11 октября 2023 г. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2023. С. 179–182. <https://elibrary.ru/uynskf>.
9. Кудрявцев С. А., Вальцева Т. Ю. Численное моделирование процессов оттаивания многолетне-мерзлых грунтов инфраструктурных железнодорожных объектов Дальнего Востока // *Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : тезисы докладов VIII Международного симпозиума*, Тамбов, 17–21 мая 2023 г. Тамбов : ИП Чеснокова А. В., 2023. С. 146–147. <https://elibrary.ru/lpsmgk>.
10. Сахаров И. И., Парамонов В. Н., Парамонов М. В. Современный подход к температурным и деформационным расчетам оснований объектов криолитозоны // *Геотехника*. 2022. Т. 14, № 3. С. 34–43. DOI 10.25296/2221-5514-2022-14-3-34-42. <https://elibrary.ru/gvkruv>.
11. Инженерная защита оснований сооружений термостабилизацией грунта при строительстве в районах вечной мерзлоты / Г. Ю. Тимофеева, П. Е. Демин, И. С. Шатилов, А. В. Косачев // *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)*. 2022. № 2 (69). С. 71–79. <https://elibrary.ru/uahcdm>.
12. Зацемирная Ю. А., Петрова М. В., Кудрявцев С. А. Геотехнический мониторинг для обеспечения безопасности объектов нового строительства и сохранности существующей застройки // *Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке*. 2022. Т. 1. С. 523–526. <https://elibrary.ru/fbfeud>.

References

1. Kudryavtsev S. A., Valtseva T. Yu., Shemyakin V. Yu. Comprehensive assessment of buildings and structures foundations on permafrost soils of the Far East. *Deep Foundations and Problems of Geotechnical Engineering of Territories. Proceedings of the III All-Russian Conference with International Participation*, Perm, May 29–31, 2024. Perm: Perm National Research Polytechnic University; 2024. P. 82–89. (In Russ.). <https://elibrary.ru/flvucp>.
2. Kudryavtsev S. A., Sakharov I. I., Paramonov V. N. Creation of conditions for the normative state of degrading permafrost foundations of buildings and structures of the Far Eastern Federal District and the Arctic. *Fundamental, Exploratory and Applied Research of RAASN on Scientific Support for the Development of Architecture, Urban Planning and the Construction Industry of the Russian Federation in 2021. Proceedings of RAASN. Russian Academy of Architecture and Construction Sciences*. Volume 2. Moscow: ASV Publishing House; 2022. P. 157–164. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/ztpvti>.

3. Isakov A. V., Kraskov D. A., Asekritov A. Yu., Korobova O. A. Anisotropy of frozen soils under harsh climatic conditions. *Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)*. 2024;27(92):55–65. DOI 10.32683/1815-5987-2024-27-92-2-55-65. (In Russ.). <https://elibrary.ru/mmmszg>.
4. Chigintsev I. V., Letutin S. B. Characteristics of the properties of frozen soils. Basic methods of preparing soils for development in winter. *Special Equipment and Transport Technologies*. 2023;(18):100–105. (In Russ.). <https://elibrary.ru/xwshlt>.
5. Svyatogorova A. V., Kolos I. V., Kuznetsova D. R., Valtseva T. Yu. Calculation of settlement of thawing permafrost soils of the subgrade under dynamic load. *Bulletin of Scientific Research Results*. 2025;(3):124–134. DOI 10.20295/2223-9987-2025-3-124-134. (In Russ.). <https://elibrary.ru/mxrmmq>.
6. Roshchupkin K. S., Prolomova V. V., Kushnerev N. Yu. On the issue of construction in permafrost conditions. Innovative potential of society development: the view of young scientists. *Proceedings of the 6th All-Russian Scientific Conference of Advanced Developments, Kursk, December 1, 2025*. In 4 volumes. Kursk: University Book; 2025. P. 380–382. (In Russ.). <https://elibrary.ru/qhnopn>.
7. Boldyrev G. G., Idrisov I. Kh. Field methods for studying the properties of frozen soils: state of the art. Part 2. Static and dynamic probing. *Geotechnics*. 2023;15(1):6–21. DOI 10.25296/2221-5514-2023-15-1-6-21. (In Russ.). <https://elibrary.ru/vwkbxq>.
8. Znamensky A. S. Frozen soils and construction. Strategic development of the innovative potential of industries, complexes and organizations. *Proceedings from the XI International Scientific and Practical Conference, Penza, October 10–11, 2023*. Penza: Penza State Agrarian University; 2023. Pp. 179–182. (In Russ.). <https://elibrary.ru/uynskf>.
9. Kudryavtsev S. A., Valtseva T. Yu. Numerical modeling of permafrost thawing processes in railway infrastructure facilities in the Far East. *Actual Problems of Computer Modeling of Structures and Constructions. Abstracts of Reports of the VIII International Symposium, Tambov, May 17–21, 2023*. Tambov: IP Chesnokova A. V.; 2023. P. 146–147. (In Russ.). <https://elibrary.ru/lpsmgk>.
10. Sakharov I. I., Paramonov V. N., Paramonov M. V. Modern approach to temperature and deformation calculations of the foundations of cryolithozone objects. *Geotekhnika*. 2022;14(3):34–43. DOI 10.25296/2221-5514-2022-14-3-34-42. (In Russ.). <https://elibrary.ru/gvkruv>.
11. Timofeeva G. Yu., Demin P. E., Shatilov I. S., Kosachev A. V. Engineering protection of structures foundations by thermal stabilization of soil during construction in permafrost areas. *Bulletin of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*. 2022;(69):71–79. (In Russ.). <https://elibrary.ru/uahcdm>.
12. Zatsimirnaya Yu. A., Petrova M. V., Kudryavtsev S. A. Geotechnical monitoring to ensure the safety of new construction projects and the preservation of existing buildings. *Scientific, Technical and Economic Cooperation of Asia-Pacific Countries in the 21st Century*. 2022;1:523–526. (In Russ.). <https://elibrary.ru/fbfeud>.

Информация об авторах

С. А. Кудрявцев – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, заведующий кафедрой «Мосты, тоннели и подземные сооружения» Дальневосточного государственного университета путей сообщения.

Т. Ю. Вальцева – доцент кафедры «Мосты, тоннели и подземные сооружения» Дальневосточного государственного университета путей сообщения.

И. И. Гаврилов – аспирант кафедры «Мосты, тоннели и подземные сооружения» Дальневосточного государственного университета путей сообщения.

В. Ю. Шемякин – аспирант кафедры «Мосты, тоннели и подземные сооружения» Дальневосточного государственного университета путей сообщения.

Information about the authors

S. A. Kudryavtsev – Doctor of Engineering, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Head of the Bridges, Tunnels and Underground Structures Department, Far Eastern State Transport University.

T. Yu. Valtseva – Associate Professor of the Bridges, Tunnels and Underground Structures Department, Far Eastern State Transport University.

I. I. Gavrilov – Postgraduate of the Bridges, Tunnels and Underground Structures Department, Far Eastern State Transport University.

V. Yu. Shemyakin – Postgraduate of the Bridges, Tunnels and Underground Structures Department, Far Eastern State Transport University.

Статья поступила в редакцию 07.05.2026; одобрена после рецензирования 15.05.2026; принята к публикации 21.05.2026.

The article was submitted 07.05.2026; approved after reviewing 15.05.2026; accepted for publication 21.05.2026.