

Научная статья

Original article

УДК528.486

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_10_530

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ
ИЗЫСКАНИЙ В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД (НА ПРИМЕРЕ ПОЛУОСТРОВА
ТАЙМЫР)**

**FEATURES OF ENGINEERING AND GEODESIC SURVEYS IN CONDITIONS
OF THE DISTRIBUTION OF PERMAFROST ROCKS (BASED ON THE
EXAMPLE OF THE TAIMYR PENINSULA)**



Конушина Елена Юрьевна, старший преподаватель, кафедры землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья, E-mail: konushina.eyu@gausz.ru

Konushina Elena Yuryevna, senior lecturer, Department of Land Management and Cadastre, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, E-mail: konushina.eyu@gausz.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований освоения Северных территорий, которое является важной основой государственной политики в области Арктики: «Основными национальными интересами является использование Арктической зоны Российской Федерации в качестве стратегической ресурсной базы, обеспечивающей решение задач социально-экономического развития страны» [3] [7].

Поэтому проблема строительства сооружений и дорог в районах Крайнего Севера, в условиях залегания многолетнемерзлых пород, стоит на первом месте. В статье рассматривается комплекс проведения инженерно – геодезических и

геологических изысканий в криолитозоне. Криолитозона – верхний слой земной коры, характеризующийся отрицательной температурой пород и наличием подземных льдов различного генезиса [6]. В статье дается сравнительная характеристика тех же этапов проведения двух видов изысканий, но в условиях сезонного промерзания грунта. На основе фактического материала выявляются особенности проведения изысканий в условиях залегания многолетнемерзлых пород.

Abstract. The article presents the results of studies on the development of the Northern territories, which is an important basis for state policy in the Arctic: “The main national interests are the use of the Arctic zone of the Russian Federation as a strategic resource base that provides solutions to the problems of the country’s socio-economic development” [4].

Therefore, the problem of building structures and roads in the Far North, in conditions of permafrost, comes first. The article discusses the complex of engineering - geodetic and geological surveys in the permafrost zone. The cryolithozone is the upper layer of the earth’s crust, characterized by negative rock temperatures and the presence of underground ice of various origins [6]. The article provides a comparative description of the same stages of two types of surveys, but under conditions of seasonal soil freezing. Based on factual material, the features of conducting surveys in permafrost conditions are revealed.

Ключевые слова: проектирование, строительство, изыскания, трасса, многолетнемерзлые грунты, опорные геодезические сети, инженерно-геологический разрез

Keywords: design, construction, survey, route, permafrost, geodetic support networks, engineering geological section

Цель работы – выявление особенностей проведения инженерно-геологических и геодезических изысканий в условиях распространения многолетнемерзлых пород.

Актуальность заключается в том, что проблема освоения северных регионов является на сегодня одним из значимых и государственно важных направлений стратегии развития Российской Федерации.

С XVIII века, благодаря Михаилу Ломоносову, известно, что могущество России будет прирастать Сибирью. Основную часть ресурсного богатства нашей родины составляют углеводороды. Запасы этого сырья сосредоточены в северных регионах, в криолитозоне. Это означает, что под небольшим слоем поверхностных отложений залегает мощная толща многолетнемерзлых пород, порой достигающая 1500 метров в глубину.

Если обратиться к карте распространения мерзлоты на территории нашей родины, то можно сделать вывод, что более 90% площади России занимают мерзлые грунты, физико - механические и прочностные свойства которых негативно сказываются на всех этапах строительства и освоения регионов. Не маловажно еще отметить, что территория Западно – Сибирской нефтегазоносной провинции ступенчато погружается с юга к северу и нефте и газосодержащие слои ачимовской, валанжинской и сеноманской свит залегающие не глубоко (1100 - 4000 метров), находится именно в криолитозоне [6].



Рисунок 1. Простая карта вечной мерзлоты России

Источник: Томский политехнический Университет. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/67506/1/TPU1173986.pdf/> (дата обращения 16.10.23)

По степени занятости территории мёрзлыми грунтами, выделяют четыре вида её распространения:

Сплошное (непрерывное) – мерзлотой занято более 90 % площади;

прерывистое – от 50–90 %;

островное – <50 %;

сезонное – менее 10 %.

Как мы видим, добыча углеводородного сырья, и освоение месторождений нефти и газа, происходит сейчас на территориях с непрерывным залеганием многолетнемерзлых пород. Но сибирская сокровищница неохотно «раскрывала» свои тайны. Долгое время суровый климат и вечная мерзлота препятствовали освоению территории. Разрушение вечной мерзлоты отнесено к опасным геокриологическим процессам, которые становятся источником чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [1] [4].

Основной проблемой освоения таких областей с характерными климатическими особенностями является неразвитость инфраструктуры и транспортного сообщения [5].

Обитаемый остров, так до недавнего времени называли полуостров Таймыр.

Рассмотрим особенности выполнения инженерно-геологических и геодезических изысканий на примере земельного участка, выделенного под строительство автомобильной дороги, расположенном в Таймырском Долгано-Ненецком районе Красноярского края [8] [9]. На участке исследований находится база горюче-смазочных материалов (ГСМ). Территория относится к неосвоенной, к зоне Крайнего Севера по условиям комфортности и по районированию северной строительно-климатической зоны, к зоне с суровыми условиями. Кадастровый номер земельного участка: 84:01:0020302:226.



Рисунок 2. Обзорная карта объекта исследований

Приведем сравнительную характеристику правил проведения двух видов изысканий (инженерно-геологических и геодезических) в криолитозоне и в районах, с сезонным промерзанием грунтов (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ правил проектирования дорог

Грунты с сезонным промерзанием	Многолетнемерзлые грунты
<p>Подготовительный этап, включающий в себя сбор, изучение и систематизацию материалов изысканий и исследований прошлых регламентируется Сводом Правил 446.1325800.2019.</p>	<p>Дополнительно сбору, изучению и систематизации подлежат:</p> <ul style="list-style-type: none"> - результаты геокриологических исследований и локального геокриологического мониторинга среды; - геокриологические карты, имеющиеся на данную территорию; - научно-исследовательские работы и научно-техническая литература, в которых содержатся данные о геокриологических условиях территории и (или) приводятся результаты

	разработок по методике и технологии выполнения геокриологических исследований.
Проведение рекогносцировочных работ определяется техническими проектами и инструкциями по видам работ	Рекогносцировочные работы по закладке реперов проводятся вне зависимости от вида и класса работ.
Типы реперов: анкерные центры, свайный центр; центры, закладываемые бурением или забивкой; стеной центр	Типы реперов: центры, закладываемые бурением; анкерные центры, закладываемые в котлован.
Центры реперов закладывают предпочтительно в выходах коренных скальных пород, а также в положительных формах рельефа, с крупнозернистым и песчаным слабоувлажненным грунтом, с глубоким залеганием грунтовых вод.	Место для закладки репера выбирается на возвышенностях, с небольшой глубиной протаивания, вне скопления снежной массы, в незатененных местах и не заросших мхом. Предпочтительны участки с наименьшей толщиной льдистых пород.
В населенных пунктах закладываются стеной реперы в основные несущие элементы. Здания и сооружения должны быть соответствующего возраста и не иметь трещин и других видимых повреждений.	Реперы в стенах закладываются только в том случае, если фундамент сооружения заглублен в скальные породы, с продуваемым подпольем. Стеной реперы следует через 2 года после постройки здания.
При строительстве дорог, возвышение земляного полотна и жестких дорожных одежд над уровнем грунтовых вод, включая верховодку, регламентировано Сводом Правил 34.13330.2021.	На участках распространения ММГ строительство дорожного полотна ведется по одному из трех принципов: - обеспечения поднятия верхнего горизонта многолетнемерзлых грунтов не ниже подошвы насыпи и сохранение его на этом уровне в течение всего периода эксплуатации дороги; - допущение оттаивания грунта деятельного слоя в основании насыпи в период эксплуатации дороги при условии ограничения осадок допустимыми пределами для конкретного типа покрытия; - обеспечение предварительного оттаивания многолетнемерзлых грунтов и осушения дорожной полосы до возведения земляного полотна.
Земляное полотно проектируется с учетом категории дороги, типа дорожной одежды, высоты насыпи и глубины выемки, механических свойств грунтов, условий производства работ, природных условий района строительства и особенностей инженерно-геологических условий участка строительства, опыта эксплуатации дорог в районе изысканий. Необходимым условием является максимальное сохранение ценных земель и наименьший ущерб окружающей природной среде.	При проектировании дорожного полотна производится по 1 принципу лес, кустарник, бугры пучения удаляют только в зимний период на ширину основания насыпи, при этом сохраняют снежные отложения толщиной не более 20 см На тех участках, где земляное полотно запроектировано по 2-му принципу, лес и кустарник удаляют в зимнее время, мохорастительный покров с поверхности резерва - сразу же после его оттаивания в весенний период.

Инженерно-геодезические изыскания

Построение опорной геодезической сети выполнено в виде треугольников. Все линии (базисы) сети определены независимо друг от друга, включая линии, опирающиеся на пункты геодезической основы. Каждый репер определен не менее чем от трех исходных пунктов.

Определение планово-высотного положения реперов выполнены от пунктов Государственной геодезической сети спутниковыми двухчастотными ГЛОНАСС/GPS приборами в режиме «СТАТИКА», обеспечивающей точность сети не ниже Точность измерений оставила: в плане $3\text{мм} + 0.5\text{ мм/км}$, по высоте $5\text{мм} + 0,5\text{ мм/км}$. Измерения проводились в наиболее благоприятный для наблюдения период времени.

На объекте заложено два пункта опорной геодезической сети долговременного закрепления, представляющие собой грунтовые репера тип 150 опознавательный знак модифицированный (рисунок 4).

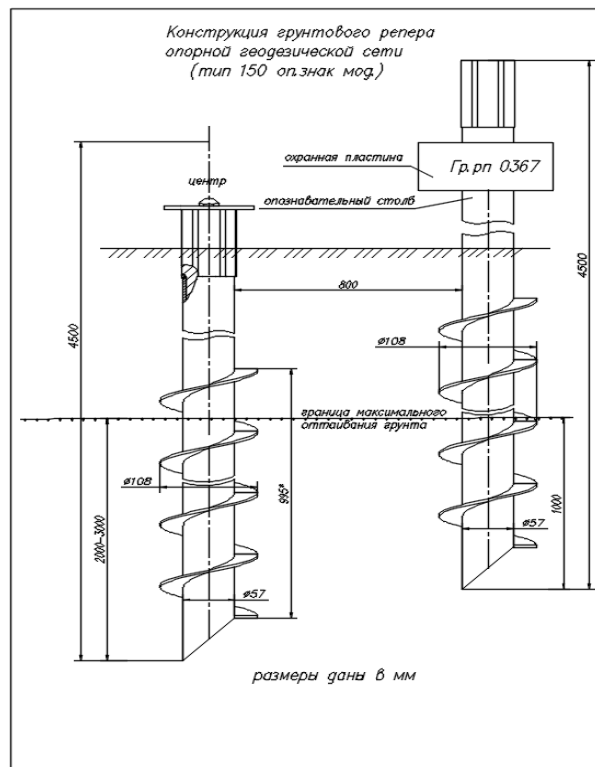


Рисунок 4. Конструкция грунтового репера опорной геодезической сети

Все заложенные репера были установлены на участках, неподверженных опасным геологическим процессам и деформации грунтов.

Выбранные места обеспечили сохранность реперов в период строительства и эксплуатации трассы.

Конструкция, внешний вид и процесс установки реперов выполнялся в соответствии с требованиями ВСН 30-81.

Грунтовые репера вошли в создаваемую опорную геодезическую сеть, как равноточные и независимые друг от друга геодезические знаки, с точностью полигонометрии 2 разряда.

Съемка проектируемой трассы велась с привязкой к пунктам опорной геодезической сети. В процессе работ применялся комплект спутниковой аппаратуры Trimble в режиме кинематики реального времени (RTK). Поправки с базовой станции, установленной на ближайшем грунтовом репере, передавались по радиосигналу через внешний радиомодем. Координаты каждого пикета получены при условии, что СКО измерений не превышает 5 см в плане и 5 см по высоте.

Инженерно-геологические изыскания

На участке повсеместно выявлены многолетнемерзлые грунты (ММГ). В своем естественном состоянии, при сохранении отрицательной температуры и льдо-цементных связей, многолетнемерзлые грунты являются достаточно прочными образованиями [2], но они анизотропные как по глубине распространения, так и по простиранию. Поэтому необходимо подробно изучить инженерно – геологический разрез в районе предполагаемого строительства. Для этого бурятся скважины глубиной, обеспечивающей не только вскрытие линз льдистого грунта, но и позволяющие определить нижнюю границу их залегания. Это дает возможность получить данные, классифицирующие закономерности изменения прочностных и теплофизических характеристик грунтов и определить наилучшие варианты проектирования, проведения изысканий и строительства дорог в частности.

В геологическом строении участка изысканий принимают участие рыхлые отложения ниже-среднечетвертичного возраста (QI-II), представленные тяжелыми суглинками слабольдистыми, льдистыми, сильнольдистыми, щебенистым грунтом с суглинистым заполнителем, мохово-растительным слоем (QIY). Так же на участке исследований выявлен ледогрунт.

В ходе проведения инженерно-геологических изысканий была пробурена скважина глубиной 17 метров, с целью определения нижней границы залегания льдистого грунта для выявления области оттаивания (промерзания) и величины деформаций осадки (пучения) в поперечном профиле дорожных одежд (рисунок 5).

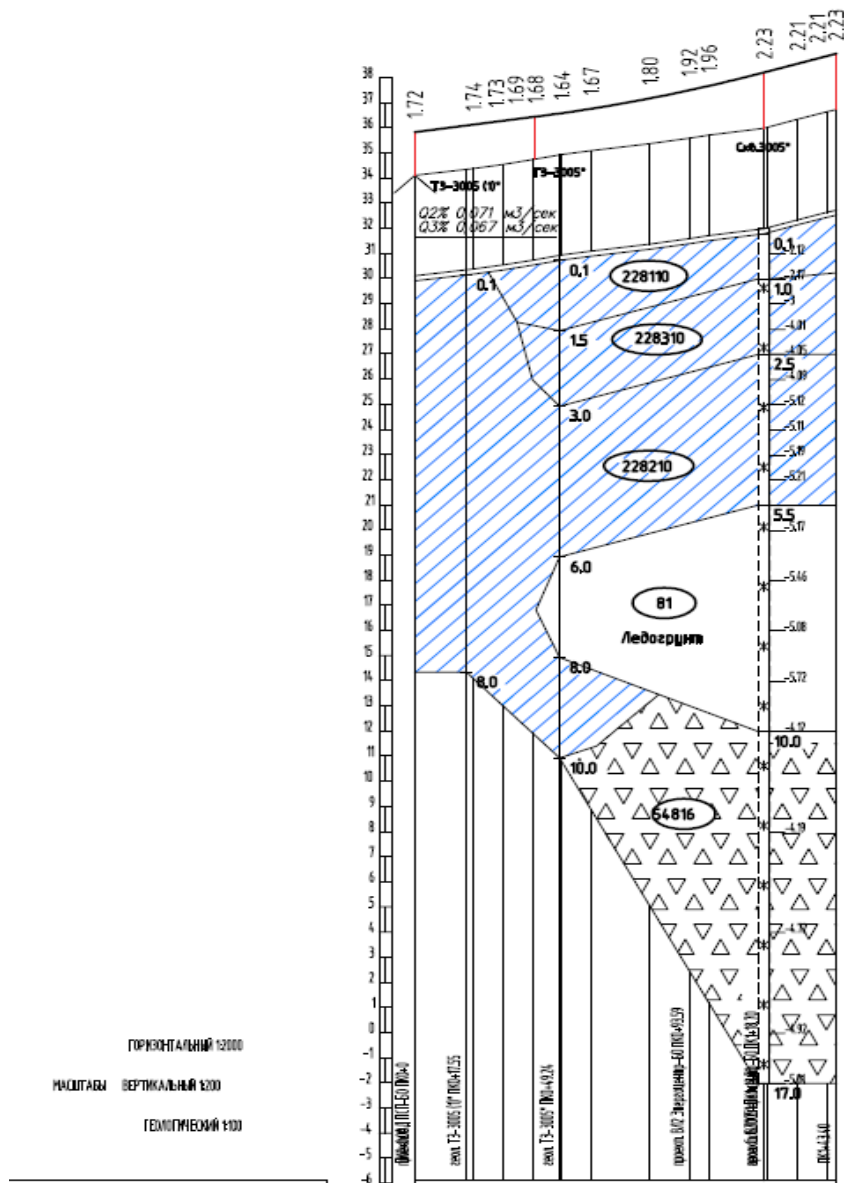


Рисунок 5. Инженерно- геологический разрез

Инженерно-геологический разрез на участке исследований состоит из семи элементов:

- ИГЭ 228110. Пылеватый тяжелый суглинок, мерзлый, слабльдистый.
- ИГЭ 22821. Пылеватый тяжелый суглинок, твердомерзлый, льдистый, с включением щебня до 10-15 %.
- ИГЭ 228210. Пылеватый тяжелый суглинок, твердомерзлый, льдистый.
- ИГЭ 228310. Пылеватый тяжелый суглинок, твердомерзлый, сильнольдистый.
- ИГЭ 54816. Щебенистый грунт слабльдистый, заполненный суглинком, твердомерзлый.
- ИГЭ 81. Ледогрунт с прослоями суглинка;
- ИГЭ 228212. Щебенистый суглинок, твердомерзлый, льдистый.

Грунты в период изысканий находились в мерзлом состоянии.

По завершении работ сделан вывод:

согласно климатическому районированию для строительства, исследуемый район расположен:

- по карте климатического районирования для строительства в зоне 1Г;
- согласно карте районирования северной строительно-климатической зоны, в зоне с суровыми условиями.

Согласно Своду Правил 37.13330.2012 трасса классифицирована:

- соединяющая отдельные обособленные производства промышленных предприятий или промышленных районов, обеспечивающие транспортировку технологических и хозяйственных грузов и доставку обслуживающего персонала, по месту расположения;
- постоянная, по срокам использования;
- второстепенная дорога, предназначенная для перевозки хозяйственных и вспомогательных грузов, обеспечения проезда пожарных, ремонтных и аварийных машин, по назначению.

Обеспечение безопасности дорожного движения выполнено в соответствии с ГОСТ Р 52289-2019.

Основные технические нормативы дорог этого класса приведены в таблице 2.

Таблица 2. Основные технические нормативы автомобильных дорог

Наименование	Автомобильная дорога
Категория	III-в
Расчетная скорость движения, км/ч	50
Число полос движения	2
Ширина проезжей части, м	6,50
Ширина обочин, м	1,50
Ширина земляного полотна, м	9,50
Наибольший продольный уклон, ‰	80
Наименьшая расчетная видимость: м	
- встречного автомобиля	200
- поверхности дороги	100
Наименьший радиус кривых в плане, м	100
Вид покрытия	ж/б плиты

По результатам изысканий, учитывая то, что на участке исследований имеются ММГ, решено было проложить трассу по I принципу проектирования – с обеспечением поднятия верхнего горизонта многолетней мерзлоты не ниже подошвы насыпи и сохранение его на этом уровне в течении всего периода эксплуатации дороги.

Величина руководящих отметок земляного полотна для выбора высоты насыпи приведена в таблице 3.

Таблица 3. **Величина руководящих отметок земляного полотна**

Условия	Величина руководящей отметки, м
Возвышение (поверхности покрытия) над поверхностью земли по условию снегонезаносимости: - для закрытой местности	1,34
Возвышение над поверхностью земли на многолетнемерзлых грунтах (I принцип проектирования)	1,60
Возвышение над поверхностью земли с необеспеченным стоком, над уровнем кратковременно (менее 30 сут.) стоящих поверхностных вод	0,90
Возвышение над расчетным уровнем длительно стоящих поверхностных вод, над уровнем грунтовых вод, верховодки	1,10

Насыпь земляного полотна на участках распространения многолетнемерзлых грунтов, по I принципу проектирования, с использованием крупнообломочных грунтов, составит 1,60 м.

Высота насыпи обеспечивает отсутствие осадки основания при оттаивании в теплый период года.

Для возведения земляного полотна используется крупнообломочный грунт из разведанных карьеров.

Заключение

Изучив результаты инженерно- геологических и геодезических изысканий можно сделать вывод о том, что наличие ММГ на участке исследований определяет особенности проектирования, изучения и строительства линейных сооружений, а так же строго регламентировано нормативной документацией и имеет четкую структуру и этапы проведения.

Список источников

1. Бадера, В. В. Особенности выполнения инженерно-геодезических изысканий в условиях Крайнего Севера [Текст] / В. В. Бадера, И. В. Баранов // Каталог выпускных квалификационных работ ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»: сборник материалов по итогам

учебной, научно-исследовательской и практической деятельности. – Омск. – 2021. – С. 600-603.

2. Борисова, Ю. А. Технология строительства автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах [Текст] / Ю. А. Борисова // Образование, наука, производство, Белгород, 20–22 октября 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2015. – С. 939-941

3. Брехунцов, А. М. Концептуальное представление создания опорной наблюдательной сети для мониторинга многолетнемерзлых пород [Текст] / А. М. Брехунцов, Ю. В. Петров, О. А. Прыкова // Российская Арктика. – 2021. – № 1(12). – С. 23-32.

4. Геотехнический мониторинг несущей способности фундаментов транспортных сооружений при деградации многолетнемерзлого основания [Текст] / С. А. Кудрявцев, А. В. Кажарский, Е. В. Фалеева [и др.] // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2020. – № 4(25). – С. 90-95.

5. Особенности строительства автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах [Текст] / О. М. Преснов, Е. А. Киль, В. В. Овченков, А. Г. Филиппов // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 3. – С. 171-173.

6. Скоробогатов, В. А. Некоторые нерешенные проблемы нефтегазовой геологии Сибири и Дальнего Востока России [Текст] / В. А. Скоробогатов, А. В. Лобусев, Д. Я. Хабибуллин // Территория Нефтегаз. – 2021. – № 7-8. – С. 14-29.

7. Пелымская, А. А. Инженерные изыскания линейных сооружений в условиях залегания многолетнемерзлых пород (на примере автомобильной дороги на базу ГСМ, бухта Север) [Текст] / А. А. Пелымская, Е. Ю. Конушина // ДОСТИЖЕНИЯ МОЛОДЕЖНОЙ НАУКИ для АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА . – Тюмень. – 2022. – С. 684-696.

8. Пелымская, А. А. Особенности проведения инженерно-геодезических изысканий в условиях залегания многолетнемерзлых пород [Текст] / А. А. Пелымская, Е. Ю. Конушина // Сборник трудов LVI Студенческой научно-

практической конференции «Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе», Тюмень, 12 октября 2021 года. Том Часть 1. – Тюмень. –2021. – С. 594-601.

9. Уваров, А. И. Комплекс геодезических изысканий под строительство кустовой площадки в условиях Крайнего Севера [Текст] / А. И. Уваров, А. И. Ефименко // Каталог выпускных квалификационных работ ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»: сборник материалов по итогам учебной, научно-исследовательской и практической деятельности. – Омск. – 2021. – С. 983-986.

10. Шац, М. М. Чрезвычайные ситуации геокриологического характера [Текст] / М. М. Шац // Климат и природа. – 2018. – № 4(29). – С. 11-35.

References

1. Badera, V. V. Osobennosti vy`polneniya inzhenerno-geodezicheskix izy`skanij v usloviyax Krajnego Severa [Tekst] / V. V. Badera, I. V. Baranov // Katalog vy`puskny`x kvalifikacionny`x rabot FGBOU VO «Omskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni P.A. Stoly`pina»: sbornik materialov po itogam uchebnoj, nauchno-issledovatel`skoj i prakticheskoy deyatel`nosti. – Omsk. – 2021. – S. 600-603.

2. Borisova, Yu. A. Teknologiya stroitel`stva avtomobil`ny`x dorog na mnogoletnemerzly`x gruntax [Tekst] / Yu. A. Borisova // Obrazovanie, nauka, proizvodstvo, Belgorod, 20–22 oktyabrya 2015 goda / Belgorodskij gosudarstvenny`j tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuxova. – Belgorod. – 2015. – S. 939-941

3. Brexunczov, A. M. Konceptual`noe predstavlenie sozdaniya opornoj nablyudatel`noj seti dlya monitoringa mnogoletnemerzly`x porod [Tekst] / A. M. Brexunczov, Yu. V. Petrov, O. A. Pry`kova // Rossijskaya Arktika. – 2021. – № 1(12). – S. 23-32.

4. Geotexnicheskij monitoring nesushhej sposobnosti fundamentov transportny`x sooruzhenij pri degradacii mnogoletnemerzlogo osnovaniya [Tekst] / S. A. Kudryavcev, A. V. Kazharskij, E. V. Faleeva [i dr.] // Transport Aziatsko-Tixookeanskogo regiona. – 2020. – № 4(25). – S. 90-95.

5. Osobnosti stroitel'stva avtomobil'ny'x dorog na mnogoletnemerzly'x gruntax [Tekst] / O. M. Presnov, E. A. Kil', V. V. Ovchenkov, A. G. Filippov // Innovacii i investicii. – 2022. – № 3. – S. 171-173.
6. Skorobogatov, V. A. Nekotory'e nereshenny'e problemy` neftegazovoj geologii Sibiri i Dal'nego Vostoka Rossii [Tekst] / V. A. Skorobogatov, A. V. Lobusev, D. Ya. Xabibullin // Territoriya Neftegaz. – 2021. – № 7-8. – S. 14-29.
7. Pely`mskaya, A. A. Inzhenerny'e izy`skaniya linejny'x sooruzhenij v usloviyax zaleganiya mnogoletnemerzly'x porod (na primere avtomobil'noj dorogi na bazu GSM, buxta Sever) [Tekst] / A. A. Pely`mskaya, E. Yu. Konushina // DOSTIZHENIYA MOLODEZHNOJ NAUKI dlya AGROPROMY`SHLENNOGO KOMPLEKSA . – Tyumen`. – 2022. – S. 684-696.
8. Pely`mskaya, A. A. Osobnosti provedeniya inzhenerno-geodezicheskix izy`skanij v usloviyax zaleganiya mnogoletnemerzly'x porod [Tekst] / A. A. Pely`mskaya, E. Yu. Konushina // Sbornik trudov LVI Studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Uspexi molodezhnoj nauki v agropromy`shlennom komplekse», Tyumen`, 12 oktyabrya 2021 goda. Tom Chast` 1. – Tyumen`. – 2021. – S. 594-601.
9. Uvarov, A. I. Kompleks geodezicheskix izy`skanij pod stroitel'stvo kustovoj ploshhadki v usloviyax Krajnego Severa [Tekst] / A. I. Uvarov, A. I. Efimenko // Katalog vy`puskny'x kvalifikacionny'x rabot FGBOU VO «Omskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni P.A. Stoly`pina»: sbornik materialov po itogam uchebnoj, nauchno-issledovatel'skoj i prakticheskoy deyatel`nosti. – Omsk. – 2021. – S. 983-986.
10. Shacz, M. M. Chrezvy`chajny'e situacii geokriologicheskogo xaraktera [Tekst] / M. M. Shacz // Klimat i priroda. – 2018. – № 4(29). – S. 11-35.

Для цитирования: Конушина Е.Ю. Особенности проведения инженерно-геодезических изысканий в условиях распространения многолетнемерзлых пород (на примере полуострова Таймыр) // Московский экономический журнал. 2023. №

10. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2023-54/>

© Конушина Е.Ю., 2023. Московский экономический журнал, 2023, № 10.