

УДК 624.139

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-163-172](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-163-172)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГРУНТОВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ИХ В ВЕЧНОМЕРЗЛОМ СОСТОЯНИИ

С.А. ПОЛЕЩУК¹✉, канд. эконом. наукВ.В. ГОРУНКОВА¹В.С. ЛАКТИОНОВ²

¹ Заполярный транспортный филиал ПАО ГМК «Норильский никель», ул. Советская, д. 43, г. Дудинка, Красноярский край, 647000, Российская Федерация

² Мурманский транспортный филиал ПАО ГМК «Норильский никель», Портовый пр-д, д. 31, г. Мурманск, 183038, Российская Федерация

Аннотация

Целью данной работы является рассмотрение возможности использования естественного климатического состояния среды для формирования доминантных характеристик влияния геометрической модели построения контуров замерзания техногенного слоя грунтового основания в естественной среде, получаемых в ходе проведения геологических инженерных изысканий, с непосредственным лабораторным анализом проб грунтового основания, в соответствии с глубиной отбора. Исследование актуально в связи с развитием Арктики и наблюдаемым потеплением климата.

Материалы и методы. Основными материалами для статьи стали не только разработки ученых в области инженерной геологии и натурального измерения пространства, но и труды ученых в области философии науки. А также практическое определение взаимосвязи характеристик вариантных параметров термопереноса в грунтовых водах основания для формирования более корректного выбора используемых материалов и технологий в капитальном строительстве.

Результаты. В результате исследования и компьютерного моделирования определен характер движения, образования и принципы воздействия «верховодки» на техногенное грунтовое основание. Также был выявлен основной характерный момент для разработки концепции проектирования и капитального строительства в условиях вечномёрзлых грунтов на основе стабилизации состояний грунтового и техногенного основания и стабильности значимых характеристик естественного состояния грунтов основания.

Выводы. По результатам всего исследования сделан вывод о невозможности использования параметров термостабилизации грунтового основания в подзоне I₁.

Ключевые слова: прочность, устойчивость, деформация, термоперенос, геометрическая составляющая, экспонента значений, долит снежного покрова

Для цитирования: Полещук С.А., Горункова В.В., Лактионов В.С. Использование параметров естественного охлаждения грунтов для стабилизации их в вечномёрзлом состоянии // Вестник НИЦ «Строительство». 2022. Т. 32. № 1. С. 163–172. doi: [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-163-172](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-163-172)

Вклад авторов

Полещук С.А. – разработка концепции, методики и методологии написания статейного материала.

Горункова В.В. – консультирование по вопросам применения методологии рассмотрения с точки зрения философского обоснования.

Лактионов В.С. – моделирование основной концепции написания статейного материала.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

USE OF NATURAL COOLING PARAMETERS FOR STABILIZING SOILS IN THE PERMAFROST STATE

S.A. POLESHCHUK^{1✉}, Cand. Sci. (Economy)

V.V. GORUNKOVA¹

V.S. LAKTIONOV²

¹ Polar Transport Branch of PJSC MMC "NORILSK NICKEL", Sovetskaya str., 43, Dudinka, Krasnoyarsk region, 647000, Russian Federation

² Murmansk Transport Branch of PJSC MMC "NORILSK NICKEL", Portovyi lane, 31, Murmansk, 183038, Russian Federation

Abstract

Aim. This study aims to use natural weather conditions of the environment, caused by forming the dominant characteristics of the geometric model associated with freezing profiles of the industrial soil foundation in the natural surroundings. These profiles were obtained during soil investigations, followed by a direct laboratory analysis of soil samples, depending on the sampling depth. The relevance of the research is determined by Arctic development and climate change.

Materials and methods. The work is based on the results obtained in fields of not only geological engineering and natural spatial measurements, but also the philosophy of science. The relationship between the characteristics of varying parameters of heat transfer in foundation subsoil waters was empirically determined to ensure an optimal selection of materials and technologies employed in construction.

Results. The conducted study and computer modeling determined the nature of motion, formation, and impact of near-surface water on industrial soil foundations. Based on the stabilization of soil and industrial foundation states and the stability of essential characteristics associated with their natural state, the key aspect for developing the concept of design and construction under the conditions of permafrost soil was identified.

Conclusions. It is established that the parameters of thermal stabilization of soil foundations are inapplicable in subzone I₁.

Keywords: strength, stability, deformation, heat transfer, geometric component, exponent of value, snow dolith

For citation: Poleshchuk S.A., Gorunkova V.V., Laktionov V.S. Use of natural cooling parameters for stabilizing soils in the permafrost state. Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2022. Vol. 32. No. 1. P. 163–172 (In Russ.). doi: [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-163-172](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-163-172)

Author contribution statements

Poleshchuk S.A. – concept development, writing manuscript.

Gorunkova V.V. – advising on the methodology based on philosophical reasoning.

Laktionov V.S. – concept development.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Прочность, устойчивость и нормальная эксплуатация зданий и сооружений определяется не только конструктивными особенностями используемых конструкций и материалов, но и состоянием, свойствами грунтов, на которых они монтируются. Здесь необходимо учитывать воздействие не только внутренних нагрузок (непосредственный вес конструкции), но и внешних (вес, давление и «поведение» грунтового пространства). Если конструктивные сооружения подготавливаются в соответствии с технологией, с заданными свойствами, то грунтовое пространство имеет самостоятельную, трудно объяснимую историю образования.

Таким образом, в рамках проектирования новых конструкций и поддержания старых в работоспособном состоянии необходимо руководствоваться основными свойствами поведения грунтов под нагрузками. Прочность грунта во много раз меньше, а деформируемость, сопровождаемая наличием многих факторов, намного выше. Стоит заметить, что возрастание и несоответствие нагрузок строительных конструкций с плотностью грунта может приводить к недоиспользованию конструктивных особенностей принимаемых материалов, что в свою очередь, приводит к нарушению несущей способности грунтового основания. Таким образом, грунты, залегающие непосредственно вблизи земной поверхности, подвержены климатическим, метеорологическим и другим воздействиям, управление которыми невозможно, и, соответственно, они не могут служить надежным основанием, поэтому часть сооружений непосредственно заглубляется ниже поверхности земли. Подземная часть сооружения – фундамент, предназначена прежде всего для распределения нагрузки от строения на основание.

В настоящей работе предлагаем рассматривать грунт как среду, вмещающую в себя инженерные сооружения, и принимать не только воздействие сооружения на грунт, но и грунта на сооружение. Таким образом, грунт будем рассматривать как основание сооружения, включенное в имеющуюся среду с физическими и механическими свойствами. Не стоит забывать, что сооружение и основание составляют единую систему. Свойства грунтов основания, их поведение под нагрузкой от сооружения во многом определяет прочность, устойчивость и нормальную эксплуатацию возведенных конструкций.

Закономерности состава и строения грунтов тесно связаны с условиями их происхождения. Согласно ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» (от 01.01.2013 г.) грунты классифицируются по основным классам: скальные (грунты с жесткими кристаллическими, цементационными связями); дисперсные (грунты с физико-химическими (водоколлоидными), физическими и механическими структурными связями); мерзлые (грунты с криогенными связями). Стоит отметить, что криогенные связи характеризуются прежде всего кристаллизационными связями, которые возникают во влажных трещиноватых и дисперсных скальных грунтах при наличии отрицательных температур, обеспечивающих сцементирование льдом.

В процессах цементирования грунтового основания необходимо руководствоваться ведомственными нормами распределения грунтов Российской Федерации на Восточно-Сибирском направлении (рис. 1), которые выделяют три основные подзоны распространения мерзлых грунтов. Подзоны характеризуются наличием техногенного слоя, который как замерзает в холодное время года, так и оттаивает (насыщение подземными водами).

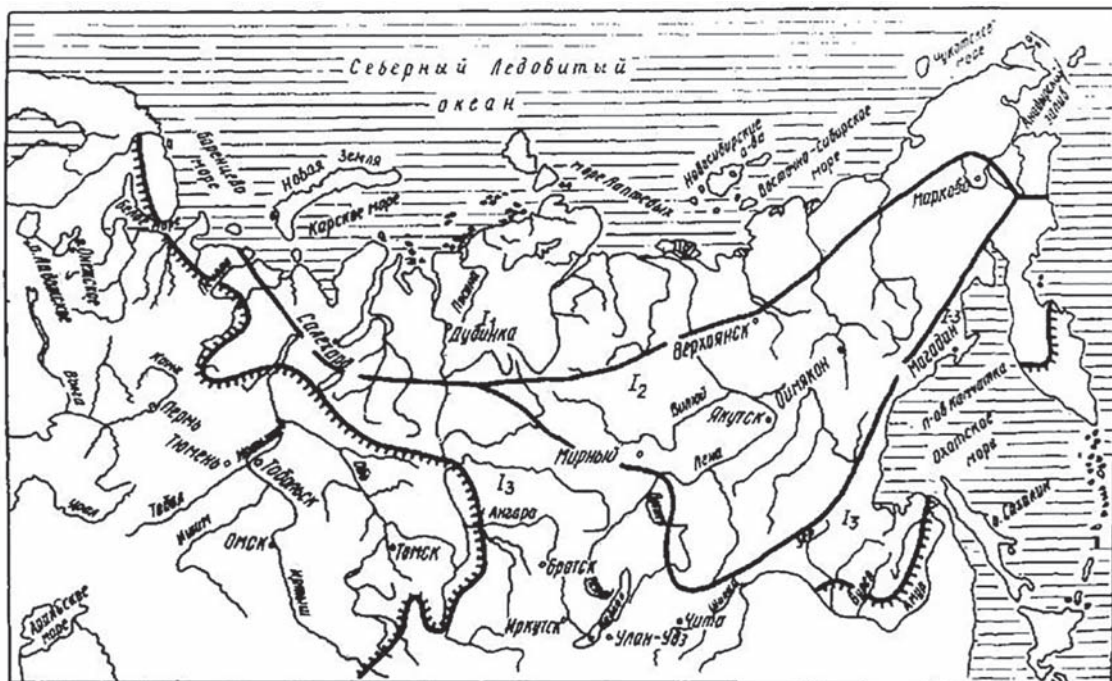


Рис. 1. Схематическая карта подзон распространения мерзлых грунтов:

- I_1 – северная подзона, характеризующаяся наличием низкотемпературных грунтов сплошного распространения;
- I_2 – центральная подзона, характеризующаяся распространением мерзлых грунтов;
- I_3 – южная подзона высокотемпературных грунтов островного и частичного распространения

Fig. 1. Schematic map of sub-zones of frozen ground distribution:

- I_1 – northern subzone characterized by continuous low-temperature soil;
- I_2 – central subzone characterized by frozen soil distribution;
- I_3 – southern subzone of insular and partial high-temperature soils

В настоящее время остро возникает вопрос о проявлении физических параметров растепления грунтового основания и появления мест накопления таликовых отложений*. При этом мы можем говорить, что это наше обычное физическое представление, не меняющееся в конкретном отношении, может быть ошибочным. Когда мы начинаем анализировать принципы появления, либо изменения физического состояния грунтового покрытия, мы берем к рассмотрению только сложившееся миропонимание о времени в аспектах чрезвычайного характера изменения, но здесь необходимо рассматривать приобретаемый во времени аспект явления, которое может легко идти вперед и назад, то есть является процессом обратимым во времени. Для анализа характеристик таких процессов необходимо рассматривать основные составляющие энтропии распределения энергии в структуре грунтового основания и техногенных слоев выравнивания. Таким образом, мы с уверенностью можем говорить, что растепление грунтового основания происходит с учетом временных периодов, руководствуясь принципом Карно: «...в любом природном явлении никогда не будет идти

* Таликовые отложения – обводненные грунтовые залежи, чаще всего место сбора сезонных «верховодок».

процесс нарастания температурных явлений от низшей температуры к высшей, без затрат посторонней энергии». [4, 5]

Многие ученые говорят об асимметричности воздействия на грунтовое основание производственно-хозяйственной деятельности, но мы рассматриваем I подзону распределения мерзлых грунтов, где вектор временного распределения энтропии температурного воздействия идет по прямой, что свидетельствует об обратимости процессов растепления, связанных с воздействием полярных векторов теплопереноса энергии. Таким образом, в общем результате восстановления основания и ликвидации (осушения) участков образования таликовых включений необходимо прежде всего руководствоваться основными параметрами происходящих физико-химических процессов, опираясь на морфологию грунтового состава, ориентируясь на вектральный состав теплопереноса.

Для определения основных направлений теплопереноса в грунтовых водах исследователи руководствовались представлениями реального распределения, методология была разработана Мельхиором Паладьи (M. Palagy) в 1910 г. Он описал необходимость использования 4-й координаты пространства, в которой разворачиваются явления прямо воздействующие на состояние проникновения насыпного грунта в вечномёрзлый состав основания с образованием замершей корки. С этой точки зрения, прочность и надежность грунтового основания рассматривается как абсолютное, с непостоянным включением веществ, способных оттаивать в весенние сезоны и обеспечивающих движение грунтовых вод. Схематически методологию распределения несущей способности «верховодки» (направления движения потоков талой воды) мерзлых грунтов в период оттаивания описывают в трехмерной системе координат (рис. 2).

Но при введении в рассмотрение четвертой точки пространства, определения четырехмерного пространства, мы с уверенностью можем утверждать, что в данном распределении и непостоянстве направлений вектральных распределений основного потока грунтовых вод необходимо вводить экспоненту значений определения направлений движения вод, не успевающих замерзнуть в грунтах, характеризующихся наличием минимума цементирующих свойств, рассредоточенных по основанию ($t > 0$). [7]

Введение новой геометрии рассмотрения участков прогнозируемого накопления таликовых отложений предусматривает наличие основных факторов идентификации рассматриваемых объектов исследования, расположенных на выбранных участках. Следует отметить, что основными факторами идентификации являются, прежде всего, опасные природные процессы и явления техногенного воздействия на территорию.

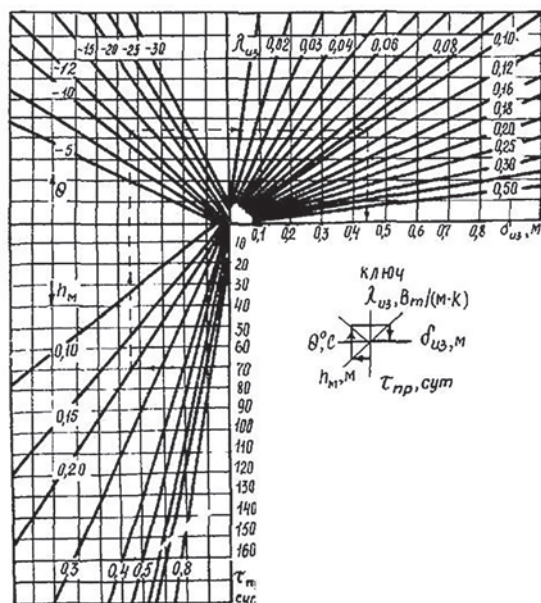


Рис. 2. Методология М. Паладьи – распределение водотока в мерзлых грунтах

Fig. 2. Methodology of M. Palagha – water flow distribution in frozen soil

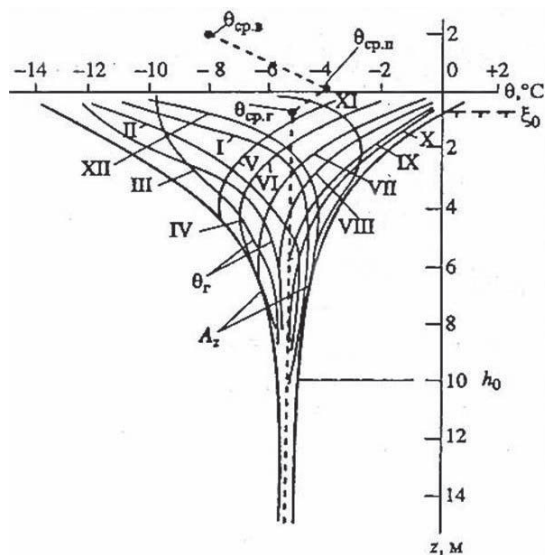


Рис. 3. Рекомендуемое температурное распределение в I₁ подзоне
Fig. 3. Recommended temperature distribution in I₁ subzone

Основные преобладающие волнообразные явления в рассматриваемых участках характеризуются понятиями мощности основания с учетом влияния техногенной насыпи. Введение основных параметров идентификации с параметрами мощности отмечается выявлением особого строения грунтового покрытия, определяющего его неоднородность с параметрами анизотропности. На границах неоднородной среды в самых разнообразных ее проявлениях появляются различные условия, в основном отвечающими за водонакопление и водопередачу.

Соответственно, если мы отмечаем возможность появления неоднородной среды, то основным источником является вода, образующаяся, в основном, за счет таяния замёрзших техногенных оснований. Появление воды, как правило, ведет к сокращению основных параметров мощности слоев грунтового основания.

Таким образом, на участках проводились термометрические замеры, которые выполнялись на основе выделенных трасс и глубин, полностью удовлетворяющих требованиям СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства».

Не стоит забывать, что рассматриваемый нами участок отнесен к I₁ подзоне, в которая отмечается постоянным распределением температуры, можно представить только в виде параболы распределения температур замёрзания и оттаивания (рис. 3).

Таким образом, рассматривая грунты, мы можем заявлять, что сам принцип оттаивания присущ только техногенным (насыпным) грунтам, а понятие анизотропности проникает глубже в состояние грунтового пространства. При этом логично утверждать, что полностью выдерживается однородность и мощность пространства с вариантно-стью рассмотрения. В геометрическом восприятии можно характеризовать параметры выраженной однородности основания. Опираясь на разработки Уильяма Клиффорда, признавая реальное существование «многомерзлого»** пространства, можно говорить о трехмерном геометрическом пространстве, тождественным со структурой вещества, его заполняющим.

Таким образом, пренебрегая трехмерным геометрическим пространством, мы будем рассматривать четырехмерное пространство, характеризуемое только техногенными (насыпными) грунтами. На рассматриваемом участке техногенный слой представлен, в основном, аллювиально-озерными отложениями. Рассматривать грунтовые отложения как неподвижные

** Грунтовое основание можем рассматривать только как основание многомерзлого пространства, т. к. при более низком погружении в грунт характеристики грунтов значительно изменяются. Многомерзлое основание рассматривается как субстанция с более выраженными сцементированными свойствами грунтового основания.

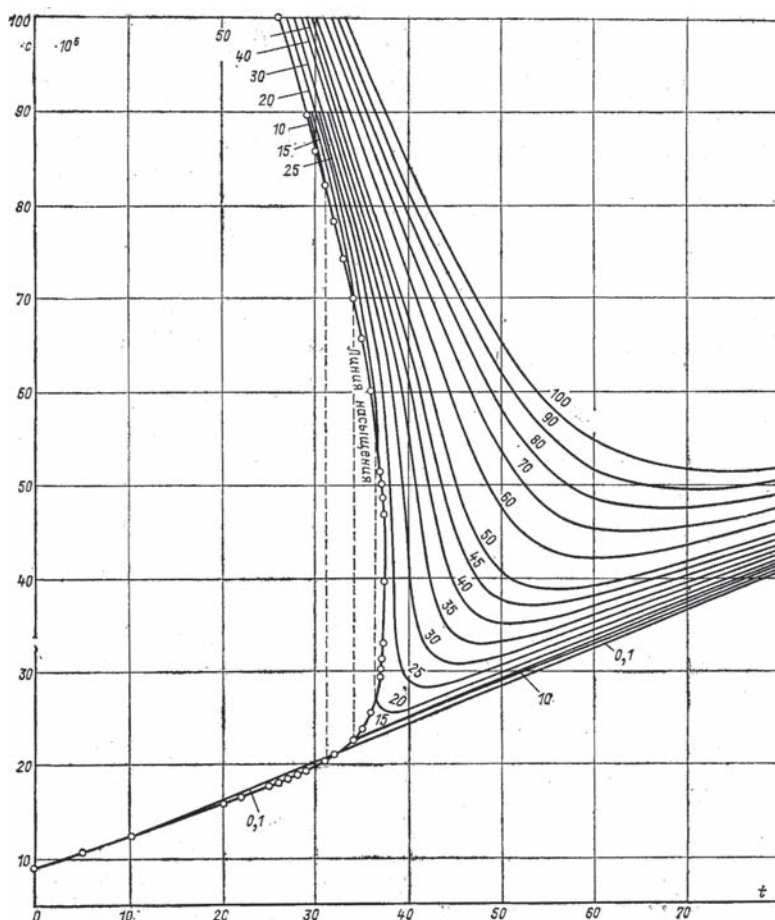


Рис. 4. Энтропия процесса замерзания техногенного (насыпного) грунта

Fig. 4. Entropy of industrial (filled) soil freezing

статические в равновесии можно только в их устойчивом предельном состоянии, т. е. в зимний период времени (когда температура окружающего воздуха долгое время держится ниже нуля). Таким образом, рассматривая и определяясь с геометрическим пространством рассмотрения грунтового основания, будем руководствоваться основными принципами в динамике образования, определенными Сади Карно (1824 г.), который положил начало анализу процессов теплопереноса разукрупненных частиц, предложив рассматривать явление на основе геометрически полярного вектора. С уверенностью можем говорить, что на основе принятия геометрической модели с алгебраическим обобщением, в характеристиках грунтов присутствует ярко выраженная неоднородность в равновесиях появления с динамическими направлениями.

На рис. 4 отчетливо представлена геометрическая модель естественного промерзания грунтового основания, на основе направления распределения полярного вектора однозначным с временем энтропии.

При рассмотрении геометрической модели появляется воздействие характера энантиоморфности распределения слоя промерзания и оттаивания, так называемое деление

вектральных составляющих на правое и левое. В точках деления определяются более разуплотненные и обводненные грунты (подтверждается данными георадиолокационного зондирования). Соответственно, с уверенностью можем назвать зоны стока и направления движения основных масс грунтовых вод в периоды оттаивания и деградации условий вечной мерзлоты. Но, как показано выше, при построении четырехмерного геометрического пространства можно выделить и рассчитать плотность и емкость образуемых грунтовых вод и направление течения. А с применением алгебраических расчетных методов, выделяются параметры пределов величин (\lim), рассчитанных на параметрах экспонентов значений (\exp).

При выделении параметров мы определяем максимально возможное проникновение грунтовых вод в существующие направления течения и сбора, при этом параметры сбора образуются только долитами*** снежного покрова, что в основном обуславливается рельефностью местности. Таким образом, с уверенностью можно говорить, что участки сбора возможно ликвидировать естественным способом (организацией доступа холодного воздуха). На основании рис. 4 видно естественное промерзание грунтового покрытия, происходящее на основе появления кристаллических свойств морфологических проявлений в основном составе грунтового основания.

В I_1 подзоне применение различных методов активной термостабилизации грунтового основания крайне нежелательно, так как это приводит к разлому четырехмерного геометрического пространства, пренебрежению пределов образования и самоликвидации долитов техногенного грунта, пучению грунтового основания. На основании геологических изысканий техногенный грунт рассматриваемого участка стабилен, обводнен только в параметрах расчетной экспоненты значений.

Список литературы

1. Розенберг И.Н. Решение задач размещения с нечеткими данными с использованием геоинформационных систем / И.Н. Розенберг, Т.А. Старостина. – Москва: Научный мир, 2016. – 218 с.
2. Цветков В.Я. Серый реляционный анализ / В.Я. Цветков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 12-1. – С. 166.
3. Цветков В.Я. Информационный подход / В.Я. Цветков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 4-3. – С. 645.
4. Цветков В.Я. Ситуационное моделирование в строительстве / В.Я. Цветков // Информационные технологии. – 2018. – № 4. – С. 69–74.
5. Savinykh V.P. Geodata As a Systemic Information Resource / V.P. Savinykh, V.Ya. Tsvetkov // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 84, no. 5. – P. 365–368. <https://doi.org/10.1134/s1019331614050049>
6. Механика грунтов, основания и фундамента / С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский [и др.]. – М.: Высшая школа, 2004. – 566 с.
7. Полещук С.А. Эффективность системного подхода (строительство) / С.А. Полещук. – Волгоград: Волгоградское науч. изд-во, 2010. – 252 с.
8. ГОСТ 30416 – 2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартиформ, 2013. – 12 с.


*** Долит – грунтовая прослойка между вечномерзлыми и насыпными (техногенными) грунтами. Техногенные грунты образуются в связи с ветряными воздействиями или в процессе хозяйственной деятельности человека.


9. Тенирядко Н.И. Механика грунтов: методические указания к решению задач и обработке результатов лабораторных работ всех форм обучения и всех специальностей направления «Строительство» / Н.И. Тенирядко, Н.Ф. Пыхтеева. – Екатеринбург: УрФУ, 2009. – 28 с.
10. Tsvetkov V.Ya. Information Relations / V.Ya. Tsvetkov // Modeling of Artificial Intelligence. – 2015. – Vol. 8, no. 4. – P. 252–260.
11. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: Теория и практика / Д.А. Поспелов. – Москва: Наука, 1986. – 284 с.

References

1. Rosenberg I.N., Starostina T.A. Solving placement problems with fuzzy data using geoinformation systems. Moscow: Nauchnyi mir Publ.; 2016. 218 p. (in Russian).
2. Tsvetkov V.Ya. Gray relational analysis. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2018;(12–1):166 (in Russian).
3. Tsvetkov V.Ya. Informational approach. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2016;(4–3):645 (in Russian).
4. Tsvetkov V.Ya. Situational modeling in construction. Informatsionnye tekhnologii = Information technologies. 2018;(4):69–74 (in Russian).
5. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014;84(5):365–368. <https://doi.org/10.1134/s1019331614050049>
6. Ukhov S.B., Semenov V.V., Znamenskiy V.V., Ter-Martirosyan Z.G., Chernyshev S.N. Soil mechanics, foundations and Foundation. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 2004. 566 p. (in Russian).
7. Poleshchuk S.A. Effectiveness of the system approach (construction). Volgograd: Volgograd scientific publishing house; 2010. 252 p. (in Russian).
8. State Standard 30416-2012. Soils. Laboratory tests. General provisions. Moscow: Standartinform; 2013. 12 p. (in Russian).
9. Teniryadko N.I., Pykhteeva N.F. Soil mechanics: methodological guidelines for solving problems and processing the results of laboratory work of all forms of training and all specialties of the “Construction” direction. Ekaterinburg: UrFU; 2009. 28 p. (in Russian).
10. Tsvetkov V.Ya. Information Relations. Modeling of Artificial Intelligence. 2015;8(4):252–260.
11. Pospelov D.A. Situational Management: Theory and Practice. Moscow: Nauka Publ.; 1986. 284 p. (in Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Сергей Александрович Полящук , канд. эконом. наук, главный менеджер Проектного офиса Заполярного транспортного филиала ПАО ГМК «Норильский никель», Дудинка
тел.: +7 (958) 150-13-54

Sergey A. Poleshchuk , Cand. Sci. (Econ.), Chief Manager of the Project Office of the Polar Transport Branch of PJSC MMC “NORILSK NICKEL”, Dudinka
tel.: +7 (958) 150-13-54

Валентина Владимировна Горункова, организатор делового администрирования (MBA), заместитель директора по управлению проектными инвестициями – начальник Проектного офиса Заполярного транспортного филиала ПАО ГМК «Норильский никель», Дудинка
тел.: +7 (913) 530-09-42

Valentina V. Gorunkova, Master of business administration (MBA), Deputy Director, Project Investment Management, Head of the Project Office of the Polar Transport Branch of PJSC MMC “NORILSK NICKEL”, Dudinka
tel.: +7 (913) 530-09-42

Вадим Сергеевич Лактионов, мастер делового администрирования (МВА), заместитель директора – Руководитель судоходного подразделения Мурманского транспортного филиала ПАО ГМК «Норильский никель», Мурманск
тел.: +7 (921) 951-88-95

Vadim S. Laktionov, Master of Business Administration (MBA), Deputy Director, Head of the Shipping Division of Murmansk Transport Branch of PJSC MMC “NORILSK NICKEL”
tel.: +7 (921) 951-88-95

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author