

Е. В. Минченко¹✉, Н. М. Рябова¹

Особенности инженерно-геодезических работ в условиях Крайнего Севера

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: ovchinnik@list.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу особенностей проведения геодезических изысканий при строительстве и реконструкции инженерных коммуникаций в экстремальных условиях Крайнего Севера. Рассмотрены ключевые проблемы, связанные с вечной мерзлотой, экстремально низкими температурами, сезонными ограничениями и логистической сложностью работ. Представлены технические решения, включая применение термостойкого оборудования, автоматизированных методов мониторинга и специализированных методик измерений. Особое внимание уделено вопросу безопасности персонала при выполнении геодезических работ. Приведены практические рекомендации по организации изысканий с учетом климатических условий. Результаты исследования представляют ценность для специалистов в области инженерных изысканий, проектирования и строительства инженерных сооружений в северных регионах. Материалы статьи могут быть использованы для актуализации нормативной базы и совершенствования методик проведения геодезических работ в условиях вечной мерзлоты.

Ключевые слова: геодезические изыскания, районы Крайнего Севера, вечная мерзлота, экстремальные температуры, безопасность выполнения работ, инженерные коммуникации, автоматизированный мониторинг, термостойкое оборудование, нормативные требования

E. V. Minchenko¹✉, N. M. Ryabova¹

The features of engineering and geodetic works in the conditionsof the Far North.

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: ovchinnik@list.ru

Abstract. The article is devoted to the analysis of the features of geodetic surveys during the construction and reconstruction of utilities in the extreme conditions of the Far North. The key issues related to the occurrence of permafrost, extremely low temperatures, seasonal restrictions and logistical complexity of the work are considered. Technical solutions are presented, including the use of heat-resistant equipment, automated monitoring methods and specialized measurement techniques. In the performance of geodetic work, special attention is paid to the issue of personnel safety. Particular attention is paid to the issue of personnel safety when performing geodetic work. The findings of the study are of value to specialists in the field of engineering surveys, design and construction of engineering structures in the northern regions. The materials of the article are also a useful basis for updating the regulatory framework and improving the methods of geodetic work in permafrost conditions.

Keywords: Geodetic surveys, Far North Areas, permafrost, extreme temperatures, safety of work, engineering communications, automated monitoring, heat-resistant equipment, regulatory requirements

Введение

Строительство и реконструкция инженерных коммуникаций в условиях Крайнего Севера связаны с рядом сложностей, обусловленных экстремальными климатическими условиями, сложными грунтами и труднодоступностью территорий. Геодезические изыскания в таких условиях играют важную роль в обеспечении необходимой точности проектирования, долговечности сооружений и минимизации рисков возникновения аварийных ситуаций.

Актуальность темы обусловлена активным освоением арктической зоны и северных регионов России, где ведется строительство магистральных трубопроводов, линий электропередач, автомобильных и железных дорог, а также объектов инфраструктуры [1]. Однако вечная мерзлота, сезонные колебания температур, криогенные процессы и другие природные факторы требуют особых подходов к проведению геодезических работ.

Цель данной статьи – рассмотреть особенности выполнения геодезических изысканий при строительстве и реконструкции инженерных коммуникаций в условиях Крайнего Севера. Задачей исследования является оценка влияния природных факторов на точность производства инженерно-геодезических измерений.

Методы и материалы

Выполнение геодезических изысканий в арктических регионах сопряжено с рядом трудностей, обусловленных экстремальными природными условиями и техническими ограничениями. На рис. 1 и 2 наглядно показаны факторы, воздействующие на процесс выполнения инженерно-геодезических изысканий в зависимости от сезона.

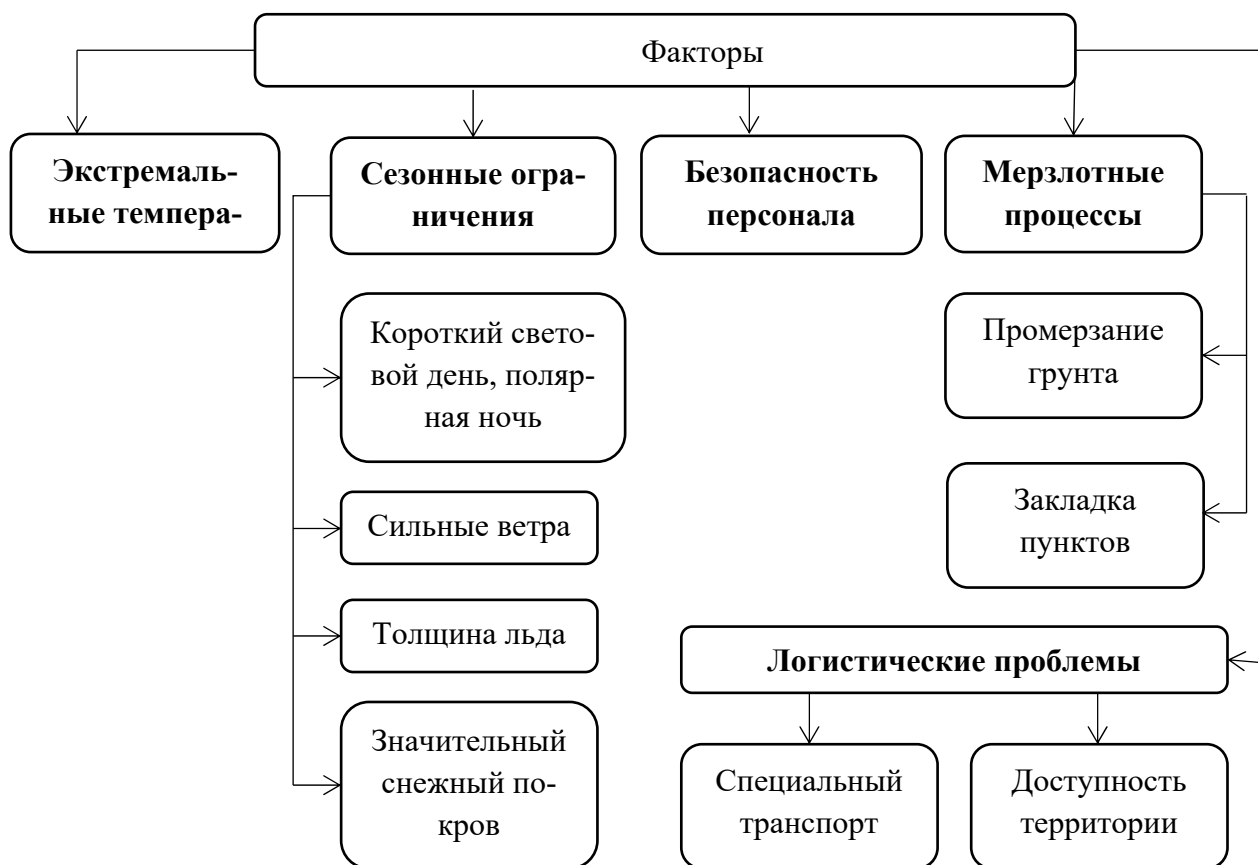


Рис. 1. Факторы, влияющие на инженерно-геодезические изыскания в зимний период

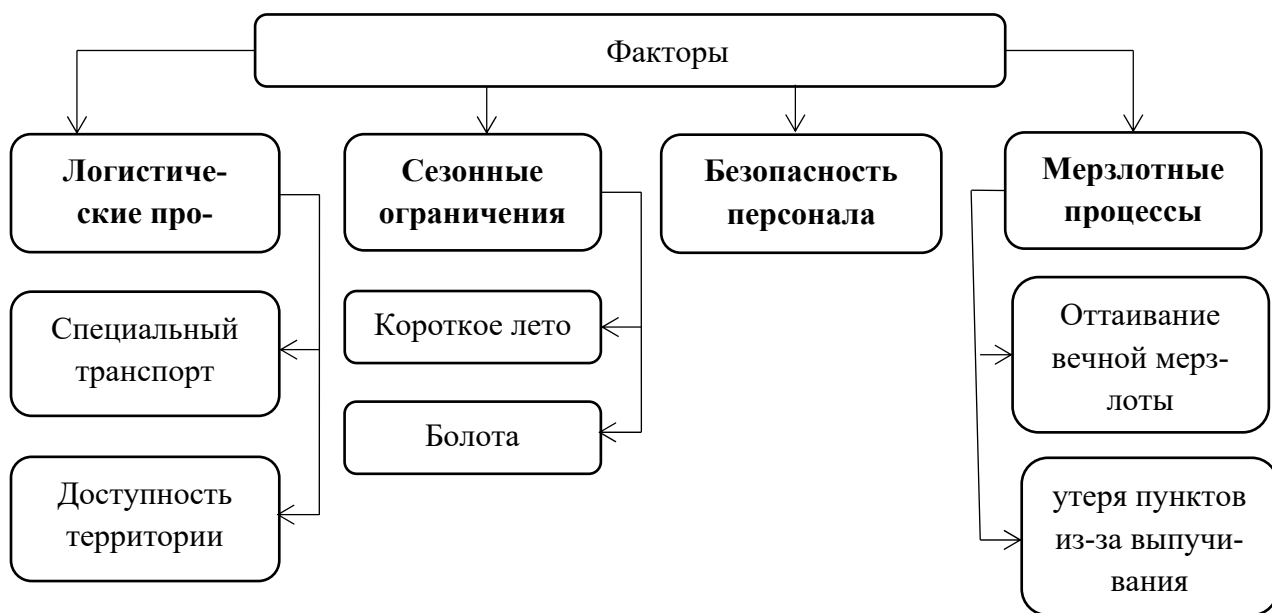


Рис. 2. Факторы, влияющие на инженерно-геодезические изыскания в летний период

Рассмотрим подробнее описанные выше факторы и пути их решения.

Влияние экстремально низких температур.

Выполнение геодезических изысканий в условиях экстремально низких температур (до минус 50°C и ниже) представляет собой значительную техническую и методологическую проблему. Рассмотрим основные аспекты воздействия низких температур:

1. Влияние на электронное оборудование:

- снижение производительности процессоров и дисплеев;
- увеличение ошибок измерений из-за изменения физических свойств материалов;

- риск механических повреждений хрупких деталей;

- уменьшение времени автономной работы аккумуляторов на 40-60%;

2. Проблемы с оптическими системами:

- образование инея на линзах и призмах геодезических приборов;

- изменение коэффициента преломления оптических элементов;

- запотевание внутренних поверхностей при резких перепадах температур;

3. Эксплуатационные сложности:

- ограничение подвижности оператора в утепленной одежде;

- снижение тактильной чувствительности при работе с приборами;

- увеличение времени настройки оборудования.

В таких условиях выполнения инженерно-геодезических работ необходима реализация следующих технических решений:

- применение специализированного оборудования (приборов с термостатированными корпусами и ЖК-дисплеев с подогревом и антиобледенительным покрытием);

- применение энергосберегающего оборудования (литий-тионилхлоридных аккумуляторов с рабочей температурой до минус 55°C, термочехлов с автономным подогревом, резервных батарей в теплых карманах спецодежды, а также внешних источников питания от автомобилей).

Также успешному выполнению работ способствуют следующие мероприятия:

- циклический режим выполнения работы (15-20 минут измерений и 10 минут прогрева);

- использование эталонных базовых линий для оперативного контроля точности измерений;

- увеличение количества контрольных измерений.

Данные меры позволяют сохранять точность линейных измерений в пределах 1-2 мм/км даже при экстремально низких температурах, что соответствует требованиям нормативных документов [2, 3, 4] для ответственных сооружений.

Сезонные ограничения. Геодезические работы в условиях Крайнего Севера подвержены значительному влиянию резко выраженной сезонности и экстремальных погодных явлений. Эти факторы требуют особых подходов к организации и проведению изыскательских работ.

Основными сезонными проблемами являются следующие факторы.

1. Зимний период (октябрь – апрель) выполнения работ:
 - полярная ночь (от 20 до 90 суток в зависимости от широты);
 - среднесуточные температуры от минус 30°C до минус 45°C;
 - частые метели и снежные заносы (видимость менее 10 м);
 - обледенение оборудования и реперов;
2. Летний период (июнь – август) выполнения работ:
 - активное таяние вечной мерзлоты;
 - заболоченность до 80% территории;
 - рои кровососущих насекомых;
 - пожароопасность в тундровой зоне;
3. Выполнение работ в межсезонье (май, сентябрь):
 - крайняя нестабильность погодных условий;
 - чередование оттепелей и заморозков;
 - размыв временных транспортных путей.

Для успешного выполнения работ в таких условиях применяются следующие организационные решения.

1. Организация работ в зимний период (применение автономных источников освещения и разбивка рабочего дня на короткие циклы (1,5–2 часа).
2. Методические приемы (использование снегозащитных экранов, закрепление реперов в мерзлых грунтах и в талых грунтах).
3. Транспортные решения (применение снегоходов и вездеходов).
4. Защитные меры (использование противомоскитных костюмов и сеток, репеллентов и герметичных кейсов для оборудования).

Данные решения позволяют сократить сроки проведения изысканий на 15–20% при обеспечении требуемой точности измерений в соответствии с нормативными документами [5].

Обеспечение безопасности персонала. Проведение геодезических работ в экстремальных арктических условиях требует особых мер по защите здоровья и жизни персонала. Рассмотрим основные факторы, влияющие на безопасность персонала [6]. К ним относятся:

1. Климатические факторы (переохлаждение при температуре ниже минус 40°C, возможные обморожения открытых участков тела за 10–15 минут, полярная слепота от отраженного снегом УФ-излучения).
2. Физические опасности (возможные падения в ледяные трещины и провалы в карстовые полости, травмы от падающих сосулек и наледей потеря ориентации во время пурги).

В указанных условиях выполнения инженерно-геодезических измерений необходимо применять следующую систему защитных мер:

1. Индивидуальная экипировка (применение трехслойных костюмов и специальной обуви с теплоизоляцией, обеспечивающих сохранность тепла до -60°C, очков с УФ-фильтром и антизапотевающим покрытием).
2. Соблюдение определенных правил передвижения во время выполнения работ (минимальный состав группы – 3 человека и дистанция визуального контакта не более 50 м).

3. При возникновении пурги необходимы немедленное прекращение работ и перемещение в укрытие.

4. При случайных контактах с хищниками необходимо применение сигнальных пистолетов и ультразвуковых отпугивателей.

Данные меры соответствуют требованиям нормативных документов [7, 8].

Влияние мерзлотных процессов и деформаций грунтов на точность геодезических измерений.

Проведение инженерно-геодезических изысканий в условиях вечной мерзлоты также требует особого подхода к учету криогенных процессов, которые могут существенно влиять на точность измерений и стабильность геодезических знаков [9].

Основными мерзлотными явлениями, влияющими на инженерно-геодезические работы, являются:

1. Сезонные колебания мерзлоты (пучение грунтов, неравномерное проседание при таянии и проседание коммуникаций).

2. Криогенные деформации, к которым относятся наледообразование и наличие бугров пучения.

3. Динамические процессы: к которым относятся солифлюкция (медленное течение грунта) и криогенное растрескивание.

Для обеспечения учета возникающих ошибок при таких условиях выполнения измерений необходимо особое внимание уделять учету температурных деформаций, введению поправочных коэффициентов и обязательно производить закладку глубинных реперов ниже глубины промерзания [10, 11].

Логистические сложности. Организация геодезических изысканий в арктическом регионе характеризуется существенными транспортно-логистическими ограничениями, обуславливающими необходимость разработки специализированных подходов к планированию и осуществлению изыскательских работ [12].

Основными логистическими проблемами являются:

1. Отсутствие развитой транспортной инфраструктуры (отсутствие дорожной сети в 87% арктических районов, ограниченная навигация по северным рекам и высокая стоимость авиаперевозок).

2. Снабжение и обеспечение (отсутствие стационарных баз снабжения и сезонные ограничения завоза грузов).

3. Эксплуатационные сложности (крайне низкая ремонтпригодность, техники в полевых условиях, ограниченные сроки работоспособности оборудования и дефицит квалифицированного персонала в регионе).

Эффективная логистическая организация работ позволяет сократить сроки проведения изысканий на 20-30% при гарантированном качестве работ.

Результаты

Проведенное исследование выявило комплекс технологических, методических и организационных решений, позволяющих обеспечить требуемую точность и безопасность проведения инженерно-геодезических работ в экстремальных арктических условиях.

Основные результаты, структурированные по ключевым направлениям, приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Основные результаты

Факторы	Трудности	Пути решения
Экстремальные температуры	Отказ оборудования при -40°C и ниже	Использование термостойких приборов с подогревом
	Быстрый разряд аккумуляторов	Применение внешних источников питания и термокейсов
Сезонные ограничения	Полярная ночь (декабрь-январь)	Применение искусственного освещения
	Летняя заболоченность территорий	Перенос основных работ на зимний период
Мерзлотные процессы	Деформация реперов из-за пучения грунтов	Закладка знаков ниже слоя сезонного промерзания
	Проседание коммуникаций	Регулярный мониторинг
Логистические проблемы	Отсутствие дорожной инфраструктуры	Привлечение вездеходов и снегоходов
Безопасность персонала	Риски переохлаждения	Спецкостюмы, ограничение времени непрерывной работы на морозе
	Риски, связанные с укусами насекомых в летний период	Обязательное оснащение групп спутниковой связью и трекерами

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что инженерно-геодезические изыскания в условиях Крайнего Севера требуют принципиально иного подхода по сравнению с традиционными методами, применяемыми в умеренных широтах. Полученные результаты существенно расширяют методическую базу для проведения геодезических работ в условиях Крайнего Севера. Реализация предложенных решений позволит:

- обеспечить требуемую точность строительства ответственных объектов;
- гарантировать безопасность персонала;
- оптимизировать сроки и стоимость изыскательских работ.

Исследование имеет важное прикладное значение для освоения арктических территорий и может служить основой для разработки новых отраслевых стандартов в области полярной геодезии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 13.07.2020 N 193-ФЗ (ред. от 22.07.2024). О государственной поддержке предпринимательской деятельности в Арктической зоне Российской Федерации: (с изменениями и дополнениями, вступил в силу с 19.01.2025) [принят Государственной Думой 7 июля 2020 года: одобрен Советом Федерации 8 июля 2020 года]. – Текст: электронный.

2. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Дата введения 2017-07-01 – Москва: Стандартинформ, 2017.
3. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве. Дата введения 2018-04-25 – Москва: Стандартинформ, 2018.
4. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Дата введения 1998-01-01 – Москва: ПНИИИС Госстроя России, 2001.
5. ГОСТ Р 51872-2019. Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 марта 2019 г. N 93-ст: введен взамен ГОСТ Р 51872-2002: дата введения 01.09.2019 / разработан ООО "ТЕКТОПЛАНф", Мосгосстройнадзор, ГБУ "Мосгоргеотрест", МИИ-ГАиКООО "Фирма "ЮСТАС", ООО НПП "Строительство". – Москва: Стандартинформ – 2019. – 38 с. – Текст непосредственный.
6. Кривых, А. Н. Развитие общей выносливости геодезиста в условиях крайнего севера / А. Н. Кривых, М. А. Радькова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – Т. 5. – С. 117-120. – DOI 10.33764/2618-981X-2020-5-117-120.
7. ТР ТС 019/2011 "О безопасности средств индивидуальной защиты". (с изменениями и дополнениями, вступил в силу с 28.05.2019) Дата введения 2011-07-01 [утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 878] – Текст: электронный.
8. ГОСТ Р 12.4.236-2011. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические требования: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.05.2011 г. № 100-ст : введен взамен ГОСТ Р 12.4.236–2007 : дата введения 01.12.2011 / разработан ОАО «ЦНИИШП» при участии НИИМТ РАМН. – Москва: Стандартинформ – 2012. – 31 с. – Текст непосредственный.
9. Мурзинцев, П. П. Особенности геопро пространственного мониторинга бугров пучения многолетнемерзлых пород на этапе инженерных изысканий / П. П. Мурзинцев, И. О. Биндер, А. С. Репин. – Текст: непосредственный // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84, № 9. – С. 2–7. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-999-9-2-7.
10. Васильчук, Ю. К. Особенности инженерных изысканий для строительства трубопроводов в пределах бугристых ландшафтов зоны спорадического распространения многолетнемерзлых пород / Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук. – Текст: непосредственный // Инженерные изыскания. – 2014. – № 9–10. – С. 4–12.
11. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16.05.2023 N 344/ПР «Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства»: введен взамен РД 11-02-2006. – Текст: электронный.
12. Мустафин, М. Г. Топографо-геодезическое и картографическое обеспечение Арктической зоны Российской Федерации / М. Г. Мустафин, В. Н. Баландин, М. Я. Брынь [и др.]. – Текст: непосредственный // Записки Горного института. – 2018. – Т. 232. – С. 375–382. – DOI 10.31897/PMI.2018.4.375.

© Е. В. Минченко, Н. М. Рябова, 2025