

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

На правах рукописи

Биндер Игорь Олегович 

Разработка технологических решений для инженерно-геодезических изысканий
на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера

25.00.32 – Геодезия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент
Мурзинцев Петр Павлович

Новосибирск – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ	11
1.1 Классические методологические подходы к производству инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений	11
1.2 Анализ особенностей инженерно-геодезических изысканий при трассировании автомобильных и железных дорог.....	12
1.3 Методика инженерных изысканий магистральных нефте- и газопроводов	17
1.4 Инженерно-геодезические изыскания линий электропередачи.....	20
1.5 Методика проектирования сети автомобильных дорог на лесозаготовках	27
1.6 Выводы по первому разделу	28
2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РАЙОНАХ С БУГРАМИ ПУЧЕНИЯ «ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ»	30
2.1 Разработка системы классификации нефтегазовых месторождений с учетом их площади и наличия бугров пучения	30
2.2 Совершенствование методики выбора оптимального варианта трасс линейных коммуникаций	34
2.3 Разработка рекомендаций, регламентирующих точность геодезических измерений при выполнении инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера.....	46
2.4 Анализ инженерно-геодезических изысканий при обустройстве Сергинского месторождения	50
2.5 Геодезический мониторинг подземных коммуникаций с применением 3D-моделирования	55
2.6 Выводы по второму разделу	64

3 РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	66
3.1 Разработка рекомендации по актуализации сводов правил к производству инженерно-геодезические изысканий в районах с буграми пучения	66
3.2 Разработка и внедрение приборного изыскательского комплекса для транспортировки геодезического, георадарного и геологического оборудования и выполнения геодезических, георадарных и геологических работ	73
3.3 Организация геодезического пространственного мониторинга на нефтегазовых месторождениях	91
3.4 Выводы по третьему разделу	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ	117
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТАЙМЫРЕ.....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА РАЙОНА ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ НА СЕВЕРО-САРЕМБОЙСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) СИТУАЦИОННЫЙ ПЛАН МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА «САХАЛИН – ХАБАРОВСК – ВЛАДИВОСТОК»	120
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное) ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА НЕПОДТВЕРДИВШЕГОСЯ БУГРА ПУЧЕНИЯ	121

ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное) ВАРИАНТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ.....	122
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (обязательное) ВЫБОР ПЛОЩАДКИ ДЛЯ КАРЬЕРА ПЕСКА	123
ПРИЛОЖЕНИЕ И (обязательное) ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ПО ОБЪЕКТУ: «КУСТОВЫЕ ОСНОВАНИЯ И ПОДЪЕЗДНЫЕ АВТОДОРОГИ К КУСТАМ СКВАЖИН № 1АЧ, 2АЧ ЯМБУРГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ».....	124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Развитие нефтегазового комплекса в Российской Федерации базируется на активном освоении территорий Крайнего Севера, подверженных техногенным рискам [43]. В связи с постоянным наращиванием объема добычи нефти и газа особенно актуальны вопросы повышения качества инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях. Специфической особенностью северных территорий является высокая техногенная нагрузка, наличие многолетних мерзлотных пород и бугров пучения, которые являются опасными природными факторами при эксплуатации нефтегазопроводов, так как аварии на них могут представлять серьезную экологическую угрозу. Эти факторы необходимо учитывать при выполнении инженерно-геодезических изысканий и последующем проектировании коридоров линейных коммуникаций с целью обустройства нефтегазовых месторождений. Однако, в применяемых на практике строительных нормах и правилах и других нормативных документах по организации и проведению инженерных изысканий коридоров линейных коммуникаций на территориях с буграми пучения отсутствуют рекомендации по выбору оптимального варианта трассы с учетом комплекса показателей, характеризующих природные факторы и техногенное состояние территории, по пространственному расположению трубопроводов относительно бугров пучения [28, 29, 42, 82, 92–94].

В современных нормативных документах, регулирующих инженерно-геодезические изыскания, должны учитываться особенности новых геодезических приборов и возможность интеграции имеющихся средств измерений для обеспечения высокой эффективности производства работ. Поэтому тема диссертационного исследования – разработка технологических решений по совершенствованию инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера – является актуальной. Полученные результаты позволят повысить производительность труда, сократить финансовые затраты, повы-

ситель точность и надежность геодезического обеспечения инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера с учетом особенностей рельефа местности [10, 11, 15, 73, 74].

Степень разработанности темы. Теоретические и практические основы организации и производства геодезических работ при трассировании линейных сооружений были заложены в трудах Большакова В. Д., Быкова В. И., Климова В. И., Ключина Е. Б., Субботина И. Е., Струченкова В. С., Райфельда В. Ф., Пискунова М. Е., Ямбаева Х. К. и др. [17–20, 56, 102]. В XXI в. свой вклад в систему получения геопространственных данных о состоянии территории и инженерных сооружениях внесли Антонович К. М., Брынь М. Я., Лисицкий Д. В., Карпик А. П., Мазурова Е. М., Мазуров Б. Т., Савиных В. В., Уставич Г. А. [2, 3, 53, 54, 61, 62, 87]. В нормирование точности геодезических измерений заметный вклад внесли ученые: Гуляев Ю. П., Столбов Ю. В., Хорошилов В. С. [95–98].

Изучению геодинамики бугров пучения посвящены труды отечественных и зарубежных ученых. В первую очередь следует отметить Васильчук Ю. К., Попова А. И., Львова Ю. А., Пономареву О. Е., Сакс В. Е., Москаленко Н. Г., Seppala M., Lewkowicz A. G., Coultish T. L. и др. [22–24, 72, 80, 112, 113, 115].

Научные исследования в области инженерно-геодезических изысканий при трассировании линейных сооружений выполняются специализированными проектными и научными институтами различных министерств и ведомств на протяжении десятков лет. Особые успехи были достигнуты в разработке математических моделей и алгоритмов для оптимизации выбора трасс с применением систем автоматизированного проектирования. Однако эти усилия были направлены на оптимизацию трассирования конкретного линейного сооружения, а не на коридоры коммуникаций, разработанные методики производства изысканий не учитывали специфические условия районов Крайнего Севера, влияющие на качество, оперативность обустройства нефтегазовых месторождений и безопасность их эксплуатации, поэтому не могли быть в полной мере эффективно применены на практике.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационной работы заключается в разработке технологических решений для повышения качества инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие основные задачи:

– выполнить анализ существующих методик инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений;

– разработать систему классификации нефтегазовых месторождений с учетом их площади и наличия бугров пучения;

– усовершенствовать методику выбора оптимального варианта трасс линейных коммуникаций на северных территориях, подверженных техногенным рискам в зонах наличия бугров пучения;

– разработать технологические решения, регламентирующие точность геодезических измерений при выполнении инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера и геометрические показатели по расположению коридора коммуникаций относительно бугров пучения с многолетнемерзлыми породами;

– сформулировать рекомендации по актуализации строительных норм и правил по проектированию коридоров линейных коммуникаций, учитывающие особенности северных территорий;

– создать и внедрить в производство приборный изыскательский комплекс для одновременного проведения по трассе трубопроводов различных видов инженерных изысканий.

Объект и предмет исследования. Объектом исследований являются технологии инженерно-геодезических изысканий при обустройстве нефтегазовых месторождений.

Предметом исследований являются технологические решения по совершенствованию инженерно-геодезических изысканий коридоров линейных коммуникаций на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера.

Научная новизна заключается в следующем:

– разработанные технологические решения позволяют учитывать техногенное состояние территорий и осуществлять выбор оптимального варианта трасс коридора линейных коммуникаций относительно бугров пучения с повышением безопасности и надежности эксплуатации трубопроводов;

– разработана методика инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях Крайнего Севера с применением приборного комплекса, отличающаяся от применяемых ранее тем, что инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания объединены в технологический процесс для сокращения времени и ресурсов на производство работ.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании требуемой точности геодезических измерений при выполнении инженерно-геодезических изысканий коридоров линейных коммуникаций на северных месторождениях с наличием бугров пучения, а также в разработке критерия, позволяющего оптимизировать выбор вариантов трассирования коридоров коммуникаций в зависимости от специфических природных и техногенных факторов.

Практическая значимость научных исследований заключается в разработке и внедрении приборного комплекса, позволяющего одновременно выполнять инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера с сокращением времени и стоимости их производства, а также в разработке конкретных рекомендаций для актуализации сводов норм и правил по проектированию трубопроводов на территориях с буграми пучения.

Методология и методы исследований. В работе использованы методы математической обработки результатов измерений, метод системного подхода и

анализа. Эмпирическая база исследований включала многолетние результаты инженерных изысканий на нефтегазовых месторождениях Крайнего Севера. Для обработки данных использовались программные мультикомплексы CREDO, AutoCAD, Mapinfo.

Положения, выносимые на защиту:

– методические решения по выбору оптимального варианта трасс линейных коммуникаций на территориях, подверженных техногенным рискам, обоснованию требуемой точности геодезических работ при выполнении инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера и геометрических показателей по расположению коридора коммуникаций относительно бугров пучения, обеспечивающие повышение безопасности и срока эксплуатации инженерных сооружений;

– технологические решения для производства инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий линейных и площадных объектов с существенным повышением производительности труда и достоверности результатов измерений.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тематика и содержание диссертации соответствуют области исследования: 6 – Геодезическое обеспечение изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации крупных инженерных комплексов, в том числе гидротехнических сооружений, атомных и тепловых электростанций, промышленных предприятий, линейных сооружений. Геодезический контроль ведения технического надзора при строительстве и эксплуатации нефтедобывающих комплексов паспорта научной специальности 25.00.32 – Геодезия, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки РФ по техническим наукам.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Результаты исследований, выводы и практические рекомендации докладывались и обсуждались на международных научных конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (г. Новосибирск) в период 2011–2017 гг.

Разработанный приборный комплекс внедрен в производственную деятельность департамента инженерных изысканий Сибирского научно-исследовательского института нефтяной промышленности (СибНИИИП, г. Тюмень) и ЗАО «ГИДРОМАШСЕВИС». Результаты научных исследований использовались при проведении изысканий на Сергинском, Сугмутском, Муравленковском, Северо-Уренгойском, Северо-Саренбойском, Ямбургском нефтегазовых месторождениях, а также при трассировании линейного участка магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток».

Публикации по теме диссертации. Результаты выполненных исследований представлены в 12 публикациях, из которых семь – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, получен патент Российской Федерации на полезную модель.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 142 страницы печатного текста. Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы, включающего 117 наименований, содержит 8 таблиц, 43 рисунка, 8 приложений.

1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

1.1 Классические методологические подходы к производству инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений

При выполнении инженерно-геодезических изысканий под трассой традиционно понимают ось проектируемого линейного сооружения [17].

Линейные сооружения классифицируют по различным признакам: по длине (городские, промышленные, магистральные); по типу связи между внутренними элементами (жесткие, нежесткие); по расположению относительно земной поверхности (воздушные, наземные, подземные).

Полнота и содержание термина «трасса» изменялись вслед за развитием сначала компьютерных, а затем и геоинформационных технологий [18, 56, 65, 66].

В конце XX в. под термином «трасса» все чаще стали понимать пространственное положение взаимосвязанной с рельефом местности оси проектируемого линейного сооружения.

Классический подход в поиске оптимальной трассы заключается в технико-экономическом сравнении конкурирующих вариантов с минимизацией денежных затрат на строительство и эксплуатацию [19, 101, 102, 104].

Один из классических подходов в оценке конкурирующих вариантов реализуется в анализе приведенных затрат, которые могут быть определены по формуле

$$П_3 = k_{\text{ЭКВ}} K_{\Sigma} + i_3, \quad (1)$$

где $П_3$ – приведенные затраты;

$k_{\text{ЭКВ}}$ – коэффициент капитальных вложений;

K_{Σ} – суммарные капитальные вложения;

i_3 – суммарные эксплуатационные издержки.

Проектирование предлагается осуществлять с учетом так называемого коэффициента развития, который определяется соотношением

$$k = \Pi_{3Г} / \Pi_{3ПР} . \quad (2)$$

Суть методики заключалась в следующем:

– на первом этапе на модели местности (топокарта, топоплан) строится прямоугольная сетка с диагоналями, при этом диагональ треугольника проходит от начала к концу в направлении трассы;

– на втором этапе необходимо вычислить количество дуг (ограничений) в построенной модели. Их количество и размер определяются масштабом топокарты, длиной трассы и требуемой точностью вычислений. Для прямоугольной сетки с диагоналями количество дуг предлагалось вычислить по формуле

$$d = 4mn - 3(m + n) + 2, \quad (3)$$

где m и n – число узлов по каждой из сторон сети. При этом необходимо учитывать возможное смещение дуги в одном из прямоугольников при пересечении какого-либо препятствия (болота, ручьи и т. п.).

1.2 Анализ особенностей инженерно-геодезических изысканий при трассировании автомобильных и железных дорог

Одной из классических методик инженерно-геодезических изысканий при трассировании железных дорог является методика, предложенная Райфельдом В. Ф. В частности, в работе [82] выполнены исследования по выбору критериев инженерной оценки местности для организации эффективных условий строительства линейных инженерных сооружений (на примере железных дорог).

Классический подход к технологии проектирования линейных сооружений в монографии [82] может быть представлен в виде блок-схемы, состоящей из трех основных этапов (рисунок 1).

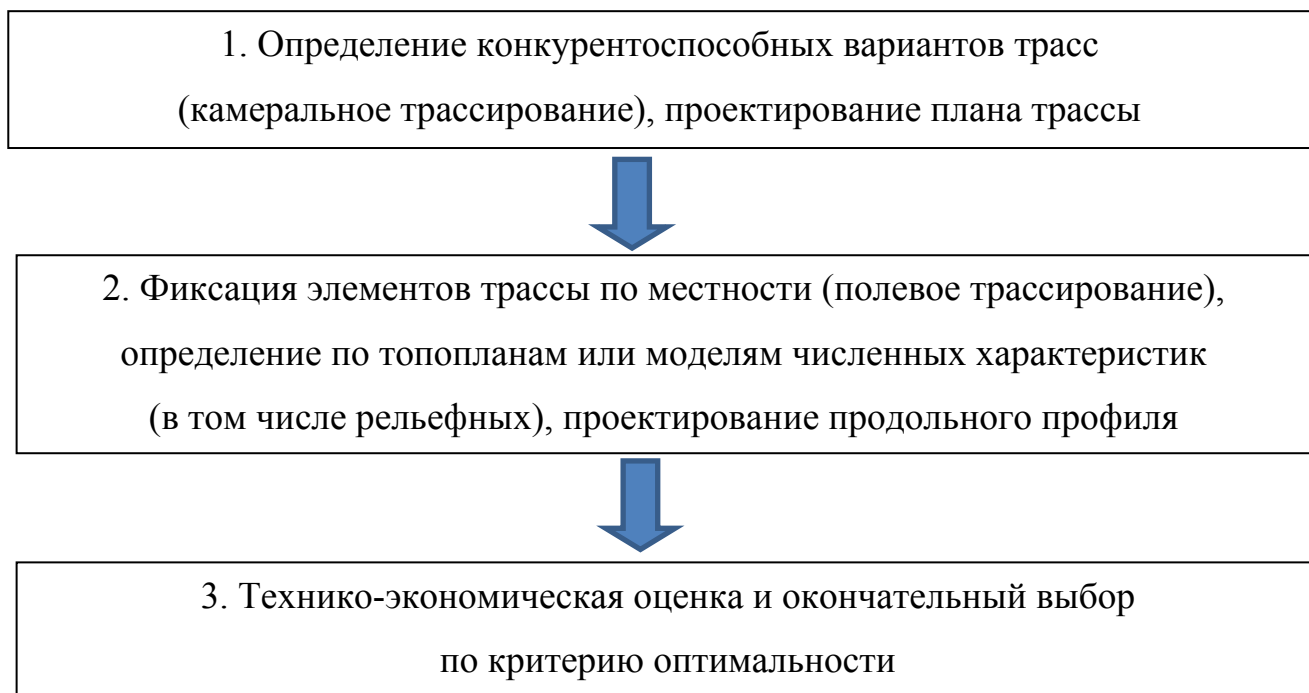


Рисунок 1 – Блок-схема инженерных изысканий

Опыт работы в крупном проектно-институте Западной Сибири, занимающемся изысканием железных дорог, («Сибгипротранс») позволил автору монографии [82] выполнить анализ топографических планов и продольных профилей железнодорожных линий общей протяженностью около 3,5 тыс. км. В первую очередь это касалось железнодорожных линий, таких, как «Новокузнецк – Абакан – Тайшет», «Алтайская – Артышта, Кулунда – Барнаул». С целью инженерной оценки проектирования и строительства подобных железнодорожных линий рекомендуется использовать критерии, представленные в таблице 1.

К традиционному критерию – среднему объему земляных работ на 1 км железнодорожного пути – Райфельд В. Ф. предлагал добавить три морфологические характеристики рельефа. Следует подчеркнуть, что на производстве понятие «ритм рельефа при проектировании и изысканиях трасс линейных сооружений» используется редко. Кроме того, для инженерной оценки местности районов проектирования, изысканий предлагалось использовать среднюю рабочую отметку продольного профиля. С уменьшением общего количества рабочих отметок при анализе продольных профилей трасс железных дорог, объем рабочих отметок по

пикетам остается весьма значительным, поэтому действие закона нормального распределения не подвергалось сомнению.

Таблица 1 – Критерии для оценки проектирования и строительства подобных железнодорожных линий

Рельеф в районе проектирования железной дороги	Характеристика рельефа местности			Критерии	
	средняя расчлененность на профиле, м	ритм рельефа, м	угол наклона	средний объем земельных работ на 1 км ж\д в тыс. м ³	частота размещения труб и мостов по трассе на 1 км
Равнинный	1,5–2,0	500–2 000	До 3°	15–20	3,0–6,0
Холмистый	1,7–6,4	180–830	До 15°	30–50	1,2
Горный	7,0–8,0	200–300	30°	50–90	1,1

В этом случае математическое ожидание случайной величины средней рабочей отметки может быть определено по формуле

$$H = K \left(\frac{\sum H_1 m}{\sum m} \right) + H_{\text{ср}}, \quad (4)$$

где H – средняя рабочая отметка на продольном профиле;

K – размер анализируемого интервала.

H_1 вычисляется по формуле

$$H_1 = H_i - H_{\text{ср}}, \quad (5)$$

где H_1 – интервал рабочей отметки;

m – число рабочих отметок в интервале.

Дисперсия случайной величины для данного случая определяется по формуле

$$\sigma_H^2 = K^2 \left[\frac{\sum H_1^2 \cdot m}{\sum m} - \left(\frac{\sum H_1 \cdot m}{\sum m} \right)^2 \right]. \quad (6)$$

В дальнейшем Райфельдом В. Ф. были выполнены исследования путем сравнения протяженности трасс железных дорог в Сибири и на Кузбассе с математическим ожиданием средней рабочей отметки на продольных профилях этих дорог с дисперсией этой величины и объемом земляных работ на 1 км пути, на основании которых сделал выводы об объективных характеристиках рельефа местности для проектирования изысканий и строительства этих инженерных сооружений [82].

Не отвергая правильность подхода к решению задачи оптимального проектирования железных дорог на основе характеристик инженерной оценки территории, можно подчеркнуть, что далеко не в полном объеме учитываются специфические особенности районов Крайнего Севера: например, наличие участков многолетнемерзлых пород или бугров пучения, особо охраняемых территорий (заповедников, пожароопасных участков, подтапливаемых территорий). Следовательно, эта методика нуждается в развитии и адаптации к районам изысканий.

Некоторые основные принципы назначения точности геодезических измерений при изыскании трубопроводов представлены в работе [85], где относительную среднюю квадратическую погрешность определения длины трубопровода предлагается рассматривать как некую функцию, зависящую от кинетической вязкости жидкости:

$$\frac{m_L}{L} = K_H \sqrt{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{0,25m_v}{v} \right)^2 + \left(4,75 \frac{m_d}{d} \right)^2 + \left(\frac{m_Q}{Q} \right)^2 \right]}. \quad (7)$$

где K_H – коэффициент влияния, а m_L ; m_v ; m_d ; m_Q – средние квадратические погрешности указанных величин.

Можно отметить, что точность геодезических измерений электронным тахеометром, спутниковыми приемниками не стоит жестко привязывать к диаметру трубопровода, так как, например, для трассоискателя или георадара при съемке подземных коммуникаций трубы с малым диаметром определить гораздо слож-

нее, чем магистральный нефте- или газопровод, диаметр которого существенно больше.

Заслуживает значительного интереса ученых-геодезистов и инженеров-проектировщиков таблица 2, в которой отражены рекомендации по нормам точности геодезических измерений для различных типов линейных инженерных сооружений и разных стадий проектирования.

Таблица 2 – Рекомендации по нормам точности геодезических измерений для различных типов линейных инженерных сооружений и разных стадий проектирования

Линейные сооружения	Местность	Стадия проектирования	Допустимые погрешности		
			m_s/s	m_h , м	m_α
Железные дороги	Горная и предгорная, равнинная и пересеченная	ТП	1 : 1 600–1 : 20 000	±0,10	0,3
		ТП	1 : 700	±0,15	1,5
Автомобильные дороги	Горная и предгорная, равнинная и пересеченная	ТП	1 : 2 000–1 : 1 500	±0,13	1,0
		РЧ	1 : 600–1 : 1 200	±0,09	2,0 1,0
Каналы	Равнинная и пересеченная	ТП	1 : 100–1 : 150 1 : 300	±0,10	0,4–0,7
Трубопроводы		ТП	1 : 100–1 : 150	±0,5	6–4
		РЧ	1 : 300	±0,3	2
Воздушные линии электропередачи			1 : 300	±0,20	10

В таблице 2: ТП – типовой проект; РЧ – рабочий чертеж.

Следует подчеркнуть, что эти рекомендации технически устарели, так как на тот период электронные тахеометры и ГНСС технологии не применялись. Автор полагает, что требования к точности геодезических работ при производстве изысканий на нефтегазовых месторождениях Северо-Западной и Восточной Си-

бири должны быть актуализированы в соответствии с разрабатываемыми строительными нормами и правилами.

1.3 Методика инженерных изысканий магистральных нефте- и газопроводов

В монографии Субботина И. Е. [104] достаточно подробно освещены все этапы проектирования и стадии изыскания. Для предварительной оценки сметной стоимости строительства магистральных трубопроводов автор дает характеристику местности по основным пяти регионам: равнинно-холмистый, пустынный, гористый, болотистый и северный. Внутри каждого указанного региона предлагается рассматривать семь топографических участков для проектирования и строительства трубопроводов. Отметим, что в целом такой подход, безусловно, заслуживает внимания проектировщиков и изыскателей. Однако шестой участок, посвященный районам многолетней мерзлоты, рассматривается только как участок с тяжелыми грунтовыми условиями, повышенной заболоченностью, присутствием наледи и совсем не упоминается о буграх пучения «вечной мерзлоты».

В настоящее время, последние встречаются на многих территориях нефтегазовых месторождений. На основе эмпирического подхода Субботин И. Е. вводит удельные веса топографических условий участков местности и определяет базисные нормативы для капитальных вложений в новое строительство трубопроводов, в зависимости от условного диаметра. Эта оригинальная идея может быть по достоинству оценена при составлении смет на производство проектирования, изысканий, обустройства нефтяных месторождений.

В монографии [104] также показано, что исследование влияния масштабов топографических съемок на стоимость инженерных изысканий при проектировании и строительстве инженерных сооружений играет важную роль. За основу взята аппроксимация уравнения связи:

$$C = K_1 M + \frac{K_2}{M_0}, \quad (8)$$

где M – знаменатель масштаба топографической съемки;

K_1 и K_2 – коэффициенты, которые рекомендуется находить по результатам статистических исследований;

M_0 – оптимальный масштаб, он может быть предвычислен по формуле

$$M_0 = \sqrt{K_2/K_1}. \quad (9)$$

Размер коэффициентов зависит от типа инженерного сооружения, района строительства, этапов проектирования. Поэтому корреляционная зависимость между коэффициентами может быть различной. Соответствие минимальной стоимости и оптимального масштаба топоъемки можно охарактеризовать графиком, представленным на рисунке 2.

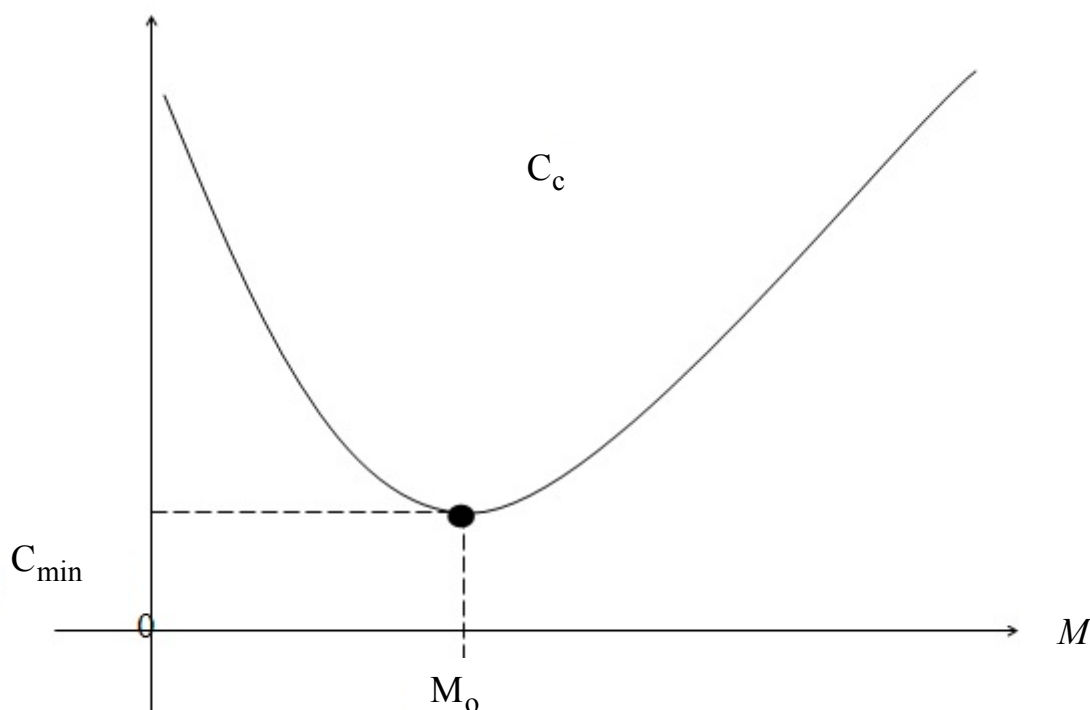


Рисунок 2 – Зависимость оптимальной сметной стоимости (C_c) от оптимального масштаба (M_0)

Для конкретного линейного сооружения при проектировании в сложных условиях местности в качестве оптимальной рекомендуется топографическая съемка с масштабом 1 : 5 000. Следует подчеркнуть, что на территориях нефтегазовых

месторождений, где встречаются многочисленные бугры пучения «вечной мерзлоты», требуется достаточно высокая точность определения границ (0,1–0,2 мм в масштабе съемки), поэтому, исходя из приведенного графика, такого «оптимального» масштаба плана может оказаться недостаточно, требуется выполнение топографических съемок более крупных масштабов.

Для камерального трассирования при отступлении от кратчайшего направления предлагается коэффициент развития трассы, вычисленный по формуле

$$K_T = \frac{h_{\min}}{h_{\text{факт}}} > 1. \quad (10)$$

Предположим, что h уменьшается в случае последовательной замены топографических карт мелкого масштаба на более крупный. В таком случае имеет место зависимость, приведенная на графике (рисунок 3).

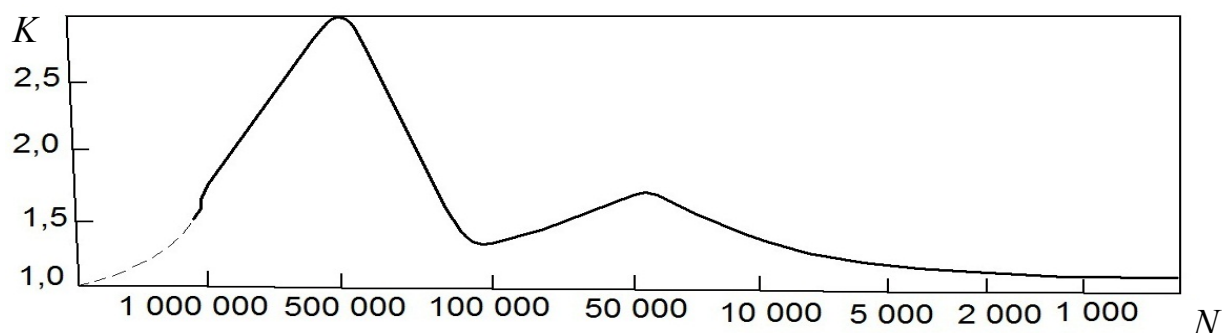


Рисунок 3 – Зависимость масштаба от коэффициента удлинения трассы

Ловягин В. Ф. в работах [63–65] предлагает альтернативные подходы в применении геоинформационных технологий для инженерных изысканий трасс линейных сооружений. В частности, на примере линий электропередачи отмечается, что при таком подходе вынос трассы в натуру происходит без определения мест установки промежуточных опор, т. е. технологическая схема не позволяет учитывать специфику линейного сооружения.

В работе «Математические модели и методы оптимизации в системах проектирования трасс автомобильных дорог» Струченкова В. И. трасса представляет-

ся как гладкая трехмерная кривая, состоящая из элементов заданного вида и удовлетворяющая целому ряду ограничений [103].

Классический подход заключается в переходе от пространственной кривой с характерной зависимостью $f(X; Y; H)$ к двум плоским кривым: плану и продольному профилю трассы. При этом план рассматривается как горизонтальная проекция на плоскость прямоугольных координат $X; Y$. Продольный профиль анализируется как «след сечения» отвесной плоскостью по проектируемой трассе [101, 102].

Изначально проектирование заключалось в поиске оптимального варианта прохождения трассы в плане и по высоте. Успешное решение зависит от множества условий: климатических, геологических, гидрологических, экологических.

В комплексе инженерных изысканий кроме перечисленных условий должны учитываться изменения техногенного характера. Поэтому создание математической модели, в полном объеме отражающей процесс проектирования линейного сооружения, является нетривиальной задачей [44, 45, 47, 48]. Она может быть решена только на основе системного подхода, с применением современных математических алгоритмов, реализованных в соответствующих программных продуктах.

1.4 Инженерно-геодезические изыскания линий электропередачи

Ловягиным В. Ф. в статье [65] предложена иерархическая структура геоинформационной системы, позволяющая оптимизировать процесс проектирования и поиска оптимального варианта прохождения трассы. С использованием методов объектно-ориентированного проектирования на первом уровне ГИС необходимо определять перспективные зоны [67–69]. Подчеркнем, что оптимизацию на этом этапе рекомендуют выполнять только по экономическому критерию, с целью минимизации затрат на строительство проектируемого сооружения, по формуле

$$K_3 \Rightarrow \min F(R(\bar{x})) \left. \vphantom{\min} \right\} \bar{x} \in \bar{x}D \quad (11)$$

где \bar{x} – вектор управляемых пространственных параметров;

D – область, в которой они могут изменяться.

Однако, как показывает практика проектирования, изысканий и строительства магистральных газо- и нефтепроводов, оптимизация по экономическому критерию не лишена недостатков. В качестве примера можно привести перенос трассы магистрального трубопровода Восточная Сибирь – Тихий океан на 400 км в обход Байкала.

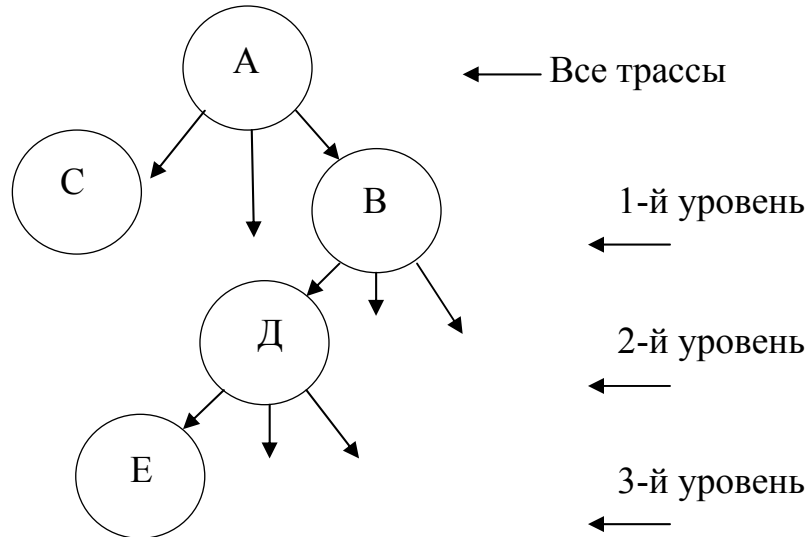
Уже на первом уровне целесообразно оценить возможность возникновения аварийных ситуаций природного характера и их воздействие на окружающую среду (рисунок 4).



Рисунок 4 – Результат взрыва магистрального газопровода

Имеются неточности в интерпретации методологического подхода при переходе от одного иерархического уровня к другому (рисунок 5).

По рисунку не ясно, все ли трассы в множестве A – это нулевой уровень или это трассы, входящие в коридор коммуникаций. В целом отмечается, что методика подтвердила свою эффективность для линий электропередачи длиной в 100 км. Не совсем понятно, какие изменения происходят в методологическом подходе к оптимизации трасс газопровода с длиной трассы, в несколько раз большей или меньшей.



1-й уровень – перспективные зоны; 2-й уровень – перспективные полосы;
3-й уровень – трасса

Рисунок 5 – Иерархические уровни пространства и оптимизации трасс

Кроме того, только на третьем уровне формируется 3D-модель местности и используется база данных.

Автор диссертационного исследования считает, что 3D-модели рельефа могут эффективно использоваться на любом этапе проектирования, и чем раньше эти модели анализируются для прохождения трассы линейного сооружения (а тем более – коридора коммуникаций), тем больше вероятность достижения оптимального результата [12].

Следует отметить, что Ловягин В. Ф. совместно с Комаровым И. В. достигли положительных результатов при проектировании электросреды. С помощью метода динамического программирования разработан алгоритм выбора оптимального варианта трассы.

На основе поиска экстремумов целевой функции для выбора оптимального варианта прохождения трассы воздушной линии (ВЛ) использовалась формула

$$F_i = \sum l_p K_{ij} K_3 M_M, \quad (12)$$

где l_p – отрезок длины трассы, соответствующий ij -квадрату, на которые разбита модель местности;

K_{ij} – комплексный коэффициент удержания;

K_3 – удельная величина капитальных затрат;

M_M – масштаб модели местности.

Масштаб модели местности рекомендуется определить по формуле

$$M_M = l_C M_{TK} 10^{-5}, \quad (13)$$

где l_C – шаг сетки квадратов;

M_{TK} – масштаб топографической карты.

Эту методику можно считать стандартной, так как она базируется на достаточно изученных параметрах: в качестве поиска используется коэффициент трассирования эллипса вставки. В ней рассматривается развитие трассы с последующим переходом к коэффициенту удорожания через матрицу связи.

Заслуживают внимания разработчиков программных продуктов для оптимизации проектирования линий электропередачи (ЛЭП), рекомендации по выбору шага регулярной сетки модели в зависимости от длины трассы и масштабов топографических карт (таблица 3).

На втором иерархическом уровне процесс дискретной оптимизации множества вариантов трассирования полос решается с помощью теории графов. Выбор оптимального варианта трассировочной полосы происходит последовательным определением дуг графа. Процесс носит случайный характер.

Таблица 3 – Выбор шага регулярной сетки модели

Длина трассы по воздушной прямой L_0 , км	Параметры информационных моделей местности (ИММ)	
	Масштаб топографической основы	Шаг сетки, см
Более 30	1 : 25 000	от 4 до 2
От 30 до 100	1 : 25 000–1 : 100 000	4
От 100 до 200	1 : 100 000	2
Менее 200	1 : 100 000–1 : 500 000	2

Математическое ожидание от суммы сроков строительства должно быть минимально:

$$M(t) = \sum_{i=1}^n T_i P_i(t) \Rightarrow \min. \quad (14)$$

Если сроки строительства линейного инженерного сооружения заданы T_3 то, в оптимальном варианте $T_i \leq T_3$.

Вероятность события при этом может быть определена из центральной предельной теоремы:

$$P(T_i \leq T_3) = \frac{1}{2} + F \left(\frac{T_3 - \sum M_t(T_i)}{\sqrt{\sum D(T_i)}} \right), \quad (15)$$

где F – функция Лапсона;

$D(T_i)$ – дисперсия.

Событие, соответствующее вершине графа, вычисляется по формуле

$$\left. \begin{aligned} E(T) = T &= \frac{1}{6}(A + 4M_T + B) \\ M_T(t) &= \left[\frac{1}{6}(B - A) \right]^2 \end{aligned} \right\}, \quad (16)$$

где $M_T(t)$ – наиболее вероятное значение T ;

M_T – математическое ожидание T .

Предполагается, что группа экспертов заранее должна оценить среднюю продолжительность операции n :

$$\left. \begin{aligned} M_{T_{ij}}(t) &= \frac{1}{6}(a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}) \\ D_{T_{ij}}(t) &= \left(\frac{b_{ij} - a_{ij}}{6} \right)^2 \end{aligned} \right\}, \quad (17)$$

где a_{ij} – оптимальная длительность шага;

b_{ij} – максимальная длительность шагов;

m_{ij} – мода (наиболее вероятная длительность).

Критерий относительности определяется для монотонно возрастающей функции линейного параметра трассы.

Не отрицая утверждение Ловягина В. Ф. о решении двух взаимосвязанных задач (оптимизация пространственных параметров трассы и локализация перспективной зоны расположения инженерного сооружения), отметим, что на практике эти задачи решаются по отдельности.

В таблице 4 указано определение отклонения длины ВЛ.

Таблица 4 – Определение отклонения длины ВЛ

Длина линии, км	Количество ВЛ	Пределы отклонений, %
до 1,0	18	-65, +67
от 25 до 25	46	-50, +50
от 25 до 50	42	-32, +49
от 50 до 100	20	-20, +15
от 100 до 200	17	-20, +12
200	16	-30, +19

В работе [64] отмечается, что достоверность определения длины трасс ЛЭП на внестадийных этапах низкая. Длина трассы используется в «электрических» расчетах и автором предлагается точность ее определения повысить в 3–4 раза.

Однако конкретные рекомендации по решению этого вопроса в работе [68] отсутствуют. Вызывают сомнения и утверждения, что «повышение точности линейных изысканий практически не сказывается на повышении точности определения габарита провода» [68].

При этом длина дуги сети определяется по координатам смежных вершин графа, которые в примере определялись графически, с топографической карты масштаба 1 : 25 000. Соответственно, длина вычислялась по формуле

$$l_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}. \quad (18)$$

Средняя квадратическая погрешность определения длины трассировочной полосы находилась в пределах от 0,03 до 0,09 км.

На третьем иерархическом уровне для инженерных изысканий линейных сооружений предлагается строить и использовать 3D-модель местности (на наш взгляд, это является недостатком предлагаемой методики). Для построения цифровой модели местности отображения рельефа предлагается применять поверхности 2-го порядка с шестью неизвестными:

$$a_1ax^2 + a_2y^2 + a_3xy + a_4x + a_5y + a_6 = H. \quad (19)$$

Вместе с тем, справедливо отмечается, что на величину поправок в длину линии ВЛ необходимо обращать особое внимание, так как физическая поверхность Земли не совпадает с плоскостью прямоугольных координат в системе Гаусса – Крюгера.

Взаимосвязь длины линии на местности с соответствующей длиной на плоскости характеризуются формулой:

$$L = L_{пл} - \delta\Delta L_{xy} + \delta\Delta L_H + \delta\Delta L_i, \quad (20)$$

где $\delta\Delta L_{xy}$ – поправка за переход длины линии трассы на плоскости к ее длине на эллипсоиде;

$\delta\Delta L_H$ – поправка за высоту трассы над эллипсоидом;

$\delta\Delta L_i$ – поправка за общий уклон трассы.

Расчеты показывают, что величины поправок $\delta\Delta L_{xy}$ достигают 100 м на 100 км трассы. Можно отметить, что величины этих поправок могут быть уменьшены при существенном увеличении точности линейных измерений и достижениях относительной погрешности:

$$\frac{m_S}{S} < \frac{1}{10\,000}. \quad (21)$$

Задача вполне решается при применении ГНСС-технологий и электронных тахеометров.

1.5 Методика проектирования сети автомобильных дорог на лесозаготовках

Главной целью при проектировании сети лесовозных автомобильных дорог является обеспечение транспортной доступности лесосырьевых баз при соблюдении минимума затрат на строительство дорог [1]. Все влияющие на проектирование факторы предлагается разделить на четыре группы:

- пространственное распределение лесных ресурсов с учетом пород деревьев запасов;
- природно-производственные условия особо охраняемых территорий, различные типы грунтов и т. п.;
- источники строительных материалов, расположение, доступность, характеристики карьеров щебня и песка;
- имеющиеся сети дорог, их состояние и удаленность лесных баз.

В общем виде эта оптимизационная модель выглядит следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} C_{\text{Д}} &= f(c, B, h_{\text{п.ср}}, h_{\text{о.ср}}, E_{\text{гр}}, C_{\Sigma}, l_{\text{о}}, l_{\text{п}}, l_{\text{зп}}, C_{41}, C_{42}, C_{\text{ГМ}}) \rightarrow \min \\ E_{\text{Ф}}(h_{\text{п.ср}}, h_{\text{о.ср}}, E_{\text{гр}}, E_{\text{о}}, E_{\text{п}}, \alpha) &\geq K_{\text{ПР}}^{\text{ТР}} E_{\text{ТР}}(N) \\ h_{\text{п.ср}}, h_{\text{о.ср}} &\geq 0,05 \text{ м} \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

где $C_{\text{Д}}$ – общие затраты на строительство участка дороги, руб.;

c – ширина обочины, м;

B – ширина проезжей части, м;

$h_{\text{п.ср}}$ – средняя толщина покрытия дорожной одежды (ПДО), м;

$h_{\text{о.ср}}$ – средняя толщина основания дорожной одежды (ОДО), м;

$E_{\text{гр}}$ – модуль упругости грунта земляного полотна (ЗП);

C_{Σ} – общая стоимость строительных материалов дорожной одежды, руб.;

$l_{\text{о}}$ – расстояние транспортировки материала ОДО, км;

$l_{\text{п}}$ – расстояние транспортировки материала ПДО, км;

$l_{\text{зп}}$ – расстояние транспортировки материала ЗП, км;

C_{41} – стоимость устройства водопропускных сооружений – труб, руб.;

C_{42} – стоимость устройства водопропускных сооружений – мостов, руб.;

$C_{ГМ}$ – стоимость армирования геоматериалами, руб.;

$E_{Ф}$ – фактический модуль упругости дорожной одежды;

$E_{о}$ – модуль упругости материала ОДО;

$E_{п}$ – модуль упругости материала ПДО;

α – коэффициент упрочнения дорожной одежды при армировании геоматериалами;

$K_{ПР}^{ТР}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба;

$E_{тр}$ – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции;

N – число приложений нагрузки от осей с нагрузкой 10 т.

Управляемыми переменными в данном случае являются: $h_{п.ср}$, $h_{о.ср}$, C_{Σ} , $l_{о}$, $l_{п}$, $l_{зп}$, $C_{ГМ}$, α .

Для определения рентабельности строительства предлагается использовать стоимостный критерий, определенный разностью стоимостей в квартале и стоимостью строительства участка дороги.

Оптимальная сеть строительства автомобильных лесовозных дорог создается в процессе решения задачи Штейнера на сгенерированном графе.

Основным достоинством данной методики является тот факт, что она позволяет на существующие сети дорог добавлять сеть проектируемых с учетом пространства конструктивных элементов, а также предполагаемой рентабельности строительных долгосрочных планов по использованию транспортных средств и маршрутов движения.

1.6 Выводы по первому разделу

Большинство из методик инженерно-геодезических изысканий развивались по двум направлениям: выбор целевой функции с последующей оптимизацией

(как правило, методами динамического программирования) и разработка критериев для составления конкурирующих вариантов трасс. В целом рассмотренные методики успешно решали задачи по организации инженерно-геодезических изысканий при трассировании линейных сооружений XX в. Они обеспечивали производственные организации необходимыми методическими и технологическими рекомендациями.

Однако в начале XXI в. возникли новые задачи при обустройстве нефтегазовых месторождений на севере Западной и Восточной Сибири, появилась острая необходимость в учете новых техногенных рисков: бугров пучения «вечной мерзлоты», например, на Сергинском, Сугмутском, Муравленковском и других месторождениях, а также в предотвращении возникновения провалов в тундре на примере Бованенковского газового месторождения. Рассмотренные же ранее методики не достаточно подробно исследуют технологии проектирования нефтегазопроводов с учетом техногенных рисков.

К детальным исследованиям стоимостных критериев при оптимизации проектов вариантов трасс линейных сооружений, к коэффициенту удлинения трассы относительно кратчайшего варианта целесообразно добавить исследование критериев, учитывающих протяженность пожароопасных участков, коэффициентов, характеризующих соотношение площади нефтегазовых месторождений и количества бугров пучения «вечной мерзлоты», коэффициентов, просто и наглядно отражающих необходимость строительства новых дорог, количество необходимых переходов, полноту транспортных коридоров, коэффициентов, характеризующих влияние техногенных факторов с соответствующей методикой ввода весовых коэффициентов, а также с разработкой приборных комплексов, позволяющих одновременно выполнять несколько видов инженерных изысканий. Решению этих вопросов будут посвящены дальнейшие исследования.

2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РАЙОНАХ С БУГРАМИ ПУЧЕНИЯ «ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ»

2.1 Разработка системы классификации нефтегазовых месторождений с учетом их площади и наличия бугров пучения

С конца XX в. начала XXI в. топливно-энергетический комплекс Российской Федерации выполняет большой объем инженерных изысканий для обустройства и эксплуатации нефтегазовых месторождений на Крайнем Севере. На целом ряде территорий возникают новые природные и техногенные риски, которые ранее не встречались или были чрезвычайно редким явлением [25, 73, 74]. К таким природным особенностям, объективно осложняющим инженерно-геодезические работы, обеспечивающие проектирование, строительство и эксплуатацию инженерных сооружений, можно отнести наличие на месторождениях многолетнемерзлотных пород со спорадическим распространением, а также бугров пучения [7, 22, 31, 32].

Например, на территориях Муравленского, Суторминского, Сугмутского месторождений встречаются многочисленные бугры пучения «вечной мерзлоты».

В научно-популярной и технической литературе имеется полезная информация для специалистов, занимающихся проектно-изыскательской деятельностью. Так, в Большой советской энциклопедии (3-е изд., Т. 4, 1971 г.) бугры пучения «вечной мерзлоты» относят к мерзлотным формам рельефа, имеющим преимущественно округлую форму. Природа их возникновения и изменения геометрических параметров недостаточно изучена. Ученые объясняют возникновение бугров пучения «вечной мерзлоты» локальным накоплением льда и постоянным промерзанием сильно увлажненных горных пород.

Принимая во внимание, что в 2016 г. в атмосфере Земли зафиксировано рекордное накопление углекислого газа за все годы наблюдений, при современном

изменении климата (глобальном потеплении) смоделировать процессы, происходящие на поверхности Земли и внутри бугров, достаточно сложно. Однако еще в 1976 г. специалисты инженерной геологии Советского Союза подчеркивали, что бугры пучения «вечной мерзлоты», расположенные на севере Западной Сибири, при подтаивании сильно увлажняются, для них характерна большая сжимаемость с достаточно слабой несущей способностью. Сами бугры и породы вокруг них могут давать не только существенные осадки, но и образовывать озера или так называемые «западины» [24, 25].

Пример такого природного явления – бугор пучения «вечной мерзлоты» в районе изысканий – представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Пример бугра пучения «вечной мерзлоты» на одном из месторождений Западной Сибири

Не постоянное, а островное распространение многолетнемерзлых пород, в том числе в виде подобных бугров, при определенных условиях изменения климата может представлять существенную угрозу не только при строительстве инженерных сооружений, занимающих значительную территорию, таких, как установки подогрева нефти, дожимные насосные станции, но и для линейных сооружений, например магистральных газопроводов, нефтепроводов, линий электропе-

редачи и т. п. Низкие среднегодовые температуры около минус 1°C поддерживаются на крупных незалесенных буграх пучения «вечной мерзлоты» (возвышаются над заболоченными территориями до 5 м и более). В случае активного, неравномерного подтаивания бугров пучения «вечной мерзлоты» могут возникать разнонаправленные деформации инженерных сооружений, в том числе и линейных коммуникаций. Зафиксированы случаи падения столбов линий электропередачи, порывы нефтепроводов и водоводов, а также другие опасные явления, представляющие угрозу для стабильной эксплуатации целого ряда нефтегазовых месторождений. Однако влияние этих факторов может быть существенно ослаблено при качественно выполненных инженерно-геодезических изысканиях на этапах проектирования и геодезического обеспечения строительства и эксплуатации инженерных сооружений [61]. Отметим, что инженерные изыскания все чаще приходится выполнять в районах Крайнего Севера, в ареале распространения бугров пучения. Один из таких районов представлен на рисунке 7.



Условные обозначения:





-  действующие гидрометеорологические посты
-  район изысканий
-  граница ЯНАО
-  граница Тюменской области

Рисунок 7 – Район инженерных изысканий

Предварительное обследование таких территорий для подготовки комплекса инженерных изысканий целесообразно выполнять по снимкам, полученным со спутников. Специалисты в области дистанционного зондирования могут не только различить скопления бугров пучения «вечной мерзлоты», но и определить их «плотность» распространения с целью поиска свободных участков территории для проложения трасс коридоров коммуникаций [10]. Несмотря на постоянное совершенствование методик и технологий распознавания космических снимков и данных беспилотных летательных аппаратов, эти процессы являются достаточно трудоемкими и очень ответственными. Фрагмент космоснимка границ Сугмутского месторождения с буграми пучения представлен на рисунке 8.

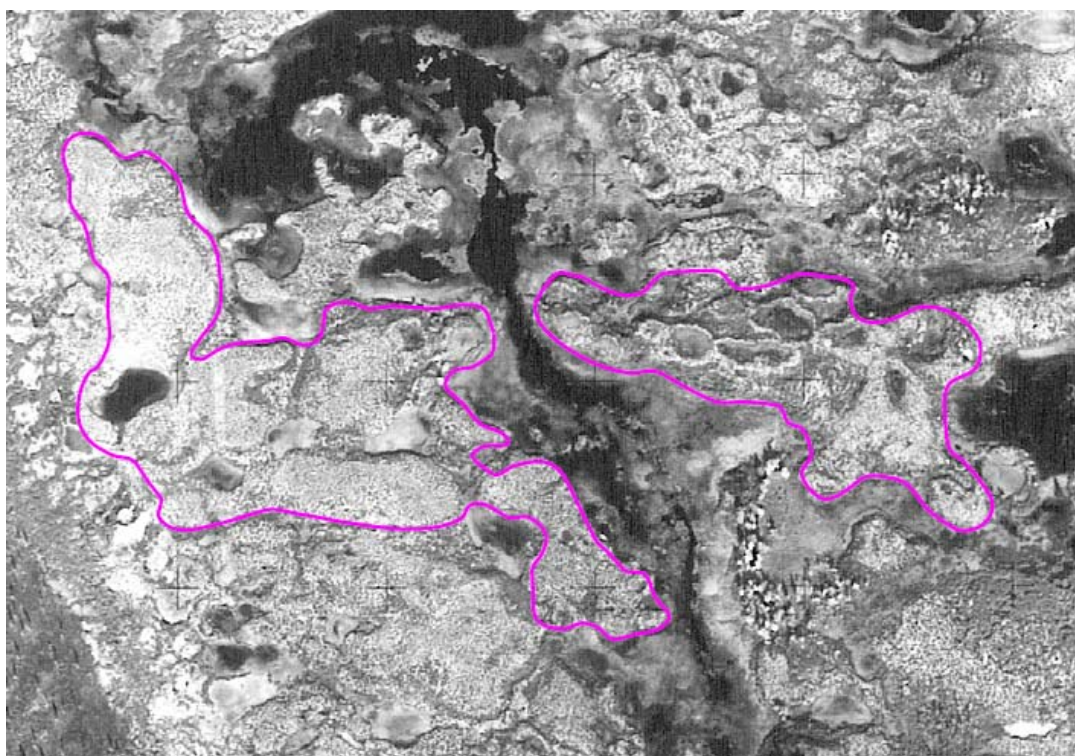


Рисунок 8 – Фрагмент космоснимка границ Сугмутского месторождения с буграми пучения

При проектировании трасс линейных сооружений в районах Крайнего Севера, подверженных техногенным рискам, для обоснования точности определения пространственного положения трассы в качестве приоритетных показателей не-

обходимо учитывать количество бугров пучения «вечной мерзлоты» и характер их распределения в пределах всей площади месторождения [11].

Для повышения уровня безопасности эксплуатации нефтегазопроводов в районах Крайнего Севера предлагается в соответствии с разработанной системой классификации месторождений, представленной на рисунке 9, актуализировать требования СНиП в отношении назначения точности геодезических измерений при выполнении изысканий [88, 89].



Рисунок 3 – Классификация нефтегазовых месторождений в районах Крайнего Севера

2.2 Совершенствование методики выбора оптимального варианта трасс линейных коммуникаций

Определив границы расположенных близко друг к другу бугров пучения, коридор линейных коммуникаций, необходимых для обустройства Сугмутского месторождения, проектировали с учетом требований действующих сводов правил (СП). К недостаткам этих требований можно отнести отсутствие конкретных показателей по расположению коридора. Имеются лишь общие рекомендации, например пункт 3.12 строительных норм гласит: «При выборе трассы для подземных трубопроводов на вечномерзлых грунтах следует по возможности избегать участков с подземными льдами, наледями и буграми пучения, проявлениями тер-

мокарста, косогоров с льдонасыщенными, глинистыми и переувлажненными пылеватými грунтами. Бугры пучения следует обходить с низовой стороны» [29].

В пункте 2.8 ВСН 84-89 [29], нормирующем изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог на территориях с распространением «вечной мерзлоты», указано, что при трассировании необходимо обходить участки с неблагоприятными мерзлотными и грунтово-гидрогеологическими условиями (в том числе крупные бугры и гряды пучения). При этом отсутствуют характеристики, по которым можно было бы отличать крупный бугор пучения от среднего или небольшого.

В нормах для изысканий, проектирования и строительства железных дорог в п. 2.12 ВСН 84-89 читаем: «следует избегать укладки трассы и размещения отдельных сооружений на участках с распространением ... бугров пучения, с бессточными заболоченными понижениями местности, на косогорных участках с льдонасыщенными глинистыми и переувлажненными пылеватými грунтами. Мощные бугры пучения следует, как правило, обходить с низовой стороны» [29].

При строительстве магистральных и промысловых трубопроводов необходимо руководствоваться пунктом 3.7 ВСН 014-89 : «при выборе трасс и площадок в зоне вечномерзлотных грунтов под сооружения следует избегать участков с широким распространением бугров пучения, бугристых торфяников» (ВСН 014-89. Ведомственные строительные нормы. – Введ. 1989-07-012; Миннефтегазстрой. – М. : ВНИИСТ, 1989. – 49 с.). Возникает вопрос: «широкое» распространение – это какое? Такие положения действующих сводов правил (актуализированных редакций строительных норм и правил) не могут удовлетворять потребности инженеров-геодезистов изыскателей и проектировщиков. Они испытывают острую необходимость в конкретных рекомендациях для разработки оптимальных проектных решений и их реализации при обустройстве нефтегазовых месторождений в районах Крайнего Севера.

Результатом таких неудачных рекомендаций являются неоптимальные проектные решения при выносе трасс трубопроводов в натуру. Очевидно, что необ-

ходимо учитывать также другие показатели. Например, важными характеристиками трубопроводов, влияющими на их пространственное положение, являются диаметр и назначение. В частности, недопустимо прокладывать трубопровод диаметром 426 мм в непосредственной близости от подошвы бугра пучения «вечной мерзлоты», так как это способствует возникновению аварийных ситуаций. Пример вынужденного обхода бугра пучения из-за неправильного расположения общего коридора коммуникаций при изысканиях магистрального газопровода на Сугмутском месторождении показан на рисунке 10.



Рисунок 10 – Пример выбора трассы газопровода
вблизи бугра пучения «вечной мерзлоты»

Для анализа ситуации на территории инженерных изысканий, в выработке предпроектных решений на разных стадиях проектирования многие годы успешно и эффективно используются материалы дистанционного зондирования, полученные в результате аэрофотосъемки или при обработке космических снимков. В последние годы в технологию проведения инженерно-геодезических изысканий

активно внедряются новые методики воздушного сканирования, в том числе беспилотными летательными аппаратами и наземного лазерного сканирования. Последние позволяют при сокращении временных затрат на полевые геодезические работы получить 3D-модели рельефа местности и объектов инфраструктуры.

При участии автора диссертационного исследования были выполнены инженерно-геодезические изыскания для разработки проектной документации по объекту «Магистральный газопровод "Сахалин – Хабаровск – Владивосток", линейный участок Приморский край, г. Артем». На этапе предпроектной проработки вариантов трассы газопровода (камеральное трассирование) использовались мелкомасштабные карты 1 : 100 000 (рисунок 11). Для нескольких вероятных вариантов прохождения трасс на мелкомасштабных картах были определены: протяженность каждого из вариантов, обеспеченность проектируемых вариантов путями сообщения, число пересекаемых крупных рек, длина геодезической (прямой) линии.

Топографические карты масштаба 1 : 100 000 служили для установления главных ориентиров малообжитой территории – населенных пунктов, развилок дорог, геодезических знаков, рек, других водных объектов. С учетом объектов гидрографии уже на топографических картах более крупных масштабов происходило наложение линий вариантов трассы.

При проектировании вариантов трасс задаются начальный и конечный пункты, а также несколько «обязательных» промежуточных пунктов, именно через них должны быть проложены все рассматриваемые варианты трассы, в нашем случае – газопровода. Идеальный вариант сочетает в себе минимальную протяженность проектируемой линии с включением обязательных точек.

Традиционно общую минимальную длину трассы получают путем соединения прямолинейных отрезков. Как правило, после камерального трассирования по устаревшим топографическим картам, с учетом изменившихся топографических, геологических и других условий, линия трассы в той или иной степени отклоняется от кратчайшего направления.

На рисунке 11 представлена обзорная карта с «генеральным» направлением трассы магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток».



Рисунок 11 – Обзорная схема

«Магистральный газопровод "Сахалин – Хабаровск – Владивосток"»

Кратчайшая линия (в технической литературе ее еще называют геодезической) на практике необязательно представляет собой оптимальный маршрут проектируемой трассы трубопровода. На этапе камерального трассирования выбирают возможные варианты по «воздушной трассе», т. е. пространственной ломаной линии, соединяющей прямыми отрезками точки, через которые в обязательном

порядке целесообразно проложить трассу трубопровода. В нашем случае такими точками являются:

- газораспределительные станции, нефтебазы, дожимные насосные станции и т. п.;
- переходы крупных рек, где по техническим условиям осуществления перехода или же по условиям согласования с заинтересованными организациями выделяется определенный створ для пересечения;
- границы площадей горных разработок, заповедников, различных объектов и т. п.

Следует подчеркнуть, что перечисленные объекты окончательно определяются только в процессе производства полевых изысканий.

Камеральный и полевой поиск оптимального варианта «укладки» трассы с минимальным ее удлинением (при обходе препятствий) относительно воздушной линии всегда является основной задачей трассирования линейного сооружения.

Одна из особенностей проектируемого магистрального газопровода состояла в том, что объект находился в районе со сложной тектонической структурой. Это требовало детального изучения геолого-тектонических карт района. Необходимо избегать прокладки трассы трубопровода вдоль тектонических контактов, по которым обычно возникают оползни, обвалы и другие неблагоприятные физико-геологические процессы. Кроме того, геологические и тектонические карты района позволяют выбрать наиболее благоприятные участки пересечения тектонических структур, линий сбросов, сдвигов и т. п. Сложность тектонического строения той или иной области или района устанавливается при изучении общей геологической карты; тектонические карты лучше брать средних и крупных масштабов, так как на них будут отражены и основные, и второстепенные элементы тектоники.

В последние годы для сбора информации о местности и объектах на ней активно применяются цифровые технологии, среди них в первую очередь отметим методы лазерной локации и многолучевого эхолотирования [32].

Еще одна особенность инженерных изысканий на данном объекте – применение метода воздушного лазерного сканирования. Это современный и эффективный метод получения топографо-геодезической информации о рельефе и ситуации в проектируемых районах. В перспективе воздушное и наземное лазерное сканирование будут играть все более важную роль не только при организации экологического или инженерно-геодезического мониторинга, но и при выполнении инженерно-строительных изысканий на разных стадиях проектирования инженерных сооружений, в первую очередь – линейных.

На территории Сибири и Дальнего Востока трассы трубопроводов проектируются в малообжитой, заболоченной, а иногда и в горно-таежной местности. В этом случае метод воздушного сканирования наиболее полезен. В работе [15] показано, что средняя квадратическая ошибка (СКО) планового положения точек лазерных отражений при воздушном сканировании зависит главным образом от двух факторов:

- инструментальной ошибки воздушного сканера;
- ошибки определения траектории летательного аппарата.

В этой же работе выполнен предварительный расчет точности СКО определения планового положения контурной точки при максимальном удалении базовой станции от района изысканий на 50 км. Величина ошибки может быть определена следующим образом:

$$m_{XY} = \sqrt{(m_{XY_{scan}})^2 + (m_{XY_{tr}})^2} = \sqrt{(328)^2 + (85)^2} = 339 \text{ мм}, \quad (23)$$

где $m_{XY_{scan}}$ – инструментальная ошибка сканера при высоте залета 1 000 м;

$m_{XY_{tr}}$ – СКО определения точек траектории летательного аппарата.

Таким образом, СКО составила примерно 0,34 м, что является допустимым для топографических объектов местности при создании топографических планов масштаба 1 : 2 000, т. е. требования [89] можно считать выполненными.

СКО точек лазерных отражений по высоте может быть определена по следующей формуле:

$$m_h = \sqrt{(m_{h_{scan}})^2 + (m_{h_{tr}})^2}, \quad (24)$$

где $m_{h_{scan}}$ – СКО определения точек траектории по высоте летательного аппарата, не зависящая от расстояния между базовой станцией и летательным аппаратом;

$m_{h_{tr}}$ – СКО, зависящая от расстояния между летательным аппаратом и базовой станцией.

Величина предварительно вычисленной ошибки высотного положения в нашем случае составила 165 мм, что также удовлетворяет требованиям инструкции для топографических планов масштаба 1 : 2 000, при высоте сечения 1 м. Анализ инженерно-геодезических изысканий для разработки проектной документации на магистральный газопровод «Восточная Сибирь – Тихий океан» показал, что минимальная протяженность проектируемой трассы не всегда является основанием для выбора ее в качестве наиболее оптимальной.

Для комплексного оценивания природных и техногенных условий инженерно-геодезических изысканий при выборе оптимального варианта трассы по каждому конкурирующему варианту предложено использовать следующие показатели: длина коридора коммуникаций, удлинение трассы относительно кратчайшей прямой, суммарная протяженность отводов от основной магистрали; количество пересекаемых водотоков; количество пересекаемых железных, шоссейных и грунтовых дорог; качество и протяженность дорог, вдоль которых прокладывается трасса; длина участков трассы, вдоль которых требуется строительство новых подъездных дорог; средняя дальность доставки труб от пунктов выгрузки и складирования; протяженность заболоченных участков; протяженность пожароопасных, скальных или других неблагоприятных участков.

Для обоснования выбора оптимального варианта трассы трубопроводов в районах Крайнего Севера предложено учитывать дополнительный показатель, характеризующий количество бугров пучения «вечной мерзлоты» на нефтегазовом

месторождении. В этом случае оптимальным вариантом прохождения коридора коммуникаций предложено считать тот, при котором выполняется условие:

$$\begin{aligned} & \frac{L_{R_{\min}}}{L_R} p_1 + \frac{S_{sg_{\min}}}{S_{sg}} p_2 + \frac{S_{b_{\min}}}{S_b} p_3 + \frac{K_{v_{\min}}}{K_v} p_4 + \frac{K_{d_{\min}}}{K_d} p_5 + \frac{K_{gd_{\min}}}{K_{gd}} p_6 + \frac{K_{nd_{\min}}}{K_{nd}} p_7 + \\ & + \frac{C_{drt_{\min}}}{C_{drt}} p_8 + \frac{P_{b_{\min}}}{P_b} p_9 + \frac{K_{bpm_{\min}}}{K_{bpm}} p_{10} + \frac{P_{o_{\min}}}{P_o} p_{11} + \frac{P_{rem_{\min}}}{P_{rem}} p_{12} \Rightarrow \max, \end{aligned} \quad (25)$$

где L_R – длина коридора коммуникаций; S_{sg} – протяженность трассы по сухим грунтам; S_b – протяженность трассы по болотам; K_v – количество пересекаемых водотоков; K_d – количество пересекаемых шоссе и грунтовых дорог; K_{gd} – количество пересекаемых железных дорог; K_{nd} – длина участков трассы, вдоль которых требуется строительство новых или временных дорог; C_{drt} – средняя дальность доставки труб от пунктов выгрузки и складирования; P_b – протяженность заболоченных участков; K_{bpm} – количество бугров пучения; P_o – протяженность пожароопасных, скальных или других неблагоприятных участков; P_{rem} – протяженность дорог, требующих ремонта; p_1, p_2, \dots, p_{12} – весовые коэффициенты, характеризующие влияние каждого показателя на выполнение условия (25); \min означает минимальное значение соответствующего показателя для рассматриваемых вариантов трассы.

Количество показателей в формуле (25) может изменяться в зависимости от типа инженерного сооружения, природных и техногенных факторов. Поиск оптимального варианта прохождения трассы в каждом случае осуществляется по определенной группе показателей. Так, для линейного участка магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» сравнение трех вариантов предполагаемого прохождения трассы проведено по 10 показателям. Результаты расчетов, выполненных по формуле (25), представлены в таблице 5.

Результаты сравнительного анализа трех вариантов трассы показали, что максимальное значение получено для варианта № 3, когда магистральный газопровод проектируется вдоль железной дороги, следовательно, данный вариант является наиболее оптимальным по отношению к другим конкурирующим.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа трех вариантов трассы магистрального газопровода

Показатель конкурирующего варианта трассы	Влияние показателей трассы		
	1-й вариант – трасса минимальной длины	2-й вариант – трасса максимально приближена к железной дороге	3-й вариант – положение трассы вдоль железной дороги
Общая протяженность трассы, км	1,00	0,97	0,91
Протяженность по сухим грунтам, км	1,00	0,94	0,89
Протяженность по болотам, км	0,12	1,00	1,00
Количество пересекаемых мелких рек	1,00	0,80	0,80
Количество пересекаемых средних рек	1,00	1,00	1,00
Количество пересекаемых железных дорог	1,00	1,00	1,00
Количество пересекаемых шоссе и грунтовых дорог	0,90	1,00	0,94
Средняя дальность доставки труб и материалов, км	0,36	0,59	1,00
Длина участков, вдоль которых требуется строительство новых и временных дорог, км	1,00	0,97	0,91
Протяженность дорог, требующих ремонта, км	0,03	0,04	1,00
Суммарное влияние всех показателей	7,41	8,31	9,45

В некоторых случаях влияние особо значимых показателей при сравнении вариантов трасс необходимо усиливать весовыми коэффициентами.

При проектировании и изыскании трасс линейных сооружений на конкретной территории нередко возникают специфические критерии. В районах Западной Сибири, имеющих большую заболоченность и множественные притоки великих сибирских рек, для коридоров коммуникаций большое значение имеет протяжен-

ность затапливаемых в паводок участков, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке возможны пожароопасные участки. На этих обширных территориях для проектирования и поиска оптимального варианта могут успешно применяться материалы воздушного сканирования.

На рисунке 12 приведен фрагмент трассы газопровода по данным воздушного сканирования.

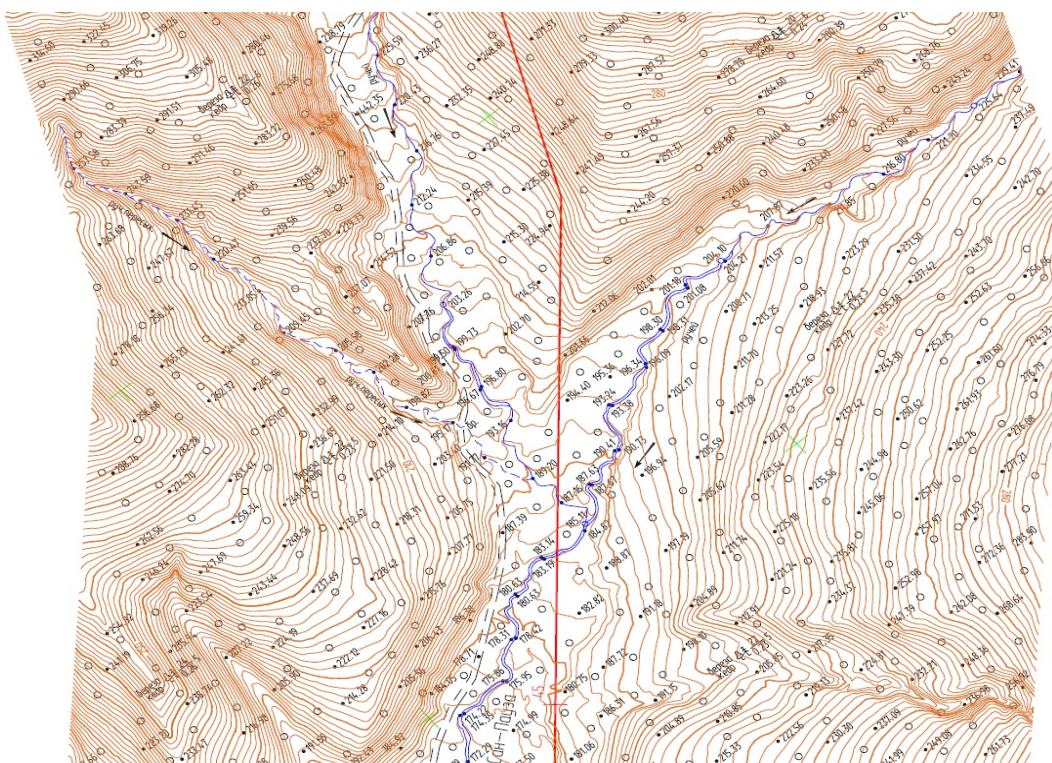


Рисунок 12 – Фрагмент трассы газопровода по данным воздушного сканирования

Например, в нашем случае важнейшую роль при выборе оптимального варианта трассы газопровода сыграла необходимость учета проектирования трассы в лесах, близких к заповедным, а также задача обеспечения пожарной безопасности строительства и эксплуатации трассы. На рисунке 13 показано прохождение трассы через лесные угодья.

Рассмотренный пример выбора оптимального варианта проектируемой трассы показывает, что кратчайшее направление – не самое оптимальное для строительства. На стоимость строительства влияет целый ряд факторов, причем

стоимость строительства не всегда является определяющей, особенно если существует вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций или существенная экологическая опасность в районе изысканий.



Рисунок 13 – Прохождение трассы через лесные угодья

Современные инновационные технологии, воздушное и наземное лазерное сканирование в совокупности с геоинформационными системами позволяют вести оптимальное проектирование трасс линейных сооружений, при этом необходимо разработать методические рекомендации по применению указанных методов и отразить их в соответствующей нормативной литературе.

2.3 Разработка рекомендаций, регламентирующих точность геодезических измерений при выполнении инженерно-геодезических изысканий на нефтегазовых месторождениях в районах Крайнего Севера

Если на нефтегазовом месторождении имеется значительное количество бугров пучения «вечной мерзлоты», а коридоры коммуникаций включают несколько составляющих, то их пространственное размещение становится затруднительным. Возникает необходимость более точного местоопределения осей инженерных сооружений. Таким образом, актуализируется задача назначения точности геодезических измерений при изысканиях линейных сооружений на территориях, подверженных техногенным рискам. Решение может быть достигнуто, если точность измерений назначать по коэффициентам, учитывающим число бугров пучения на 1 км^2 , общую площадь месторождения, качественные показатели коридора коммуникаций, диаметр трубы газопроводов, мощность линии электропередачи и т. п.

Для территорий нефтегазовых месторождений с буграми пучения «вечной мерзлоты» рекомендуется при назначении точности геодезических измерений использовать коэффициент проектирования, вычисляемый по формуле

$$k = \frac{S_{bpm}}{S}, \quad (26)$$

где S_{bpm} – площадь месторождения, занятая буграми пучения; S – общая площадь нефтегазового месторождения.

В случае, если на нефтегазовом месторождении бугры пучения отсутствуют, то, согласно формуле (2), $k = 0$, и точность геодезических измерений на этапе изысканий может соответствовать стандартной, указанной в СП [89, 92] ($f_{\beta} = 1' \sqrt{n}$; $f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L}$ (км), где n – количество углов хода по трассе; L – длина хода). Однако на некоторых месторождениях соотношение площади, занятой буграми пучения в районе работ, к общей площади месторождения достигает 50 % и более. В таких случаях целесообразно повысить точность создания планово-

высотного обоснования. В таблице 6 показана рекомендуемая точность геодезических измерений при выполнении инженерных изысканий на трех месторождениях в зависимости от наличия бугров пучения.

Таблица 6 – Рекомендуемая точность геодезических измерений при выполнении изысканий на северных месторождениях

Месторождение	Общая площадь, км ²	Характер распределения бугров пучения по месторождению	Площадь бугров пучения от общей площади месторождения, %	Диаметр трубопровода, мм			Рекомендуемая точность планово-высотного обоснования
				водовод	газопровод	нефтепровод	
Муравленковское	26	Неравномерное распределение	58	114	273	57	$f_{\beta} = 30''\sqrt{n}$, $f_h = 20 \text{ мм}\sqrt{L} \text{ (км)}$
				168	325	114	
Суторминское	68	Неравномерное распределение	46	219	426	159	$f_{\beta} = 30''\sqrt{n}$, $f_h = 20 \text{ мм}\sqrt{L} \text{ (км)}$
				273	530	219	
Сугмутское	31	Равномерное распределение	38	300	720	273	$f_{\beta} = 1'\sqrt{n}$, $f_h = 50 \text{ мм}\sqrt{L} \text{ (км)}$
				1 000	1 200	400	

При определении превышений на территории, не очень загруженной буграми пучения «вечной мерзлоты», достаточно точности технического нивелирования:

$$f_h = 50 \text{ мм}\sqrt{L(\text{км})}. \quad (27)$$

Однако на некоторых нефтегазовых месторождениях процентное соотношение площади, занятой буграми пучения «вечной мерзлоты», и общей площади месторождения достигает 50 % и более. В таких случаях целесообразно увеличить точность определения высот и превышений. Рекомендуемые значения точности геодезических измерений при выполнении инженерных изысканий в зависимости от наличия бугров пучения «вечной мерзлоты» и характеристик коридора коммуникаций для трех месторождений представлены в таблице 6.

Другим важным фактором, влияющим на пространственное положение коридора коммуникаций, является диаметр трубопровода и его назначение. Прокла-

дывать нефтепроводы непосредственно по подошве бугра пучения «вечной мерзлоты» недопустимо, так как это способствует возникновению аварийных ситуаций. Отметим, что для безопасной эксплуатации коридора линейных коммуникаций важно знать не только пространственные размеры бугра пучения на земной поверхности, но и его подземные параметры. Эта задача может быть успешно решена при совместном эффективном использовании в инженерно-геодезических изысканиях постоянно действующих спутниковых станций (ГЛОНАСС/GPS-технологии), с привязкой съемки, выполненной георадарами типа SIR-2, либо глубинного сканера «Golden King DPR Plus» с построением 3D-модели подземного пространства непосредственно в полевых условиях [12].

При выполнении инженерных изысканий линейных коридоров коммуникаций и особенно площадных сооружений на нефтегазовых месторождениях с большим числом бугров пучения «вечной мерзлоты» становится весьма актуальной и задача определения площади месторождений с необходимой точностью, позволяющей оптимально размещать объекты на заданной территории с минимизацией техногенных рисков.

В работе [14] показано, что средняя квадратическая ошибка определения площади по пространственным координатам, полученным из ГНСС-технологий, может быть вычислена по формуле

$$m_{S_{\Delta}} = \sigma_0 \sqrt{f P_{\Delta}^{-1} f^T}, \quad (28)$$

где $P_{\Delta} = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{\Delta i}^2}$ – веса приращений координат ΔX_{ij} , ΔY_{ij} , ΔZ_{ij} ;

f – вектор, вычисляется по формуле

$$f_{1 \times 9} = (S_{\delta} - S_{\Delta})_{1 \times 9}, \quad (29)$$

где $(S_{\delta})_{1 \times 9}$ – площадь пространственного треугольника;

$$\frac{1}{P_p} = f_p P^{-1} f_p^T; \quad (30)$$

$$f_p = (S_\delta - S) / \delta, \quad (31)$$

где S_δ – возмущенное значение площади, вычисленное по координатам.

$$X_\delta = (x_{\delta,1}; y_{\delta,1}; \dots; x_{\delta,t}; y_{\delta,t})^T, \quad (32)$$

где

$$\left. \begin{aligned} (x_{\delta,t})_i &= (x_t)_i + F_{t,i} \\ F &= (A^T P A)^+ A^T P \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

Анализ результатов вычислений оценки точности нуль-свободных геодезических сетей по программе `pargri.exe`, разработанной в [10], показал, что ошибка положения пункта в 1 мм приводит к средней квадратической погрешности в определении площади типовых фигур до 10 см². Следовательно, при значительном числе определяемых пунктов геодезического обоснования и на больших по площади нефтегазовых месторождениях Западной Сибири ошибки могут возрастать на порядок. Поэтому необходимо внимательно относиться к предвычислению измерений в геодезических сетях для достижения требуемой точности при определении площади месторождений, подверженных техногенным рискам и содержащих многочисленные бугры пучения «вечной мерзлоты».

Объективная оценка природных и техногенных рисков территории строительства в районах Крайнего Севера может быть получена в результате комплексных инженерно-геодезических изысканий. Основу таких изысканий составляют ГЛОНАСС/GPS-технологии, георадарные исследования, геоэлектрическое профилирование с 3D-визуализацией отдельных этапов изысканий.

Задачи геодезического обеспечения обустройства и развития нефтегазовых месторождений Сибири в настоящее время приходится решать в районах Крайнего Севера в условиях, связанных с необычными проявлениями многолетнемерзлых пород.

2.4 Анализ инженерно-геодезических изысканий при обустройстве Сергинского месторождения

В административном отношении район изысканий расположен в Ханты-Мансийском автономном округе – Югра, на землях лесного фонда (эксплуатационные леса Сергинского участкового лесничества).

Сергинское месторождение (рисунок 14) расположено в Октябрьском районе, в 25 км к северо-востоку от города Нягани и на 31 км северо-западнее ближайшего Каремпостского месторождения в пределах Назымского нефтегазоносного района. Географическое положение территории определяет ее климатические особенности.

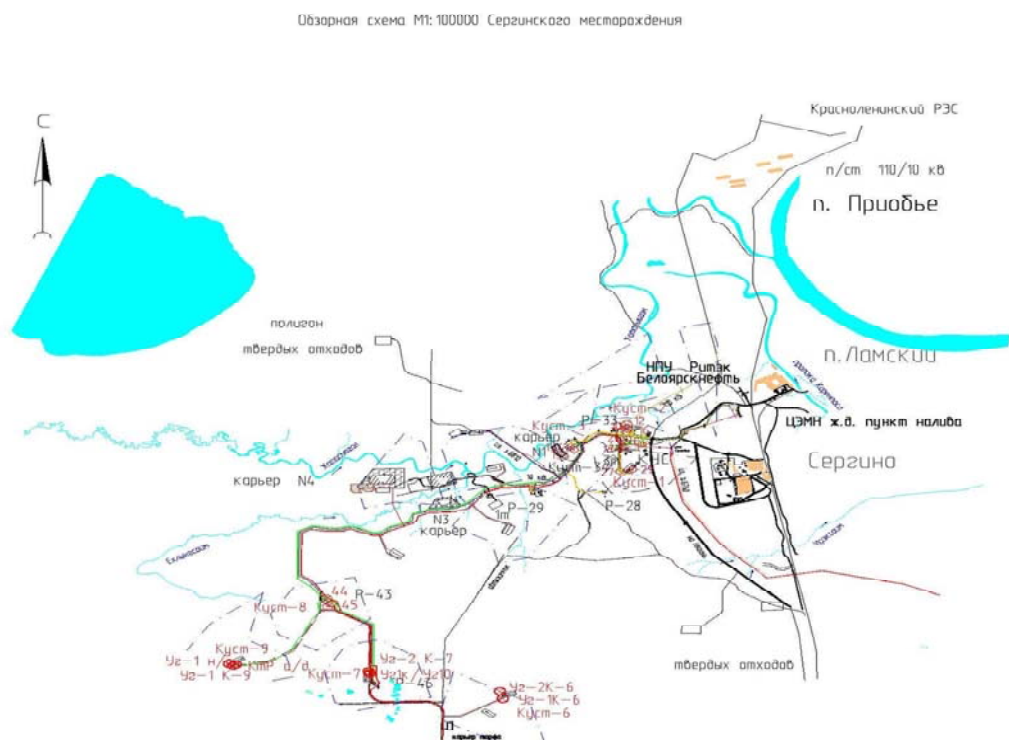


Рисунок 14 – Обзорная схема Сергинского месторождения

Климат данного района резко континентальный. Зима суровая, холодная и продолжительная. Лето короткое, теплое. Короткие переходные сезоны – осень и весна. Наблюдаются поздние весенние и ранние осенние заморозки, резкие колебания температуры в течение года и даже суток. Абсолютный минимум температуры приходится на декабрь (минус 49° С), абсолютный максимум – на июль (35° С).

В геолого-литологическом строении на данной территории прослеживаются отложения верхнечетвертичного возраста, представленные суглинками различной консистенции, песками мелкими и пылеватыми, перекрытыми органоминеральными образованиями, – торфами с преобладающей мощностью до 4 м. Наблюдаются техногенные грунты и грунты сезонного слоя промерзания. Грунты, залегающие в зоне сезонного промерзания – оттаивания, обладают свойствами морозного пучения.

В качестве особенностей инженерно-геодезических изысканий на севере Западной Сибири, на территориях с встречающимися буграми пучения «вечной мерзлоты», следует отметить необходимость оптимального сочетания линейных и площадных изысканий. Только в этом случае появляется возможность обеспечения строительства и эксплуатации инженерных сооружений с минимальными рисками воздействия на них техногенных факторов.

Для создания планово-высотного геодезического обоснования на район инженерных изысканий было принято решение об использовании ГЛОНАСС/GPS-технологий.

В качестве исходных пунктов использовались пункты триангуляции из системы государственной геодезической сети (таблица 7).

Таблица 7 – Пункты триангуляции

Название пункта	Высота сигнала, м	Класс
Устье Камгаяха	36,02 (тип 150; № 2601)	3
Пойма	27,98 (тип 150; № 0149)	2
Выступ	24,93 (№ 0245)	2
Нюдя-Харучейтарка-яха	31,48 (тип 150; № 3096)	2
Санкито	24,24 (тип 150)	3
Редколесье	21,04 (тип 150; № 4759)	3

Рекогносцировка показала, что в геоморфологическом отношении исследуемая территория находится в пределах первой надпойменной террасы р. Обь. Рельеф на территории изысканий плоский. Абсолютные отметки колеблются от 21,4 до 36,2 м. Геодезические пункты находятся в удовлетворительном состоянии. Определение координат GPS-базы и местоположения пунктов производилось спутниковыми GPS-приемниками.

Наблюдения проводились в два этапа:

- закладка и определение базовой станции от шести пунктов триангуляции 2, 3-го классов (рисунок 15);
- закладка и определение координат временных реперов от базовой станции (наблюдения временных реперов проводились, по возможности, одновременно с замыканием GPS-полигонов).

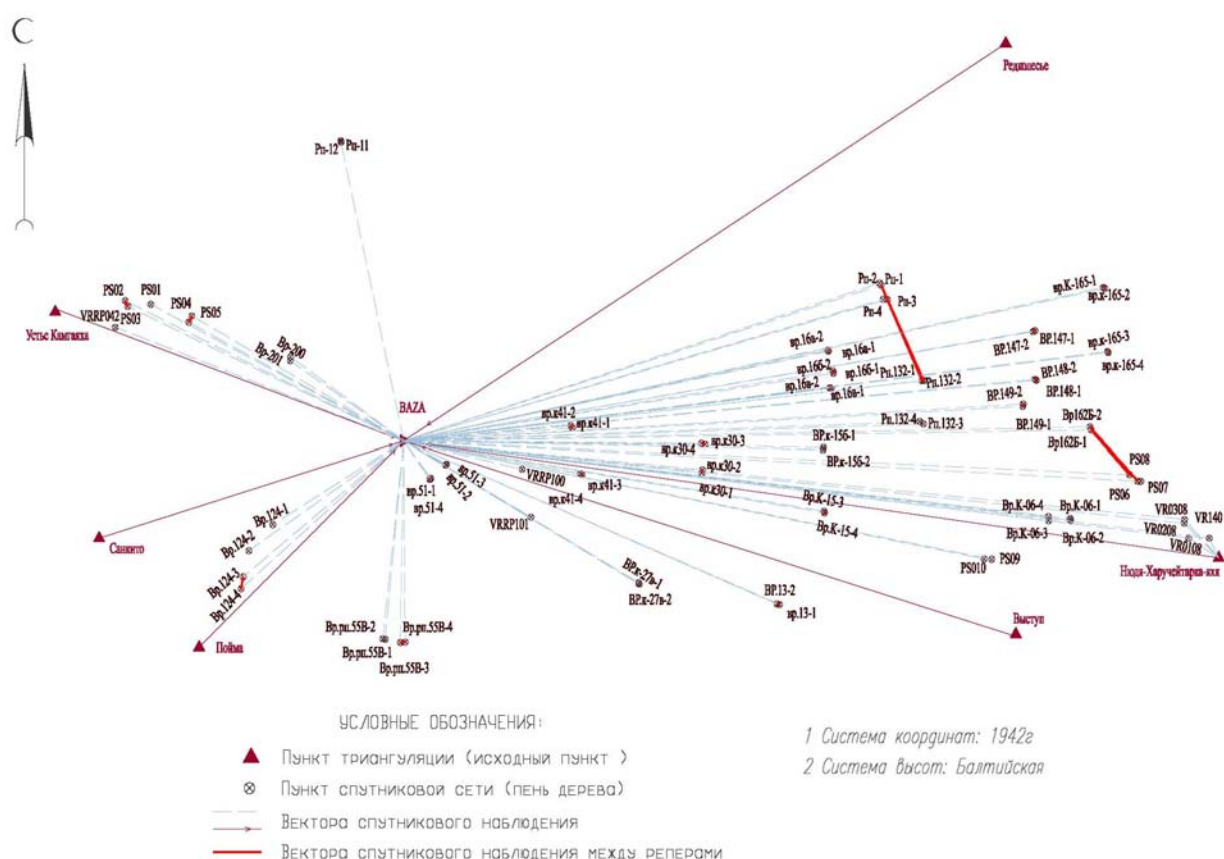


Рисунок 15 – План-схема спутниковой сети

Для детального обследования площадок была выполнена топографическая съемка в масштабе 1 : 1 000 с сечением рельефа 0,5 м, с применением электронного тахеометра. Относительные средние квадратические погрешности планового обоснования составили 1 : 25 000 и менее, что удовлетворяет требованиям нормативной документации [89]. Высотное обоснование по точности соответствует требованиям инструкции, предъявляемым к нивелированию IV класса [36].

На площадках выполнена предварительная разбивка геологических выработок. После завершения геологических работ скважины были привязаны в плановом и высотном отношении, были проведены геофизические и гидрологические изыскания.

После окончательного составления топографических планов масштаба 1 : 1 000 четко прослеживались подземные коммуникации в виде старых заброшенных труб, силовых кабелей, колодцев. Отметим, что выполнение комплексного обследования (определение назначения и направления коммуникаций, материал и условный диаметр труб, глубина заложения, число кабелей, напряжение, для кабелей связи – их марки и принадлежность) – достаточно трудоемкий процесс [14]. Результатом данного обследования должно быть создание 3D-моделей необходимой точности самих объектов и окружающего их подземного пространства.

На территории района исследования из современных физико-геологических процессов и явлений наиболее часто встречаются: заболачивание суходолов, овражная эрозия и сезонное промерзание – оттаивание грунтовой толщи. Значительное распространение получили процессы подтопления.

При нарушении естественного растительного покрова происходит изменение влажного режима, что приводит к повышенному увлажнению и дальнейшему заболачиванию территории. При проектировании инженерных сооружений на таких территориях необходимо разработать дополнительные, специальные правила проектирования. В них должны быть регламентированы как комплексные инженерные изыскания, так и новейшие георадарные технологии. В этом случае может быть достигнуто сокращение площадей техногенного воздействия на проектируе-

мые инженерные сооружения, а значит существенно повышена безопасность их эксплуатации [3].

Кроме того, с использованием топографических карт масштаба 1 : 25 000, с привлечением дополнительных полевых материалов наземных изысканий и аэрофотосъемок с требуемой точностью установлены границы водоохранных зон. Были определены также и прибрежные защитные полосы близлежащих водотоков.

Геоэлектрический разрез, позволяющий определить тип грунтов, представлен на рисунке 16. В данном случае присутствует грунт в виде суглинка полутвердого и суглинка, относящегося к твердой консистенции [2]. Следовательно, возможность заболачивания при выборе площадки сведена к минимуму.

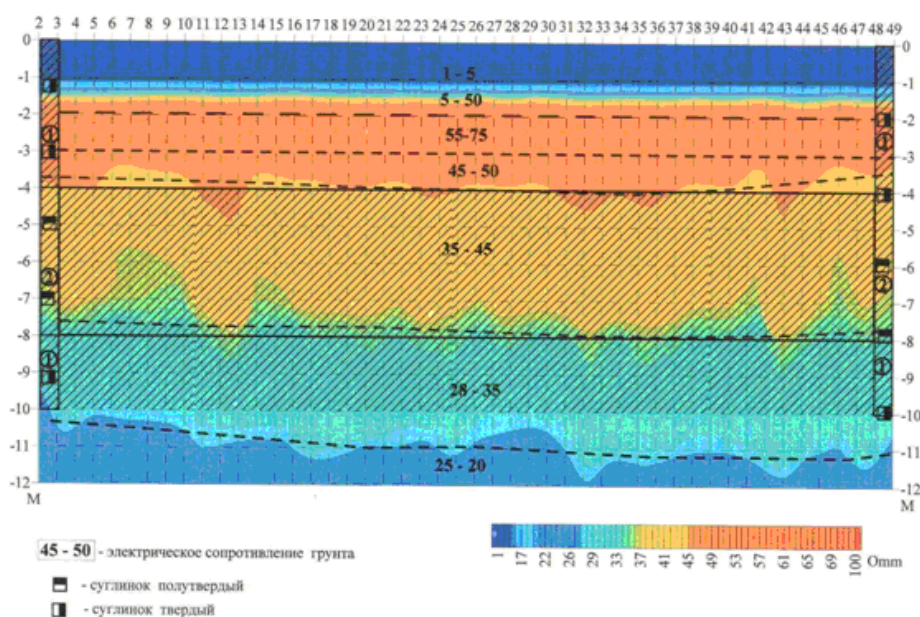


Рисунок 16 – Геоэлектрический разрез

Следует отметить, что на этапе изысканий площади строительства важно предусмотреть пункты плано-высотного геодезического обоснования, с которых в дальнейшем будет осуществляться геодезический мониторинг инженерных сооружений. Множество связей, в том числе «жестких», может быть нарушено вследствие воздействия бугров пучения «вечной мерзлоты» и других техногенных рисков.

Оптимальное размещение контрольно-измерительной аппаратуры в виде деформационных марок, спутниковых приемников может быть достигнуто с помощью детального изучения 3D-модели объекта.

Таким образом, следует подчеркнуть, его организация пространственного геодезического мониторинга нефтегазовых месторождений невозможна без эффективного применения сетей постоянно действующих спутниковых станций, обработки результатов георадарных обследований, при подводных переходах крупных водных преград целесообразно применение мобильных катеров с приборными комплексами, имеющих на борту многолучевые эхолоты.

В районе проведения инженерных изысканий для строительства линейных сооружений, а также объектов, занимающих значительную площадь (дожимная насосная станция (ДНС), комплексная насосная станция (КНС), товарный парк и т. п.), уже на этапах проектирования при создании планово-высотного геодезического обоснования необходимо учитывать количество бугров пучения на единицу площади на застраиваемой территории, а в нормативной литературе – регламентировать расстояние от бугров до коридора коммуникаций, а также отдельных инженерных сооружений. Например, для трубопровода высокого давления это расстояние должно составлять не менее 100 м, для остальных сооружений – не менее 50 м от ближайшего бугра пучения.

В районах Крайнего Севера с повышенной техногенной нагрузкой (бугры пучения «вечной мерзлоты» и т. п.) должны применяться геодезические приборы повышенной точности. Очевидно, следует разрешить применение только двухчастотных спутниковых приемников, позволяющих принимать сигналы ГЛОНАСС и GPS.

2.5 Геодезический мониторинг подземных коммуникаций с применением 3D-моделирования

Геодезический мониторинг промышленно-развитых территорий Западной Сибири можно считать комплексным лишь в том случае, если он включает в себя

мониторинг подземных коммуникаций. Особенно актуальной эта проблема становится при изысканиях для обустройства или реконструкции нефтегазовых месторождений.

Одна из главных особенностей выноса в натуру трасс нефтепроводов вдоль существующих коридоров коммуникаций заключается в том, что с оптимальным вариантом геометрии трассы определиться невозможно, если не учесть огромного количества существующих трубопроводов, силовых кабелей связи, линий электропередачи, автомобильных дорог и т. д. Без комплексного геодезического мониторинга с единой базой данных всегда будет возникать острая потребность в «быстрой» съемке подземных коммуникаций.

Необходимость съемки подземных коммуникаций в первую очередь обусловлена отсутствием или недостаточной полнотой и точностью съемок прошлых лет. Съемку подземных коммуникаций выполняют в сочетании с топографической съемкой участка местности или с использованием ранее составленных топографических планов.

Объектами съемки также являются центры люков, колодцев и камер, выходы на поверхность труб и кабелей у входов в здания или в местах земляных работ, водоразборные колонки, распределительные шкафы, трансформаторные будки и подстанции, станции перекачки, тепловые пункты и другие сооружения, технологически связанные с подземными коммуникациями.

Плановое положение коммуникаций определяют с учетом материалов прежних исполнительных съемок, отыскивают электромагнитным трассоискателем и в качестве крайней меры применяют вскрытие шурфами по согласованию с эксплуатирующей организацией.

Для определения планово-высотного положения трубопровода трассоискателем, к трубопроводу подключается генератор электромагнитных колебаний. Местом подключения одного из контактов генератора может быть запорная арматура трубопровода. Второй контакт должен быть заземлен. Если использование активного режима локации невозможно, то используется пассивный режим. При

пассивном режиме вместо генератора электромагнитных колебаний используется рабочий режим существующей станции катодной защиты.

Современные трассопоисковые системы имеют два блока антенн – горизонтальный и вертикальный. Определение оси трубопровода обычно производится с помощью горизонтальной антенны трассопоисковой системы.

Антенна дает максимальный отклик, когда она расположена как можно ближе к линии, излучающей сигнал, и устанавливается непосредственно над искомой коммуникацией под прямым углом к ней.

Величина отклика при размещении антенны является самой большой не только потому, что антенна расположена максимально близко к линии, но также из-за того, что ее ориентация совпадает с направлением силовых линий поля. В связи с этим, поворачивая антенну, находящуюся над линией, вокруг оси, перпендикулярной к линии, и добиваясь максимального отклика, можно определить ориентацию линии в пространстве.

Величина воспринимаемого отклика будет различна при перемещении антенны поперек линии.

Вертикальная антенна дает нулевой отклик при ее расположении непосредственно над линией, так как магнитный поток не пронизывает область внутри катушки антенны. Перемещение антенны в любую сторону от линии приводит к увеличению отклика. Точная индикация нулевого отклика вертикальной антенны осуществляется гораздо легче, чем индикация плоского пика при использовании горизонтальной антенны. Однако его зависимость от влияния помех позволяет рекомендовать использование этого способа только в тех зонах, где нет помех или уровень сигнала высок настолько, что позволяет игнорировать помехи. Если положение максимального отклика (пика) и нулевого отклика совпадают, то можно считать, что положение трубопровода определено точно.

Следующим этапом работы статичным трассоискателем является определение глубины залегания трубопровода, т. е. расстояние от антенны локатора до центра электромагнитного поля трубопровода.

При измерении глубины залегания трубопровода осуществляется сравнение уровней сигналов вертикальной и горизонтальной антенн.

Электронная схема приемника выполняет математические расчеты для определения глубины залегания коммуникации, и соответствующие показания выводятся на дисплей локатора.

Для повышения производительности труда (в том числе при изысканиях карьеров) и при обследовании территорий в настоящее время на производстве все более активно используются георадарные технологии. Принцип действия георадара основан на получении сверхширокополосных наносекундных импульсов, приеме сигналов, отраженных от границ раздела пород или иных отражающих объектов, стробоскопической обработке принятых сигналов со сжатием их динамического диапазона и последующим измерением временных интервалов между отраженными импульсами. Формирование зондирующих сигналов, имеющих 1,5–2 периода колебаний, осуществляется методом ударного возбуждения антенн перепадом напряжения с фронтом наносекундной длительности.

При ручной транспортировке в залесенной местности скорость сканирования может составлять 1 км/ч. При установке георадара на автомобиль, вездеход или снегоход скорость обследования может быть существенно увеличена.

В зависимости от применяемого антенного блока, глубина зондирования обычно устанавливается от 1 до 30 м, при этом разрешающая способность колеблется от 0,01 м до 0,50 м. Отметим, что в Российской Федерации достаточно давно и успешно применяются георадары различных фирм. Так, специалистами Сургутского научно-исследовательского и проектного института нефтяной промышленности (ОАО «СургутНИПИнефть») с 2002 г. выполняются инженерные изыскания в Западной и Восточной Сибири с использованием георадара SIR-2 производства фирмы GSSI (США) при поиске подземных коммуникаций на различных нефтегазовых месторождениях. Пример отражения металлических труб на радарограммах для ДНС-2 Савуйского месторождения показан на рисунках 17 и 18.

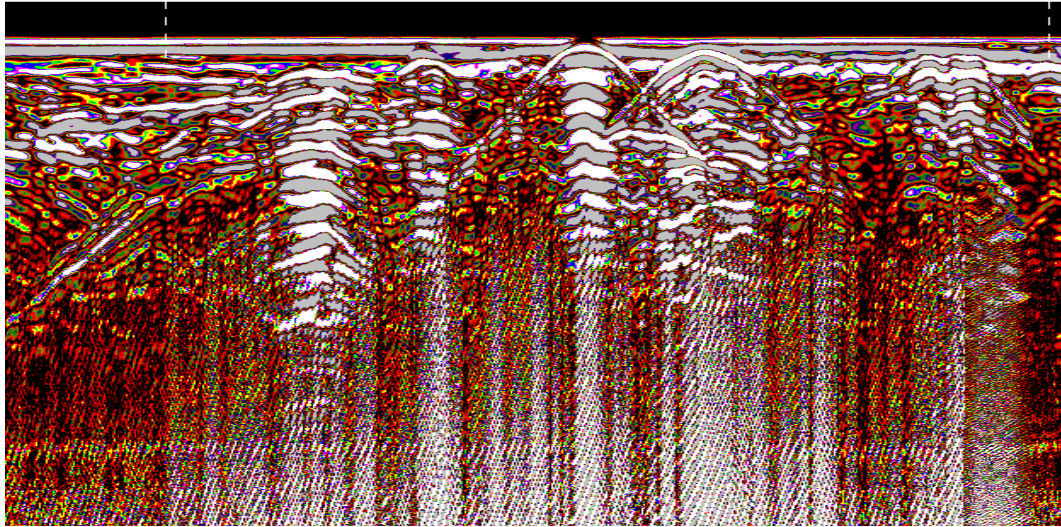


Рисунок 17 – Поиск подземных коммуникаций георадаром SIR-2

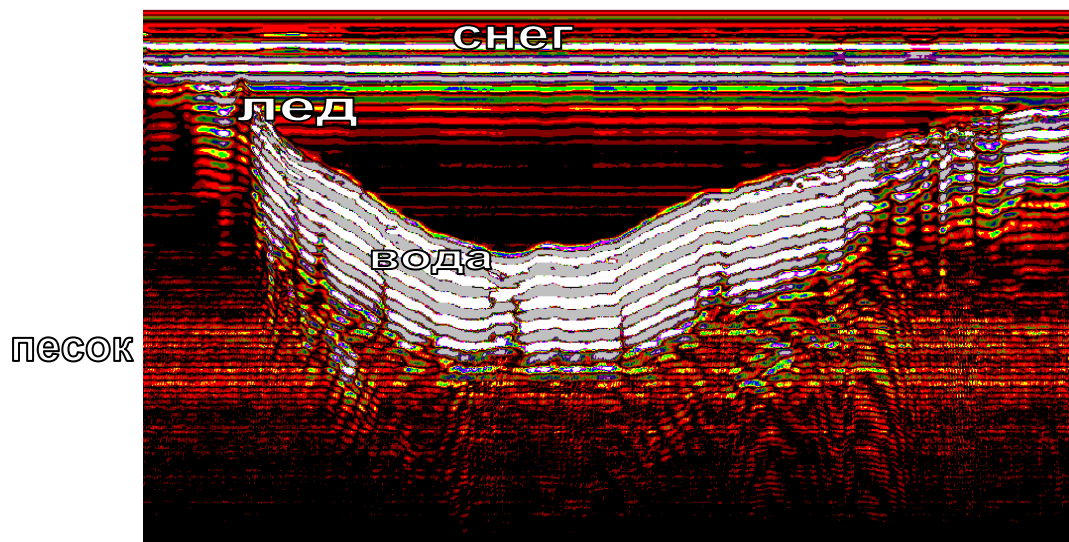


Рисунок 18 – Радиолокационное зондирование дна реки

Георадар хорошо зарекомендовал себя в линейных и особенно площадных изысканиях, при стратификации отложений на дне рек и озер, при определении границ «вечной мерзлоты».

В качестве достоинств георадара в инженерно-строительных изысканиях и его возможного применения для геодезического мониторинга территорий нефтяных и газовых месторождений следует отметить возможность определения расположения подземных коммуникаций. Однако здесь возникают определенные огра-

ничения, связанные с глубиной залегания трубопровода, диаметром, типом грунта и частотой зондирующего импульса.

Грунт имеет хорошую проникающую способность и диаметр, достаточно большой для уверенного отражения сигнала. Низкие частоты (35–100 МГц) глубоко проникают в слои (до 20 м), но не обеспечивают получения достаточной разрешающей способности для уверенной идентификации тела трубопровода, высокие (1 000–1 700 МГц) позволяют получить лучшую разрешающую способность, но имеют меньшую проникаемость. Возникает задача: увеличить глубину проникновения сигнала до нескольких десятков метров в почти любом ожидаемом типе пород. Это требует значительной энергии на малых частотах. Однако, чтобы получить информацию о свойствах пород или чтобы различить несколько тонких слоев, необходимо получить высокое разрешение. Эти два требования противоречивы. Пока мы можем достаточно четко идентифицировать подземные трубопроводы только на относительно небольшой глубине.

Среди прочих недостатков выделим достаточно высокую стоимость и «нечитаемость» радораграмм в условиях сложных грунтов и при наличии помех над определяемым объектом.

У специалистов отдела изысканий «ГИДРОМАШСЕРВИС» «ГМС-Инжиниринг» большой интерес вызвал георадар – глубинный сканер «Golden King DPR Plus» (рисунок 19), который обладает возможностью выдавать 3D-интерпретацию электромагнитных импульсов и показывать изображение в виде трехмерной модели на экране персонального компьютера непосредственно в поле, на объекте (рисунок 20).

Подземные коммуникации на территориях Западной Сибири имеют специфику распространения от мест добычи продукта на огромные расстояния, с пересечением рек различной ширины, в составе линейных коридоров.



Рисунок 19 – Георадар – глубинный сканер «Golden King DPR Plus»

В настоящее время ряд отечественных фирм обладает специализированным высокоточным оборудованием и занимается разработкой технологий, позволяющих с необходимой точностью осуществлять геодезический контроль подводных переходов с построением 3D-моделей (рисунок 20).

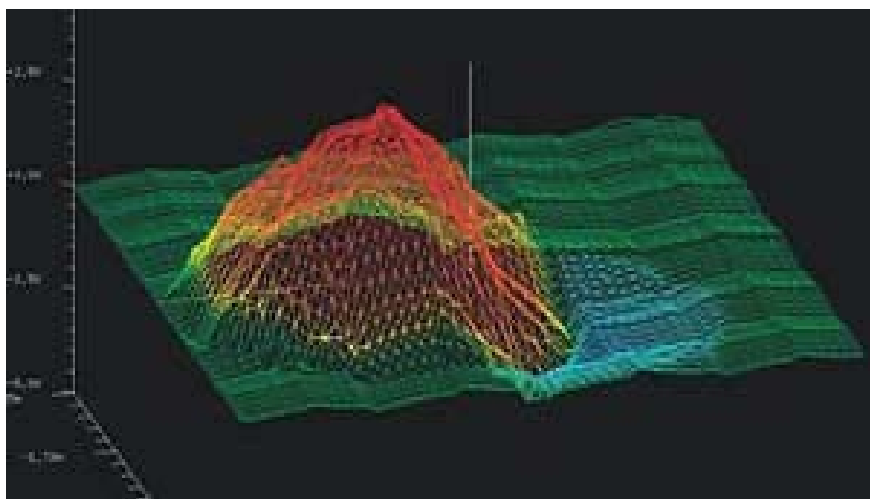


Рисунок 20 – Построение 3D-модели глубинным сканером

В качестве примера можно отметить приборный комплекс, внедренный в производство специалистами фирмы «Возрождение» (г. Сургут), который позволяет производить контроль подводных переходов трубопроводов с выявлением

открытых (оголенных) участков и определение планово-высотного положения трубопроводов под поверхностью дна [73].

Выявление оголенных участков подводных трубопроводов выполняется многолучевым эхолотом Kongsberg Simrad EM3002 или гидролокаторами бокового и кругового обзора.

Определение планово-высотного положения трубопроводов под поверхностью дна осуществляется с помощью трассопоисковой системы, работающей в динамическом режиме.

Трассопоисковые системы динамического типа не требуют статической фиксации локатора над осью трубопровода для вычисления глубины залегания и предназначены для определения планово-высотного положения трубопроводов под водой. Они устанавливаются на мобильный носитель – съемочное судно, которое движется по сетке промерных галсов, расположенных по нормали к обследуемому трубопроводу. Сигналы трассопоисковой системы записываются в виде файлов на компьютер для последующей обработки и вычисления положения трубопровода в плане и глубины его залегания.

В качестве альтернативного средства определения положения трубопровода под слоем донного грунта используется акустический профилограф, по принципу своего действия схожий с георадаром, с той разницей, что излучается не электромагнитная волна, а акустический импульс.

Результаты геодезического контроля технического состояния трубопровода, полученные различными методами, добавляются в общий проект. Анализ результатов геодезического контроля подводных переходов выполняется на основе комплексных 3D-моделей. Фрагмент комплексной модели оголенного участка одного из магистральных трубопроводов представлен на рисунке 21.

Следует подчеркнуть, что для изыскателей и проектировщиков основным техническим документом по-прежнему является план и профиль трассы.

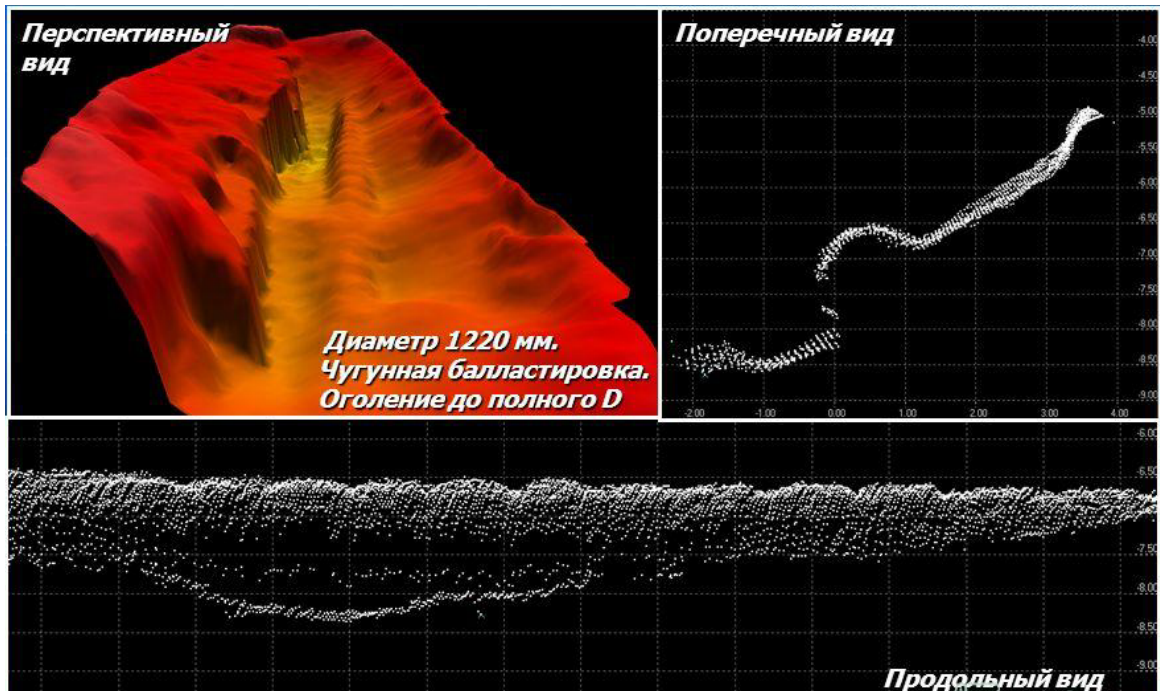


Рисунок 21 – Фрагмент 3D-модели подводного перехода трубопровода

Такое положение вещей не может не измениться в XXI в.

Применение цифровых технологий лазерного сканирования, многолучевого эхолотирования, георадаров позволит построить комплексные 3D-модели инженерных сооружений не только на земной поверхности, но и для подземных и подводных коммуникаций, включая сооружения на шельфе морей.

Очевидно, что трехмерное моделирование активно внедряется и в область подземных коммуникаций. Объединяя эти технологии, можно создать методологию комплексного геодезического мониторинга [61, 74].

Автор диссертационного исследования, совместно с учеными Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН и Сибирского государственного университета геосистем и технологий, принимал участие в разработке программного обеспечения, позволяющего создавать трехмерную модель города, поселка, населенного пункта с подземными коммуникациями по результатам геодезических съемок.

Программное обеспечение использует файлы, созданные в программе MapInfo, и строит трехмерную модель, опираясь на классификатор инженерно-топографической информации. Данные об объектах берутся непосредственно из

таблицы слоев, т. е. разработан блок для импорта данных из формата MID/MIF. Программный продукт реализован для одного из поселков Ханты-Мансийского автономного округа – ЮГРЫ. Созданы структуры для хранения и быстрой визуализации данных. Разработаны алгоритмы визуализации, разбиения пространства на области, выборка областей, выбор отдельных объектов, отсечения по пирамиде видимости. Созданы шаблоны объектов (точечные объекты – столбы, деревья, колодцы – выполнены в виде готовых шаблонов), дающие большую гибкость и простоту адаптации для разных проектов.

В заключение можно подчеркнуть, что лишь решая проблему объединения 3D-моделей подземных коммуникаций с аналогичными моделями подводных переходов магистральных трубопроводов, а также используя данные, полученные с помощью георадарных технологий, можно моделировать подземное пространство поселков и городов и организовать комплексный геодезический мониторинг территорий.

2.6 Выводы по второму разделу

Нормативно-технической литературы, строительных норм и правил, соответствующих инструкций, которыми пользуются специалисты при производстве инженерных изысканий, не достаточно для эффективной работы по обустройству нефтегазовых месторождений в районах Крайнего Севера. Ни в одном документе, в том числе и в так называемых «актуализированных» СНиП, отсутствуют конкретные рекомендации по расположению трубопроводов, коридоров коммуникаций относительно бугров пучения «вечной мерзлоты». Автор диссертационного исследования предлагает внести соответствующие поправки в действующие строительные нормы и правила для производства инженерных изысканий.

В частности, территории, имеющие бугры пучения «вечной мерзлоты», на которых осуществляется поиск оптимального варианта прохождения трассы, разбить на пять категорий (подробно рассматриваются в следующем разделе). Точность геодезических измерений при выполнении трассировочных работ должна

соответствовать условиям местности и техногенной нагрузке. Необходимо предусмотреть повышение точности относительно действующих нормативов в 1,5–2 раза для отдельных категорий и видов работ. Например, для трубопровода высокого давления расстояние от бугра пучения «вечной мерзлоты» должно составлять не менее 100 м, для остальных сооружений, в зависимости от высоты и площади бугра пучения, расстояние может составлять 50 м.

Методика инженерных изысканий должна включать рекомендации по возможности применения новейших приборных комплексов на основе воздушного и наземного лазерного сканирования, многолучевого эхолотирования, использования георадаров, позволяющих создавать 3D-модели земной поверхности, подземного пространства и отдельных инженерных сооружений.

Отечественные и зарубежные специалисты в области производства инженерных изысканий испытывают острую необходимость в разработке универсальных приборных комплексов, работающих как в зимний, так и в летний периоды. Эти приборные комплексы должны быть способны к практически одновременному использованию спутниковых наблюдений, электронных тахеометров, георадарного обследования и производства геологических работ по бурению скважин.

Решению этих и других вопросов посвящен третий раздел диссертации.

3 РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

3.1 Разработка рекомендации по актуализации сводов правил к производству инженерно-геодезические изысканий в районах с буграми пучения

В качестве главных особенностей инженерных изысканий в районе распространения многолетнемерзлых пород и бугров пучения Васильчук Ю. К. и др. [22, 24] выделяют необходимость учета взаимодействия бугристых ландшафтов и трубопроводов. Отмечается, что на стадии производства инженерных изысканий недостаточно полно исследованы мерзлые массивы.

Рост бугров пучения активно проявился не только на севере Западной Сибири, но и на Полярном Урале, в Республике Коми. Васильчук Ю. К. [24] подчеркивает эту активность за последние 5–10 лет. Авторы отмечают благоприятные природно-климатические условия для роста бугров пучения в южной и центральной Якутии, на Дальнем Востоке, в Амурской области, Хабаровском крае, на Чукотке, Камчатке и Сахалине. Участок трубопровода с развитыми буграми пучения в Пур-Тазовском междуречье показан на рисунке 22.

В работе [7] установлено, что колебания в пространственном положении трубопровода в первые два года его эксплуатации на отдельных участках с уходом от проектного положения составляют 2 м и более. При этом положение трубопровода изменяется разнонаправленно от сезона к сезону. В летний период наблюдается всплытие порядка 1–2 м.

Безусловно, проблема предсказания динамики пространственного положения трубопровода является сложной научно-технической задачей, и она может быть решена при сотрудничестве ученых-геологов, геодезистов, изыскателей, метеорологов, специалистов в области криосферы Земли.



Рисунок 22 – Участок трубопровода в «окружении» бугров пучения [24]

Очевидно, что в нормативных документах должны найти отражения специфические условия и рекомендации по производству инженерных изысканий.

Однако в действующем своде правил (СП 36.13330.2012. (Свод правил). Магистральные трубопроводы. – Минрегион развития РФ. – М., 2012. – 89 с.) в пункте 7.11 приведены следующие общие требования к проектированию магистральных трубопроводов: «при выборе трассы для подземных трубопроводов на многолетнемерзлых грунтах следует по возможности избегать участков с подземными льдами, наледями и буграми пучения, проявлениями термокарста, косоголов с льдонасыщенными, глинистыми и переувлажненными пылеватými грунтами. Бугры пучения следует обходить с низовой стороны». На наш взгляд, рекомендации носят весьма общий характер и абсолютно не учитывают исследования отечественных и зарубежных ученых, занимающихся многолетним мониторингом бугров пучения. В научно-технической литературе представлены результаты наблюдений за ареалом распространения и динамикой бугров пучения [80]. Так, по данным Пономаревой О. Е. и ее соавторов [80], в северной тайге Западной Си-

бири, в бассейнах рек Надым и ее притоки, реки Хейгияха, отметки бугров пучения существенно изменяются, особенно в течение последних десятилетий. Подъем поверхности бугров пучения по результатам нивелирования составил более 30 см. Авторы отмечают, что центральная часть бугров растет, а поверхность склонов изменяется значительно меньше. Глубина оттаивания многолетнемерзлых пород, скорость подъема бугров пучения неравномерны и могут подвергаться серьезным колебаниям. Поэтому общих рекомендаций, приведенных в своде правил недостаточно. Особенно убедительным это становится после анализа графика изменения поверхности бугров пучения по данным многолетнего мониторинга, выполненного на Надымском стационаре отечественными учеными (рисунок 23).

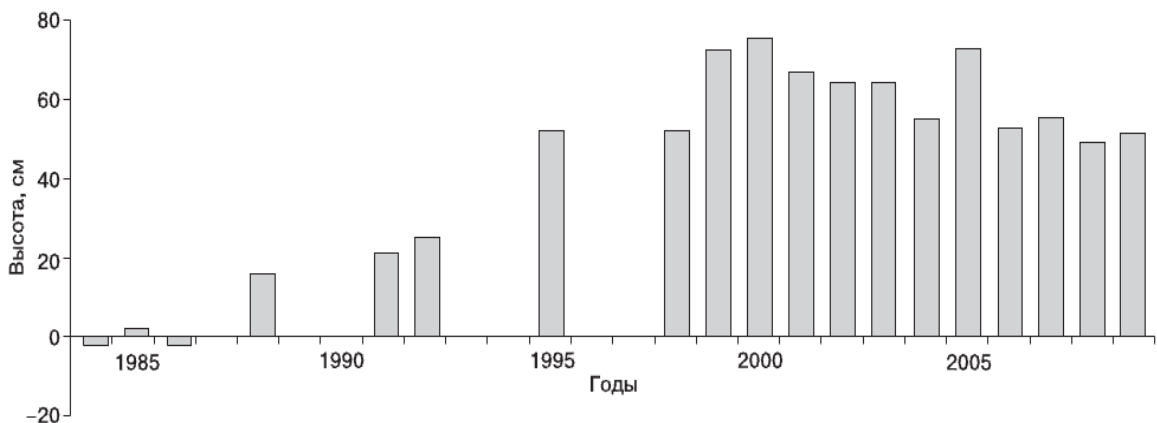


Рисунок 23 – Изменения высоты бугра пучения

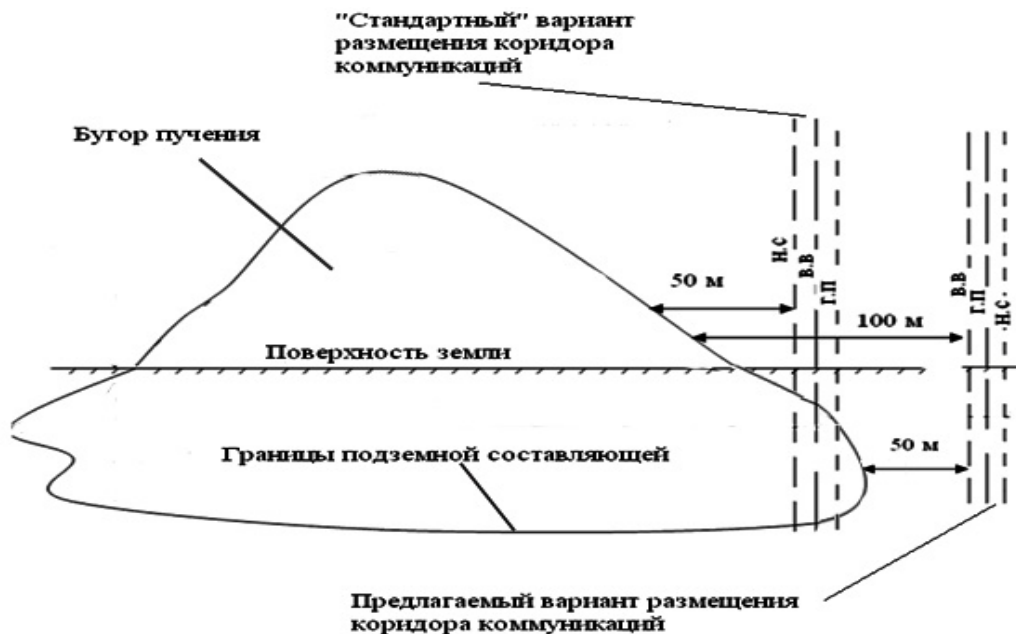
Максимальные колебания (подъем более 60 см) авторы объясняют особенностями промерзания сезонно-талого слоя.

Бердников Н. М. [7] отмечает, что диаметр основания отдельных изученных бугров пучения превышает 150 м, а отношение высоты бугра пучения к его основанию у наиболее выпуклых изученных бугров колеблется от 19 до 42 м. Изменения размеров основания у бугров пучения и бугристых торфяников, по мнению автора, происходят в основном из-за разуплотнения грунтов.

Для того, чтобы ослабить негативное влияние бугров пучения на эксплуатацию коридоров линейных коммуникаций, нами сформулированы рекомендации по расположению коридора линейных коммуникаций относительно бугров пучения «вечной мерзлоты». В актуализированную редакцию свода правил по производству инженерных изысканий предлагается добавить следующие пункты и поясняющий рисунок 24:

– при проложении линейных коммуникаций расстояние от оси первой трубы коридора до линии пересечения бугра пучения с земной поверхностью следует задавать не менее 100 м, а расстояние до нижней (подземной) границы распространения мерзлоты – не менее 50 м;

– в качестве ближайшей трубы к бугру пучения следует прокладывать водовод или газопровод, но не нефтяную трубу, так как температура ее эксплуатации значительно выше, что может привести к подтаиванию бугра пучения.



н. с. – трубопровод нефтесбора; в. в. – водовод; г. п. – газопровод

Рисунок 24 – Предлагаемый вариант размещения коридора коммуникаций относительно бугра пучения «вечной мерзлоты»

Опыт производства комплексных инженерных изысканий: геодезических, геологических, метеорологических, гидрологических, экологических на северных территориях Западной Сибири на нефтегазовых месторождениях, таких, как Сергинское, Муравленковское, Сугмутское, Суторминское, Варьеганское и многих других, показал, что для выбора оптимальной технологии, приборов и технических средств, необходимых для выполнения измерений, целесообразно северные районы Западной и Восточной Сибири разбить на пять категорий. В качестве главных критериев для подобной классификации, автор предлагает использовать следующие показатели:

- площадь нефтегазового месторождения в квадратных километрах;
- тип рельефа района изысканий (сложный, с буграми пучения и расчлененностью поверхности Земли, простой, т. е. равнина с буграми и без бугров пучения, всего пять категорий);
- требуемая точность определения координат геодезических пунктов;
- фактическая точность определения «твердых» точек контуров при выполнении измерений.

Производственным организациям, выполняющим инженерные изыскания в районах Крайнего Севера и севера Западной Сибири, Полярного Урала, в выборе той или иной современной технологии с возможностями 3D-моделирования существенную помощь могут оказать представленные ниже методические предложения.

Весь спектр организации инженерных изысканий в XXI в., безусловно, должен базироваться на эффективном использовании ГНСС-технологий. Именно спутниковые технологии позволяют, оперативно получить координаты пунктов опорной геодезической сети, а в ряде случаев – выявить ошибки, которые имеются иногда в пунктах полигонометрии государственной геодезической сети. ГНСС-технологии рекомендованы для всех категорий местности и всех типов технологического оборудования.

Самой сложной категорией для производства инженерно-геодезических изысканий является первая (см. рисунок 9), так как она охватывает нефтегазовые месторождения с большой площадью, с большим количеством бугров пучения «вечной мерзлоты» как в общем, так и на один квадратный километр, т. е. большой плотностью. Для этой категории рекомендуем применять воздушное сканирование с точностью определения координат до 0,3 м, а при наличии застроенной территории, с коридорами коммуникаций – наземное лазерное сканирование. Кроме того, большую пользу в определении границ ареала распространения бугров пучения «вечной мерзлоты» под землей могут оказать в этом случае георадарные технологии в комбинации с электроразведкой.

Ко второй категории предлагается отнести нефтегазовые месторождения, площадь которых не превышает 50 км, имеющие сложный рельеф по расчлененности и наличию бугров пучения «вечной мерзлоты». Решение о применении воздушного и наземного сканирования должно быть согласовано с заказчиком, применение этих технологий необходимо должным образом обосновать.

Третья категория является средней по сложности, в ней основу производства геодезических измерений могут составлять электронные тахеометры в совокупности с электроразведкой, георадарным обследованием района изысканий, так как эта категория предполагает наличие бугров пучения «вечной мерзлоты».

Четвертая и пятая категории местности в предлагаемой классификации районов изысканий могут обойтись традиционными методами проведения изысканий, базирующимися на действующих строительных нормах и правилах. Первые же три категории нуждаются в разработке новых нормативных документов. Такими могли стать актуализированные редакции СНиП, которые уже применяются на производстве. Однако в них отсутствуют конкретные рекомендации по выбору и точности той или иной технологии инженерных изысканий, выполняемых в северных широтах Российской Федерации.

Примером эффективного применения технологии воздушного сканирования может служить комплекс инженерных изысканий, выполняемый для выбора площадки с целью проектирования и строительства пункта подогрева нефти для ее дальнейшей транспортировки. Изыскания выполнялись на трассе магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток». Задача решалась для большой площади проведения линейных изысканий, с перепадами высот в десятки и сотни метров, при наличии скальных грунтов. Границы выбранной площадки показаны на рисунке 25.

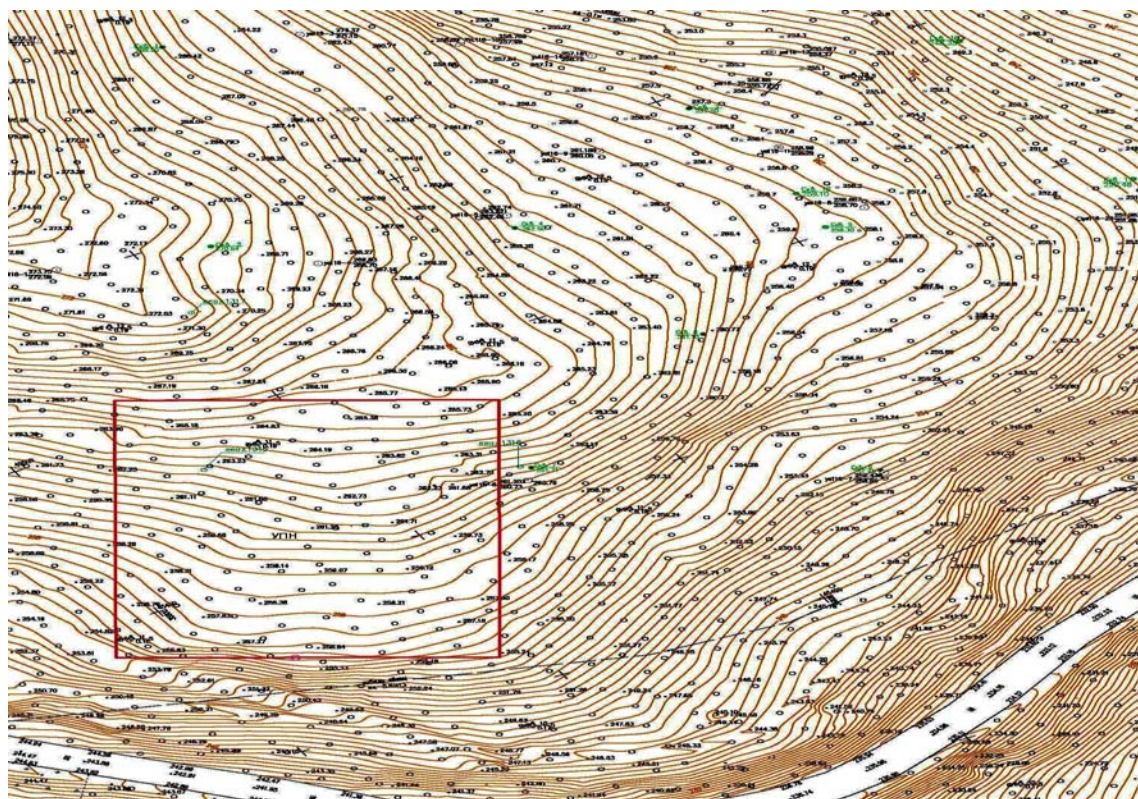


Рисунок 25 – Границы строительной площадки
по данным воздушного сканирования

Комплексный характер инженерных изысканий на нефтегазовых месторождениях Российской Федерации, все более сложные районы местности для их проведения (суровые условия Крайнего Севера, повышенные экологические требования) ставят новые задачи перед учеными-геодезистами. К таким задачам можно

отнести разработку новых универсальных приборных измерительных комплексов, объединяющих в себе ГНСС-технологии, георадарное обследование, надежные, проверенные временем геологические изыскания с возможным одновременным проведением электронной тахеометрической съемки рельефа и ситуации местности.

3.2 Разработка и внедрение приборного изыскательского комплекса для транспортировки геодезического, георадарного и геологического оборудования и выполнения геодезических, георадарных и геологических работ

Выполняя контроль производства изыскательских работ, в частности, на нефтегазовых месторождениях Таймыра, автор диссертационного исследования обратил внимание на то, что по одному и тому же участку трассы исполнители ездили до 5 раз. Для того чтобы минимизировать экономические и временные затраты с сохранением качества выполняемых работ, была создана полезная модель и опытный образец приборного изыскательского комплекса (ПИК-1). На цельнометаллической тележке (рисунок 26) смонтированы места крепления бурового станка, установки спутникового приемника и штатива с электронным тахеометром. Отметим, что при использовании разработки в инженерных изысканиях происходит повышение производительности труда, сокращение временных затрат, а также автоматизируется координатная привязка геологических скважин, надежно устанавливаются границы подземной составляющей бугров пучения «вечной мерзлоты» [79]. Структурная схема расположения приборов и устройств представлена на рисунке 26.

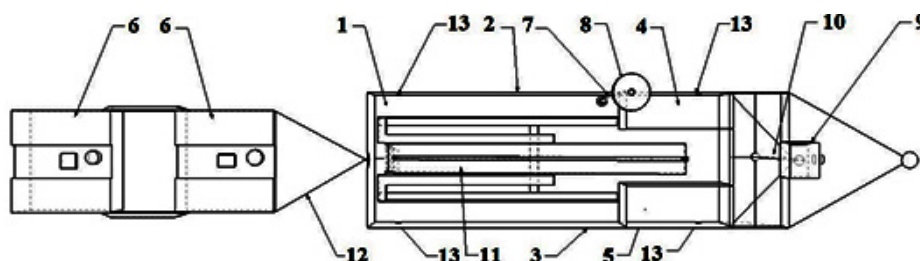


Рисунок 26 – Структурная схема приборного изыскательского комплекса

На рисунке 26: 1 – металлические сани, позволяющие работать в круглогодичном режиме; 2, 3 – боковые борта для размещения коробов 4 и 5 для перевозки георадара 6 и его антенных блоков; 7 – штатив для крепления спутникового геодезического приемника 8; 9 – электронный тахеометр; 10 – специальное крепление для электронного тахеометра; 11 – малогабаритная буровая установка, шарнирно закрепленная у заднего борта со специальными раздвижными лапами, обеспечивающими устойчивость; 12 – буксир для георадара; 13 – узлы для крепления съемных колес на период отсутствия снежного или ледяного покрова.

Приборный комплекс состоит из трех независимых высокотехнологичных устройств, интегрированных в единую систему: спутниковый приемник + электронный тахеометр + георадар. Система предназначена для одновременного проведения инженерно-геодезических, геологических изысканий и георадарных обследований заданной территории. Антенна спутникового приемника располагается в верхней части конструкции и служит для автоматической координатной привязки геологических разведочных скважин, определения планово-высотных координат. Здесь же располагаются точки (станции) установки электронного тахеометра и точки установки георадара. В средней части целесообразно устанавливать электронный тахеометр, который может быть использован для выполнения тахеометрической съемки, разбивки геологических скважин, определения неприступных расстояний, площади отдельных участков и всей площадки, объемов земляных работ и т. п. В нижней части располагается место для установки георадара, желательно в максимальной близости к земной поверхности, для уменьшения ошибок определения глубин.

В летний период приборный измерительный комплекс может использоваться в стационарном положении, а также буксироваться автомобилем. В зимний период колеса снимаются, и он может перемещаться за снегоходом, поскольку нижняя металлическая часть изготовлена по типу дна лодки с направляющими ребрами. Приборный измерительный комплекс удобен для транспортировки образцов грунта для испытаний в грунтовой лаборатории, хорошо зарекомендовал

себя в зимний период для разбивки разведочных скважин на равнинных кустовых площадках. Подробная информация о патенте на полезную модель приведена в приложении А. Если буровой станок убрать, то появляется возможность применения георадара, место крепления предусмотрено в нижней части тележки. Кроме того, в качестве достоинств приборного измерительного комплекса можно выделить: возможность осуществления одновременной координатной привязки пробуриваемых скважин путем совмещения всех точек крепления в единый «виртуальный центр». Отметим, что приборный комплекс может быть применен и при съемке подземных коммуникаций, например, для шурфования (определения глубины заложения) труб.

Приборный комплекс может достигать сантиметровой точности в случае, если он работает совместно с постоянно действующей базовой станцией. Кроме того, он может работать и автономно, т. е. независимо от наличия пунктов государственной геодезической сети на заданной территории. В последнем случае необходимо прокладывать привязочный теодолитный ход. Временные затраты на проложение такого хода с помощью предлагаемого приборного комплекса могут быть существенно сокращены. Преимущества предлагаемой интегрированной технологии выполнения инженерных изысканий по сравнению с классическими способами инженерных изысканий заключаются в следующем. Традиционно методика выполнения инженерных изысканий включает в себя несколько этапов.

На первом этапе создается опорная геодезическая сеть с помощью спутниковых приемников (ГНСС-технологии), с привязкой вновь создаваемых геодезических пунктов к пунктам государственной геодезической сети. Если в зоне действия расположены постоянно действующие спутниковые станции, то измерения выполняют от них, принимая в качестве исходных пунктов.

На втором этапе проводят геодезические изыскания с помощью электронных тахеометров, выполняя съемочные работы на обследуемой территории с

трассированием линейных коммуникаций или площадок для проектирования и строительства инженерных сооружений различного типа.

Третий этап (нередко его стараются объединить со вторым) заключается в проведении геологических изысканий, для этих целей по оси трассы выполняют разбивку геологических разведочных скважин. При разработке карьеров или других площадных объектов на территории приходится выполнять разбивку (выносить в натуру) скважин, расположенных по заданной сетке квадратов или прямоугольников. После пробуривания осуществляется координатная привязка каждой скважины в плане и по высоте. Среди прочих полевых работ этот процесс является одним из самых трудоемких и требует больших временных затрат. Предлагаемый приборный комплекс позволяет их уменьшить.

Разработанный изыскательский приборный комплекс (рисунок 27) внедрен в производство с 2015 г., использовался при выполнении комплексных инженерных изысканий на четырех нефтегазовых месторождениях, на территориях которых имелись бугры пучения. Он полностью подтвердил свою эффективность не только при одновременной транспортировке геодезического, георадарного и геологического оборудования, но и обеспечил единый технологический процесс выполнения геодезических, георадарных и геологических работ, необходимых для изысканий при обустройстве нефтегазовых месторождений в районах Крайнего Севера (приложение Б, В, Г).

Выполненные исследования и производственная эксплуатация приборного комплекса позволили установить основные достоинства разработанного изыскательского комплекса: многофункциональность, мобильность (зимой он может транспортироваться с помощью снегохода, летом – с помощью автомобиля), высокая точность и надежность определения границ распространения подземной составляющей бугров пучения «вечной мерзлоты». Комплекс хорошо зарекомендовал себя при съемке подземных коммуникаций, определении глубины заложения труб, координатной привязке геологических скважин.



Рисунок 27 – Приборный изыскательский комплекс

Для нефтегазовых месторождений, на территории которых, кроме бугров пучения, имеется «вечная мерзлота» со сплошным или прерывистым распространением, в состав инженерных изысканий рекомендуется включать георадарные обследования и электроразведку. Георадарные технологии достаточно эффективны при определении слоев грунтов и обнаружении объектов в теле Земли. Электроразведка рекомендуется для выявления участков вечномерзлых грунтов, установления и обнаружения тектонических нарушений, зон трещиноватости, определения границ закарстованных участков. На рисунке 28 приведен пример результатов геофизических изысканий на Северо-Уренгойском месторождении. Полученная информация об участках распространения многолетних мерзлотных грунтов, их геопространственных данных позволила уже на этапе изысканий локализовать

отдельные линзы «вечной мерзлоты» и запроектировать трассу на необходимом удалении от них.

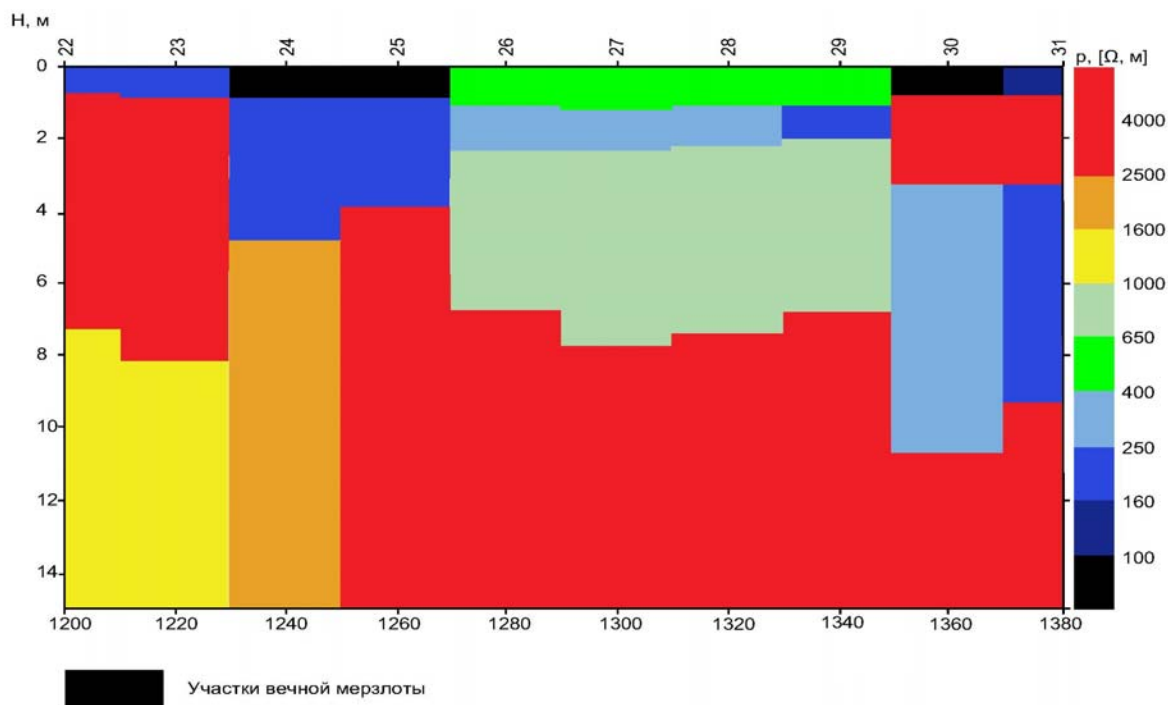


Рисунок 28 – Выявление участков «вечной мерзлоты»
по данным электроразведки

В районах распространения «вечной мерзлоты» для обеспечения безопасной эксплуатации трубопроводов предложено выполнять прогнозные расчеты их возможных деформаций на этапе подготовки проектной документации.

Влияние погрешности глубины заложения трубопровода на возможное появление его деформаций, с учетом того, что сезонная глубина промерзания и толщина подушки грунта под трубой постоянны, определяется формулой

$$\delta H_{fi} = -\frac{h_f}{g_f} \delta g, \quad (34)$$

где δg – погрешность глубины заложения трубопровода.

Расчеты показывают, что погрешности при предвычислении возможных деформаций трубопровода, в зависимости от влажности в слое сезонного промерзания грунта, могут достигать 20 см. Учитывая, что современные георадары позволяют определять границы объектов с точностью порядка 10 см, влияние «вечной мерзлоты», погрешности глубины заложения трубопровода и других геометрических параметров необходимо учитывать при строительстве трубопроводов в районах Крайнего Севера для обеспечения их безопасной эксплуатации.

Для повышения надежности расчетов по определению возможных деформаций трубопроводов в районах «вечной мерзлоты» с наличием таликов на нефтегазовых месторождениях рекомендуется определять разность деформаций пучения на коротких интервалах трубопровода (приложение Г). С этой целью на холмистой местности предложено выполнять тригонометрическое нивелирование короткими лучами с длиной плеча до 200 м, а на наиболее опасных участках в непосредственной близости бугров пучения «вечной мерзлоты» или талика – до 100 м и меньше. Для обеспечения точности и надежности геодезических измерений необходимо выполнение оптимального проектирования и создание планово-высотного геодезического обоснования с использованием ГНСС-технологий и электронной тахеометрии. Предпочтение следует отдавать сетям замкнутых полигонов повышенной точности, по сравнению со стандартными требованиями.

Разработанные технологические решения в результате диссертационного исследования были использованы при проведении комплексных инженерных изысканий на Ямбургском нефтегазовом месторождении (приложения Д, Е, Ж). На Ямбургском месторождении были получены точные и надежные геопространственные данные о двух буграх пучения «вечной мерзлоты» в непосредственной близости от кустовой площадки (приложение И). С учетом этого проработано два варианта трасс автомобильной дороги и произведена важная корректировка земельных отводов (рисунок 29).

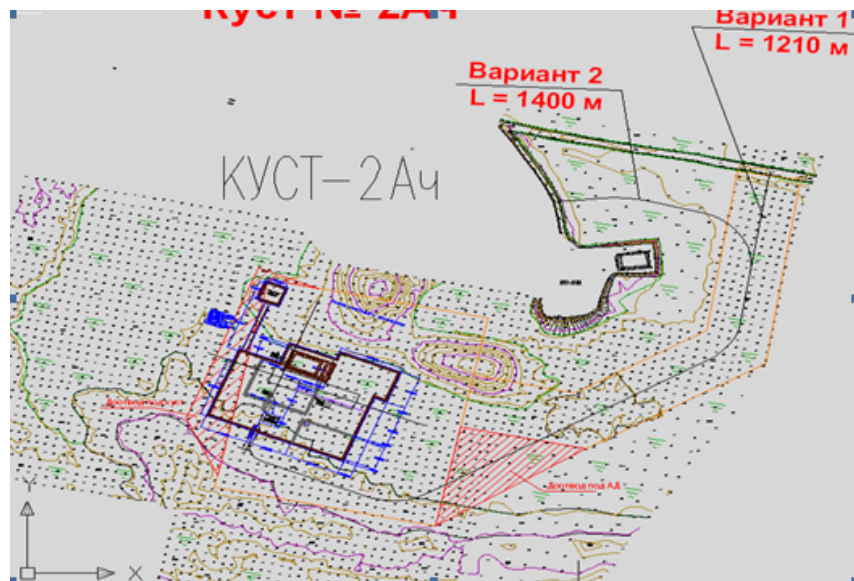


Рисунок 29 – Пример внедрения технологических решений на Ямбургском месторождении

Точность определения объемов земляных работ, полнота и детальность тахеометрической съемки могут быть существенно повышены при использовании наземного лазерного сканирования. Возможность применения лазерного сканера предусмотрена в приборном комплексе и может быть реализована в последующих моделях. Если на обследуемой территории встречаются вечномёрзлотные грунты, бугры пучения «вечной мерзлоты» или талики, то нередко возникает необходимость в проведении на заданной территории георадарных обследований. Их выполняют на третьем этапе или отдельно от предыдущих этапов. Георадарные обследования показали достаточно высокую эффективность при поиске подземных коммуникаций. С учетом того, что большинство нефтегазовых месторождений находится в эксплуатации десятки лет, актуальность в выполнении георадарных съемок будет только усиливаться. При поиске подземных коммуникаций традиционным способом, с помощью трассоискателей, также возникает необходимость координатной привязки, которую решают путем применения спутниковых приемников или электронных тахеометров. При этом задача, как правило, решается последовательно, а не одновременно, как в разрабатываемом приборном комплексе. Предлагаемая интегрированная технология выполнения инженерных изыска-

ний на основе приборного комплекса, объединяющего возможности одновременной эксплуатации трех автоматизированных устройств, для производства независимых измерений позволяет в 2–3 раза сократить время затрат на производство работ, а при создании комплексной бригады за счет сокращения подсобных рабочих обеспечит экономию и денежных ресурсов. Если на заданной площадке требуется определить превышения или отметки точек с более высокой точностью, то электронный тахеометр может быть заменен на оптический или цифровой нивелир, желательно использовать приборы с компенсатором.

Частично приборный измерительный комплекс применялся для работ по обустройству опытно-промышленного участка Терско-Камовского лицензионного блока в Красноярском крае.

Данное месторождение обладает рядом специфических особенностей по сравнению с нефтегазовыми месторождениями Западной Сибири. В частности, абсолютные отметки в районе работ колеблются от 230 до 480 м. Как показывают результаты геометрического нивелирования, относительное превышение водоразделов над днищами долин составляет от 100 до 300 м. Выполняемые проектно-изыскательские работы (а в дальнейшем и строительно-монтажные) осложняются прерывистым распространением многолетнемерзлых пород [22, 23]. Характер их распространения – островной или прерывистый, со скачкообразной глубиной сезонного промерзания от 0,5–1,0 до 4,0 м на отдельных участках. Комплексные обследования, в том числе и геофизические, показывают, что по относительной деформации грунты в районе работ относятся к сильнопучинистым и чрезмернопучинистым грунтам. С учетом указанных факторов, а также сейсмичности района, составляющей 6 баллов, становятся актуальными методики проведения инженерно-геодезических изысканий, включающие в себя предварительные расчеты по возникновению возможных деформаций. В нормативно-технической литературе разработаны методики для определения возможных деформаций пучения (оседания) основания под трубой газопровода [28, 29, 88, 89]. Вместе с тем, погрешности геодезических измерений при сооружении траншеи, обеспечении геологиче-

ских работ, георадарных обследований не учитываются или принимаются во внимание не в полном объеме [4]. В то же время, они могут существенно повлиять на результаты расчетов. Например, при выполнении геодинамического анализа трассы конденсаторпровода «Пелятка – Дудинка» в качестве основных параметров рассматривали глубину заложения трубопровода ($h = 2,96$ м и она считалась постоянной на всем участке), также постоянными и безошибочными принимались в расчетах диаметр трубы (b), ширина траншеи, толщина подушки песка под трубой ($h_{\text{п}} = 0,1$ м). Однако в процессе строительства данные параметры могут отклоняться от расчетных по тем или иным причинам. Рассмотрим характер влияния ошибок на возможные деформации.

Прогнозные расчеты деформаций пучения ненагруженного основания под трубой могут быть выполнены по формуле

$$H_{fi} = h_f(1 - (g + h_{\text{п}}) / g_f), \quad (35)$$

где h_f – предполагаемая величина деформаций в районах талика;

g – глубина заложения трубы;

$h_{\text{п}}$ – толщина подушки грунта под трубой;

g_f – глубина промерзания грунта.

Постановка задачи. Определим влияние погрешности глубины заложения трубопровода на возможное появление деформации, полагая при этом, что сезонная глубина промерзания постоянна, как и толщина подушки грунта под трубой. Продифференцировав формулу (35) при указанных ограничениях, получим:

$$d(H_{fi}) / dg = -h_f / g. \quad (36)$$

Расчеты показывают, что ошибки, в зависимости от влажности в слое сезонного промерзания, при предвычислении возможных деформаций погрешности могут достигать 20 см. Если учесть, что современные георадары позволяют определить границы объектов с точностью порядка 10 см, то суммарную погрешность нельзя не принимать во внимание.

С помощью современных технических средств наиболее надежная информация по глубине залегания трубы может быть получена трассоискателями, в то время как георадарные технологии хорошо зарекомендовали себя при определении слоев грунтов и обнаружении объектов. Кроме георадарных технологий, в комплексных инженерных изысканиях, выполняемых ОАО «СибНИИНП», широко применяются методы электроразведки. Последняя хорошо зарекомендовала себя при картировании вечномёрзлых грунтов. Электроразведка достаточно эффективна и при установлении и прослеживании тектонических нарушений, зон трещиноватости, выявлении и оконтуривании закарстованных участков на территориях нефтегазовых месторождений.

Пример результатов геофизических изысканий на Северо-Уренгойском месторождении приведен на рисунке 28. Обследования проведены с целью оконтуривания участков «вечной мерзлоты» вдоль линии электропередачи. На графике можно увидеть участки распространения многолетнемерзлых грунтов, так как определенный слой грунта характеризуется уникальным соответствующим цветом. На этапе изысканий важно локализовать отдельные линзы «вечной мерзлоты» и проложить трассу в стороне от них.

При расшифровке технических характеристик («букв» и «цифр») специалисты определяют площадь и глубину распространения «вечной мерзлоты».

По нашему мнению, в актуализированную редакцию строительных норм и правил необходимо включить методическое решение по размещению коридора линейных коммуникаций нефтегазового месторождения относительно нижней составляющей бугра пучения «вечной мерзлоты». На основе выполненных исследований считаем целесообразным учитывать и ослаблять влияние эксплуатационных факторов коридора линейных коммуникаций на жизнедеятельность бугра пучения.

Следует подчеркнуть, что на этапе проведения инженерных изысканий необходимо основательно изучить природу возникновения и жизнедеятельности бугров пучения «вечной мерзлоты». В отечественной литературе формирование

миграционных бугров пучения относят к одним из самых опасных геологических процессов, оказывающих влияние на находящиеся в эксплуатации коридоры коммуникаций трубопроводов, автомобильные и железные дороги, взлетно-посадочные полосы аэродромов, товарные парки резервуаров временной сохранности нефти и другие инженерные сооружения.

Отечественные и зарубежные ученые-геологи занимаются изучением природы возникновения и распространения, миграции бугров пучения. В инженерной геологии для этих целей используют специальный термин «пальза» – бугор с ядром из льда и сопутствующих торфяных или минеральных отложений. Кроме Российской Федерации, территория которой до 70 % состоит из мерзлотных пород, бугры пучения широко распространены в Канаде, Северной Америке, в скандинавских странах. Однако именно Россия наиболее активно сталкивается с необходимостью учета жизнедеятельности бугров пучения, так как наиболее активно создает и развивает промышленную инфраструктуру в северных районах Западной и Восточной Сибири и на Крайнем Севере.

Отечественные специалисты достигли определенных успехов в поисках системы формирования миграционных бугров пучения «вечной мерзлоты». Так Васильчук Ю. К. считает, что первоначально бугры пучения своим появлением обязаны озерам и морозобойным трещинам, он разработал принципиальную схему их формирования [31]. Однако, сам процесс жизнедеятельности изучен недостаточно. Очень много вопросов возникает при исследовании геометрических параметров и внутренней сущности бугров. В зарубежных публикациях, например, в работах [113, 114] отмечено, что за 80 лет значительная часть бугров не оттаяла, несмотря на глобальное потепление. Рекордно низкие температуры, зафиксированные зимой 2016 г. в Сургуте, на севере Томской области, лишь убеждают в необходимости комплексного пространственного мониторинга с подключением специалистов разных научных направлений. Геодезисты-изыскатели могут внести в решение этой важной научно-технической задачи весомый вклад. При организации и выполнении геодезического пространственного мониторинга с анализом

данных дистанционного зондирования необходимо установить характер жизнедеятельности бугра пучения: стабильный или миграционный.

Анализ изменений геометрических параметров инженерных сооружений, срок эксплуатации которых превышает 30 и более лет, показывает, что деформации происходят не только в виде осадок, но и в виде выпучивания. На первоначальном сроке эксплуатации (как правило, до пяти лет) происходит общая осадка на значительной площади. Здесь особую опасность представляют провисы трубопроводов над земной поверхностью. Затем наблюдаются мерзлотное вспучивание, а на многочисленных переходах через реки, ручьи – и всплытие трубопроводов. В ряде случаев для ослабления высоты подъема, которая превышает 1 м, приходится увеличивать число железобетонных пригрузов, но и они могут подвергнуться разрушению на вершинах бугров [7, 72, 31].

После детальных исследований (геологических, геофизических, геодезических, георадарных обследований с установлением границ верхней и подземной составляющей) в качестве наиболее безопасного расстояния до коридора коммуникаций можно считать расстояние в 50 м от подземной границы. Этот факт должен учитываться при составлении земельного отвода.

Пусть по результатам инженерных изысканий длина трубопроводов определена с высокой точностью, и ее можно считать постоянной. Разность деформаций, обусловленную мерзлотным пучением, будем считать величиной переменной. Для перехода к погрешностям имеем:

$$d(\varepsilon_f) / dL_T = - Dh_{fp} / L_T^2. \quad (37)$$

Из формулы (37) следует, что для повышения надежности расчетов по определению возможной деформации трубопровода в районах «вечной мерзлоты» (при наличии таликовых зон на территории нефтегазового месторождения) рекомендуется определять разность деформаций пучения на коротких интервалах трубопровода. С этой целью на холмистой местности следует выполнять тригонометрическое нивелирование короткими лучами (20 м, а в наиболее опасных уча-

стках, в непосредственной близости бугров пучения «вечной мерзлоты» или нахождения талика, до 10 м). Последняя успешно может быть решена современными электронными тахеометрами при оптимальном проектировании и создании на территории нефтегазового месторождения планово-высотного геодезического обоснования. Предпочтение следует отдавать сетям замкнутых полигонов повышенной точности по сравнению со стандартными требованиями. От создания опорной геодезической сети на территории изысканий и последующего обустройства месторождения с соответствующим сгущением обоснования зависит эффективность всего комплекса геодезических работ, включая геодезический пространственный мониторинг по завершению строительства инженерных сооружений.

В качестве примера удачного решения при выносе в натуру геодезического обоснования и закреплении на местности можно привести обоснование, созданное полевыми подразделениями ОАО «СибНИИ НП» при обустройстве опытно-промышленного участка Терско-Камовского лицензионного блока. Схема сети из замкнутых полигонов представлена на рисунке 30.

К достоинствам данного проекта геодезического обоснования можно отнести локализацию промышленных площадок, вертолетной площадки, площадок кустов и карьера, что позволяет в случае необходимости их реконструкции или при выявлении недопустимых невязок по результатам обработки геодезических измерений выполнять повторные измерения не всей геодезической сети, а ее отдельных полигонов. При геодезическом пространственном мониторинге такое планово-высотное обоснование позволяет осуществлять прогнозирование осадок и деформаций на наблюдаемой и «соседней» промышленных площадках. Для этих целей, как и для поиска оптимального варианта прохождения трассы, достаточно эффективно может быть использовано воздушное лазерное сканирование [7].

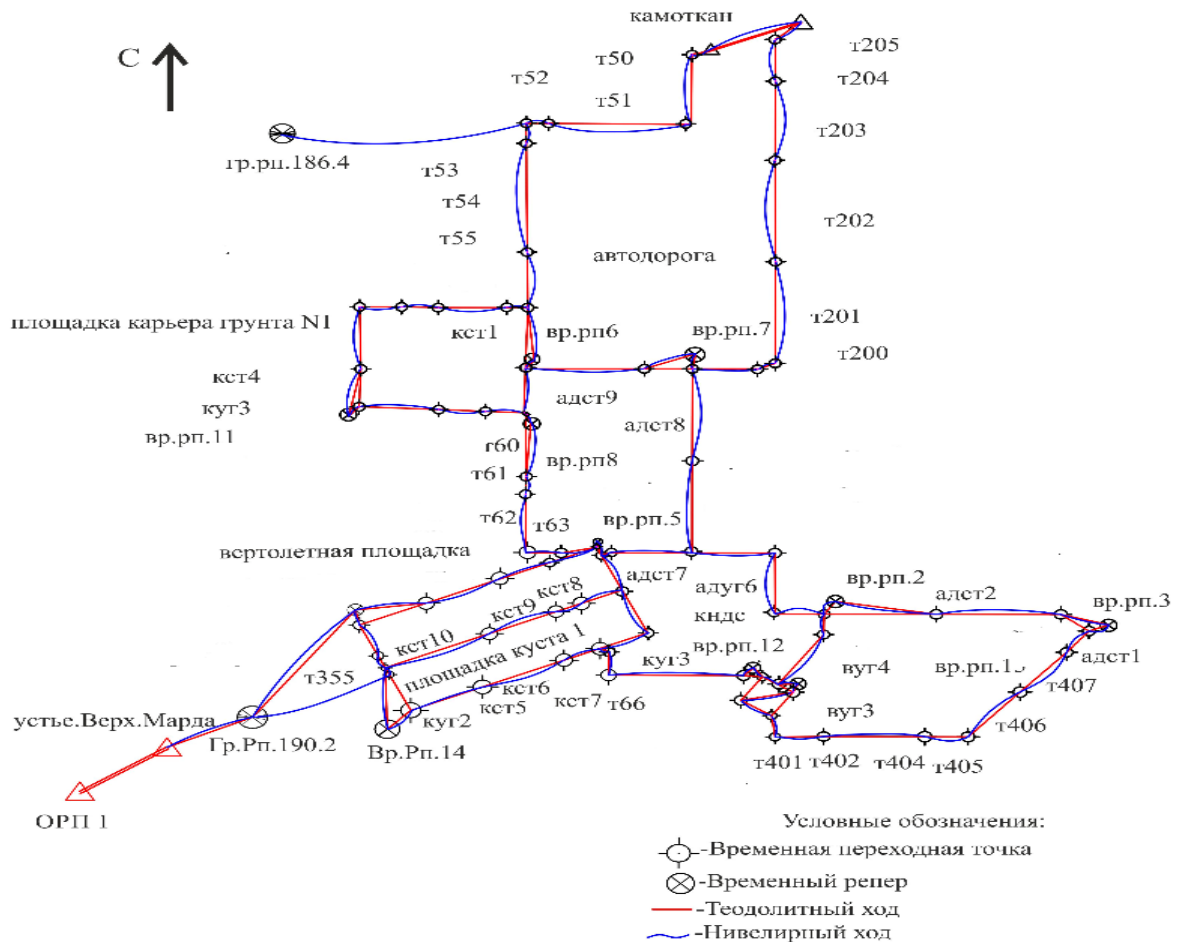


Рисунок 30 – Схема планово-высотного геодезического обоснования

Проектным предприятиям, выполняющим комплексные инженерные изыскания на нефтегазовых месторождениях, расположенных на северных территориях Западной и Восточной Сибири (с наличием таликов и бугров пучения «вечной мерзлоты», с прерывистым распространением многолетних мерзлотных пород), а также организациям, выполняющим расчеты по определению устойчивости оснований трубопроводов и возможным возникновениям деформационных процессов, следует учитывать ошибки геопространственных данных, получаемых по результатам не только геодезических измерений, но и с помощью георадарных обследований, с учетом информационной составляющей от наземного и воздушного лазерного сканирования. Опыт использования георадаров в ведущих проектно-изыскательских организациях, выполняющих большой объем инженерных изысканий на севере Западной Сибири, таких, как ОАО «СургутНИПИнефть»

(г. Сургут, используется георадар SIR-2 производства американской фирмы GSSI), ОАО «СибНИИИП» (г. Тюмень, использовался георадар «ОКО-2» отечественного производства), показывает, что георадары эффективно определяют мощность пластов торфа, обнаруживают имеющиеся пустоты, глубины озер и таежных ручьев. Однако данные, полученные от георадарных обследований при наличии «сложных» грунтов, не всегда дают достоверную информацию. Для качественного проведения инженерных изысканий необходимо выполнить дополнительные буровые и геофизические работы для точного определения подземной составляющей.

Приборный измерительный комплекс, разработанный нами, позволяет решить эту проблему. Пример данных, полученных от георадара по определению подземного положения трубы водовода, представлен на рисунке 31.

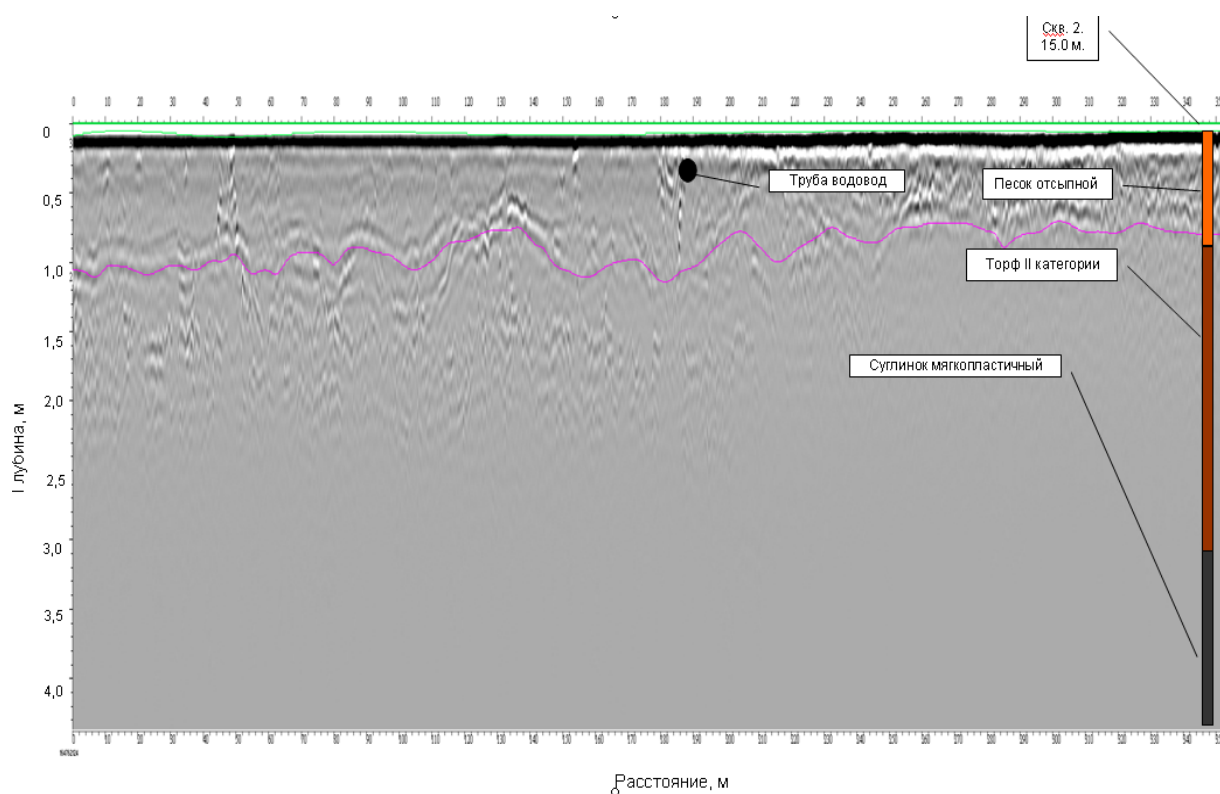


Рисунок 31 – Определение положения дренажной трубы

Одна из проблем изысканий мест расположения коридоров коммуникаций на северных нефтегазовых месторождениях заключается в том, что изыскивать варианты приходится «строго» в границах земельного отвода проекта планировки

и межевания линейных и площадных объектов. Последний в течение 7–8 месяцев согласовывается и утверждается федеральными органами. Изменение этого проекта весьма затруднительно, что создает сложности при строительстве инженерных сооружений в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. В качестве примера рассмотрим изыскания на Северо-Сарембойском месторождении. Коридор коммуникаций изыскан строго в соответствии с границами земельного отвода, между существующими возвышенностями, высота которых достигала 2,5 м. Подход к кустовой площадке затруднен. По результатам исполнительной топографической съемки масштаба 1 : 500, на основе данных, полученных из геологических и геофизических исследований, были приняты оптимальные в данных условиях проектные варианты по расположению коридора линейных коммуникаций, состоящего из напорного нефтепровода, газопровода, водовода, автомобильной дороги и линии электропередачи, а также осуществлен выбор местоположения кустовой и вертолетной площадок. Фрагмент исполнительной топографической съемки района Северо-Сарембойского нефтегазового месторождения представлен на рисунке 32.

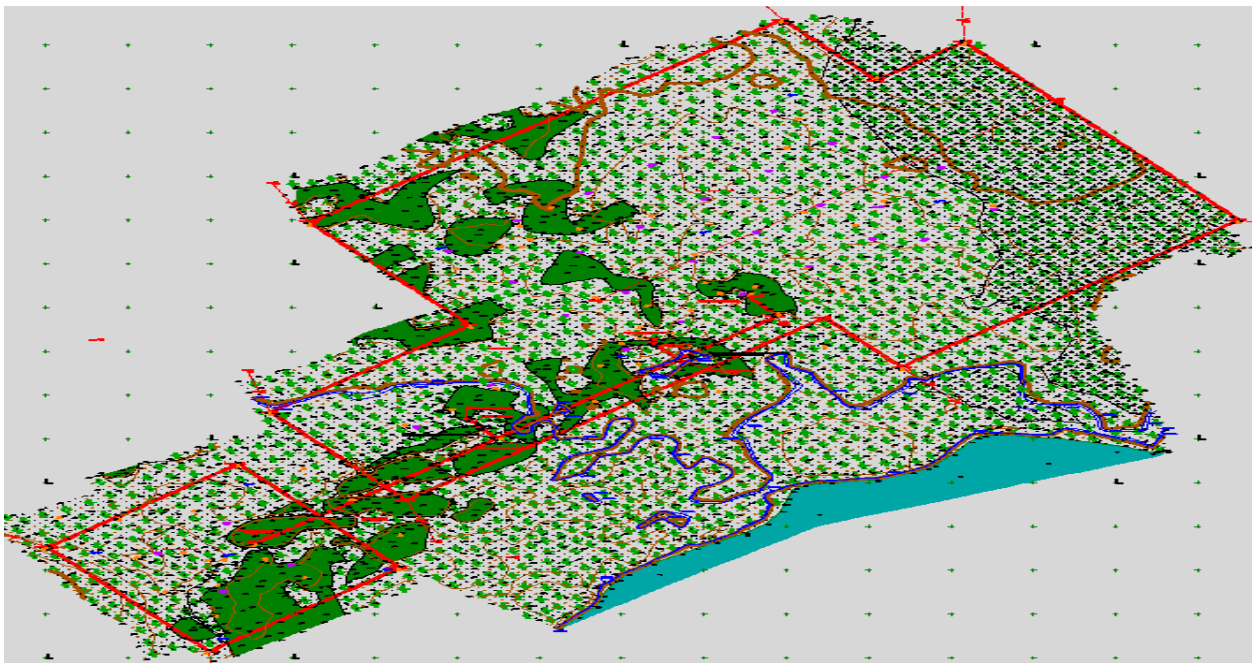


Рисунок 32 – Фрагмент исполнительной съемки района изысканий

По результатам топографических съемок и материалов комплексных инженерных изысканий осуществляется поиск оптимального расположения строительной площадки. Пример такого выбора представлен на рисунке 33.

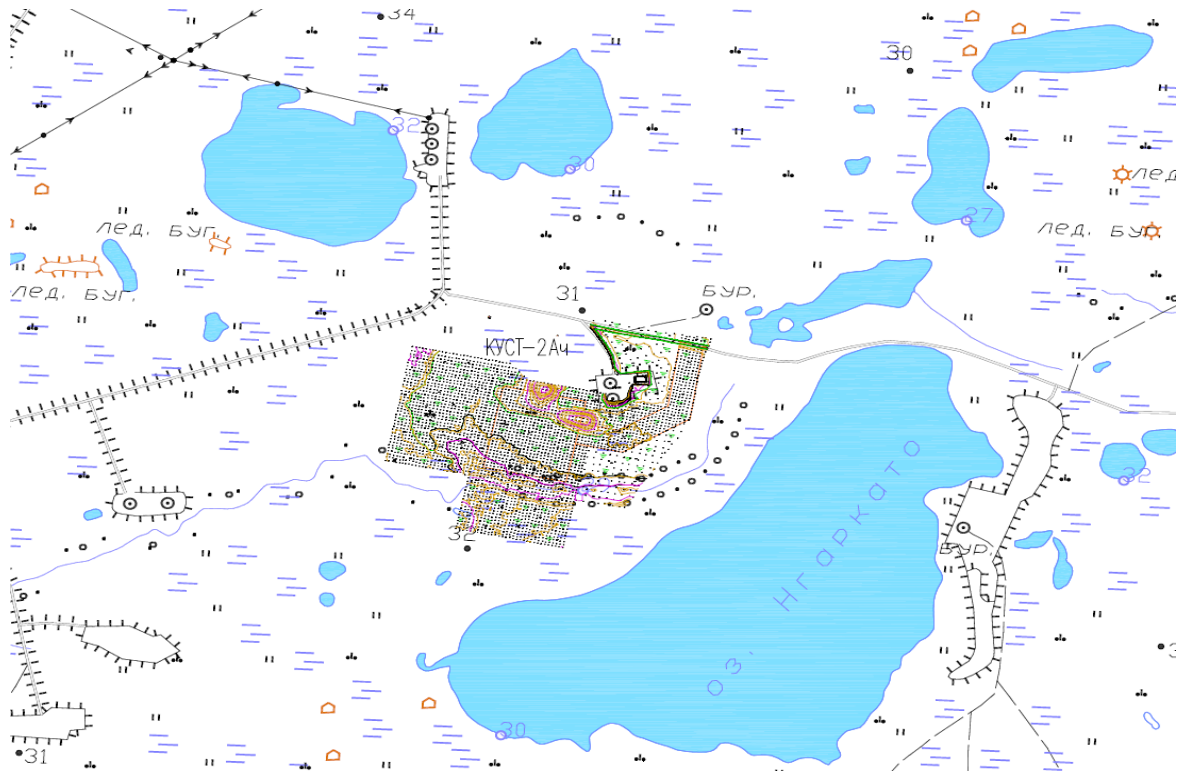


Рисунок 33 – Схема размещения площадки

Первый доотвод земельного участка обусловлен тем, что произошло изменение местоположения кустовой площадки. Второй доотвод земельного участка вызван тем, что по просьбе заказчика в процессе комплексных инженерных изысканий возникла необходимость проработки двух вариантов прохождения трассы автомобильной дороги. Трасса автомобильной дороги «подводится» к кустовой площадке после определения направления движения бурового станка (НДС) и определения координат первой буровой скважины, а также согласованного и утвержденного варианта прохождения автомобильной дороги в соответствии с генеральным планом. По результатам инженерных изысканий разработано два варианта прохождения автомобильной дороги. Варианты прохождения трасс автомобильных дорог и доотводы земельных участков представлены на рисунке 34.

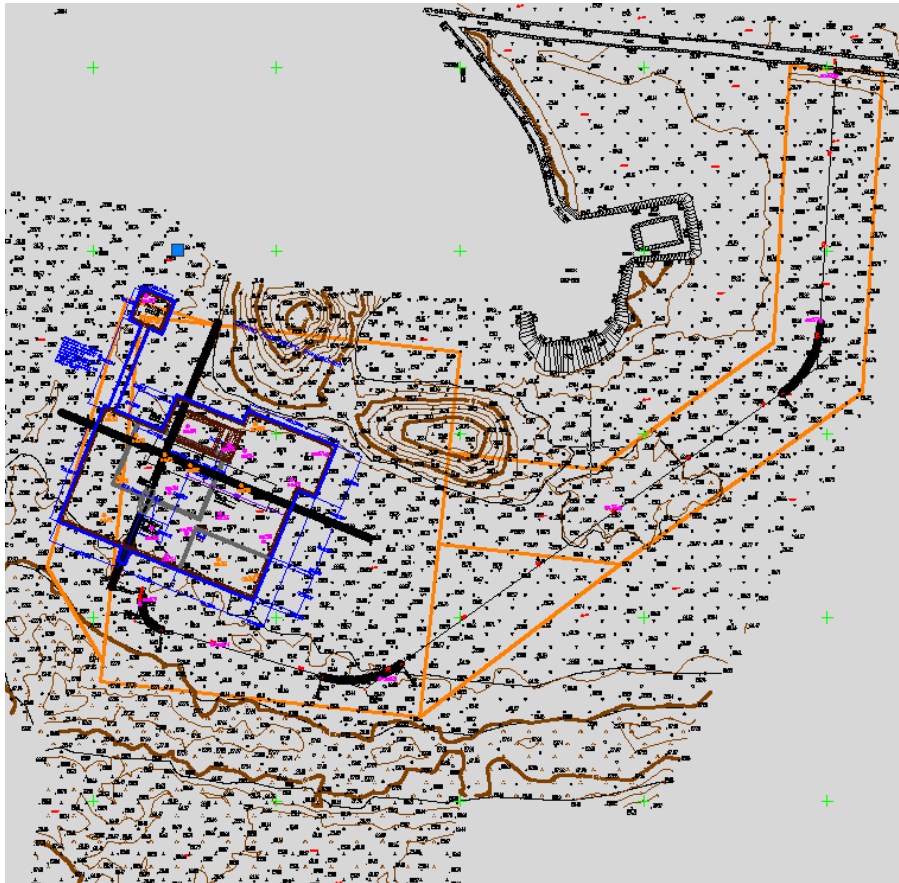


Рисунок 34 – Исполнительная съемка куста на Ямбургском месторождении

3.3 Организация геодезического пространственного мониторинга на нефтегазовых месторождениях

Необходимость организации комплексного пространственного геодезического мониторинга как за находящимися в эксплуатации нефтегазовыми месторождениями, так и за вновь строящимися, подтверждает ситуация, складывающаяся на Бованенковском месторождении [61,73,74].

Бованенковское месторождение по запасам газа является одним из крупнейших в мире. Его эксплуатация началась в 2012 г. с пуском первой установки комплексной подготовки газа. В течение ближайших лет планируется запустить в эксплуатацию три газовых промысла, работу которых должны обеспечивать четыре установки комплексной подготовки газа, 12 дожимных комплексных станций с общим количеством скважин, превышающим 700 штук.

Жизнедеятельность любого месторождения зависит от многочисленных производственных, инфраструктурных и вспомогательных инженерных сооружений. Успешная эксплуатация последних невозможна без хорошо развитой дорожной сети, внутрипромысловых и подъездных автодорог для доставки технологического оборудования, обслуживающего персонала и т. п.

При эксплуатации автомобильных дорог в непосредственной близости от районов строительства наблюдаются обвалы почвы. Пример обвала почвы показан на рисунке 35.



Рисунок 35 – Обвалы почвы в районе строительства автодороги

Можно предположить, что в связи с аномально теплым летом (до 40° С) происходит таяние мерзлоты и обвал берегов озера вблизи автодорог. Однако, примерно в 30 километрах от поселка Бованенково вертолетчики обнаружили карстовый провал в виде «черной дыры», происхождение которой до сих пор вызывает споры ученого сообщества. Через какое-то время аналогичная «черная дыра», только меньшим размером в диаметре, была обнаружена оленеводами при-

мерно на таком же расстоянии от месторождения. Безусловно, такие обстоятельства свидетельствуют о необходимости организации комплексного геодезического пространственного мониторинга не только за эксплуатируемыми инженерными сооружениями, но и за прилегающими к месторождению территориями. Пример «черной дыры» на земной поверхности в районе Бованенковского месторождения представлен на рисунке 36.



Рисунок 36 – «Черная дыра» на Бованенковском месторождении

Можно предположить, что геометрические изменения на земной поверхности различной степени интенсивности, в разных направлениях и амплитудах в районе месторождения происходят постоянно. Подтверждением этому могут служить изменения в дорожном покрытии подъездных автомобильных дорог к кустовым площадкам. Дорожная одежда представляет из себя «конструкцию» из набора железобетонных плит, пространственное

положение последних постоянно изменяется, поэтому необходимо определять причину таких изменений.

Геодезический мониторинг совместно с другими видами мониторинга (геологическим, гидрологическим, температурным, экологическим и т. п.) может позволить установить характер и причинно-следственные взаимосвязи техногенных процессов. При этом особенно важно исследовать природу происходящих явлений, определить причины деформации железобетонных плит, составляющих основу дорожной одежды. На рисунке 37 представлен фрагмент дорожной одежды из железобетонных плит.



Рисунок 37 – Фрагмент подъездной дороги
на Бованенковском месторождении

Деформации могут быть обусловлены воздействием автомобильного транспорта, сезонным подтаиванием грунтов (локальный характер), а также глобальными причинами (мировое изменение климата, изменения техногенного характера, происходящие на всей территории месторождения и за ее пределами).

Деформации плит вызывают неплотное прилегание плит с цементно-песчаной смесью, вследствие чего происходит размыв земляного полотна, и, как следствие, сокращение срока эксплуатации дорожной одежды.

На рисунке 38 представлен фрагмент определения «провисания» бетонной плиты над земляным полотном на одном из участков автодороги.

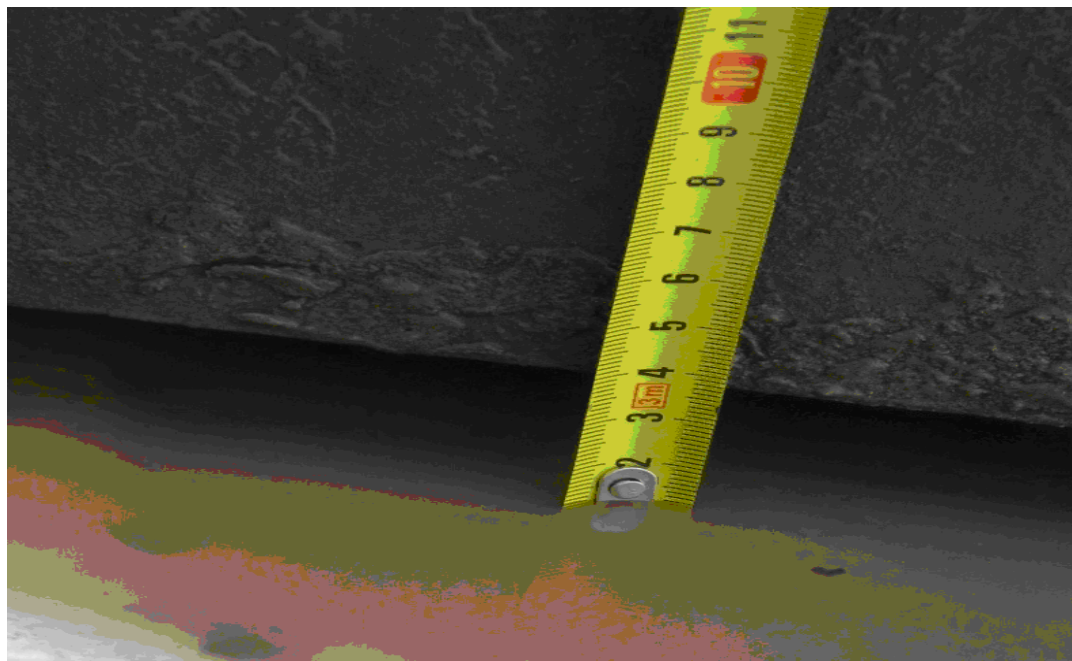


Рисунок 38 – Определение величины «провисания» бетонной плиты

Для учета всевозможных деформационных процессов, обнаружения карстовых провалов, прогнозирования поведения земной поверхности, а также для обеспечения успешной эксплуатации инженерных сооружений и месторождений нефти и газа в районах Западной Сибири, Крайнего Севера необходимо осуществлять геодезический пространственный мониторинг.

Структурная схема организации геодезического пространственного мониторинга за состоянием инженерных сооружений на Бованенковском месторождении представлена на рисунке 39.

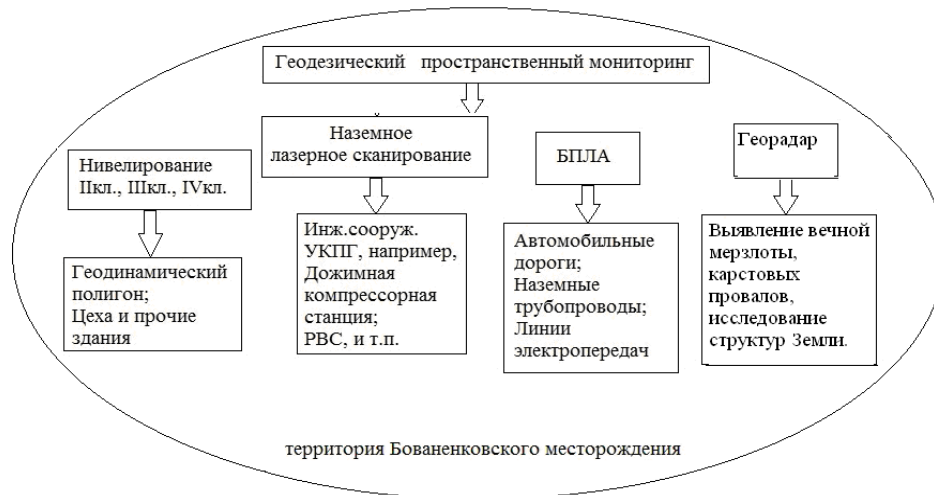


Рисунок 39 – Блок-схема организации геодезического пространственного мониторинга

Данная схема позволяет осуществить выбор геодезических методов, приборов и оборудования для организации геодезического пространственного мониторинга на территории месторождений нефти и газа. Она акцентирует внимание на необходимости детальных геодезических наблюдений за осадками и деформациями инженерных сооружений, на необходимости применения новейших технологий, воздушного и наземного лазерного сканирования, георадаров, беспилотных летательных аппаратов с обязательным сопровождением ГНСС для выявления разрушений земной поверхности и обнаружения провалов почвы на территории нефтегазовых месторождений и за ее пределами. Ученым-геодезистам, специалистам, занимающимся разработкой и эксплуатацией месторождений полезных ископаемых, в ближайшие годы предстоит решить эту важную научно-техническую проблему [1, 2, 3, 74].

Выбрав площадку, разумно сказать о том, что при капитальном строительстве и в процессе эксплуатации необходимо наблюдение за деформацией и осадками зданий и сооружений.

На рисунке 40 представлена 3D-модель установки подогрева нефтепродуктов (УПН) Сергинского месторождения.

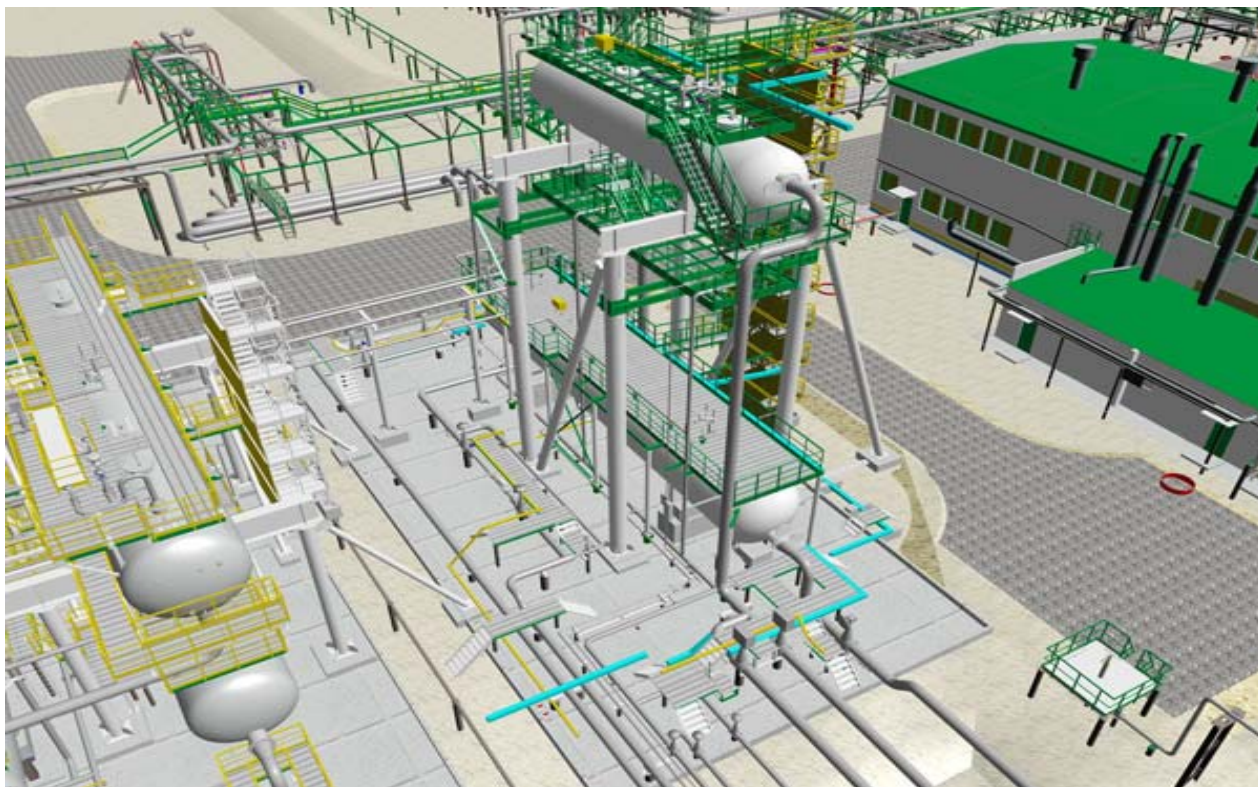


Рисунок 40 – 3D-модель установки подогрева нефтепродуктов
Сергинского месторождения

Таким образом, можно сделать вывод об оптимальном выборе площадки для установки подогрева нефтепродуктов и площадки кустов нефтяных скважин. Созданы основы для развития комплексного геодезического пространственного мониторинга по обустройству и эксплуатации Сергинского месторождения.

В процессе выполнения полевых инженерных изысканий с участием автора диссертационного исследования по объекту «Обустройство Ямбургского месторождения на период опытно-проектных работ. Карьеры песка» при предварительном координировании границ и выборе местоположения кустовой площадки для проектирования было сделано предположение, что два бугра пучения, находящиеся в непосредственной близости от района работ, имеют признаки «вечной мерзлоты».

Фрагмент опорной геодезической сети для обустройства Ямбургского месторождения представлен на рисунке 41.

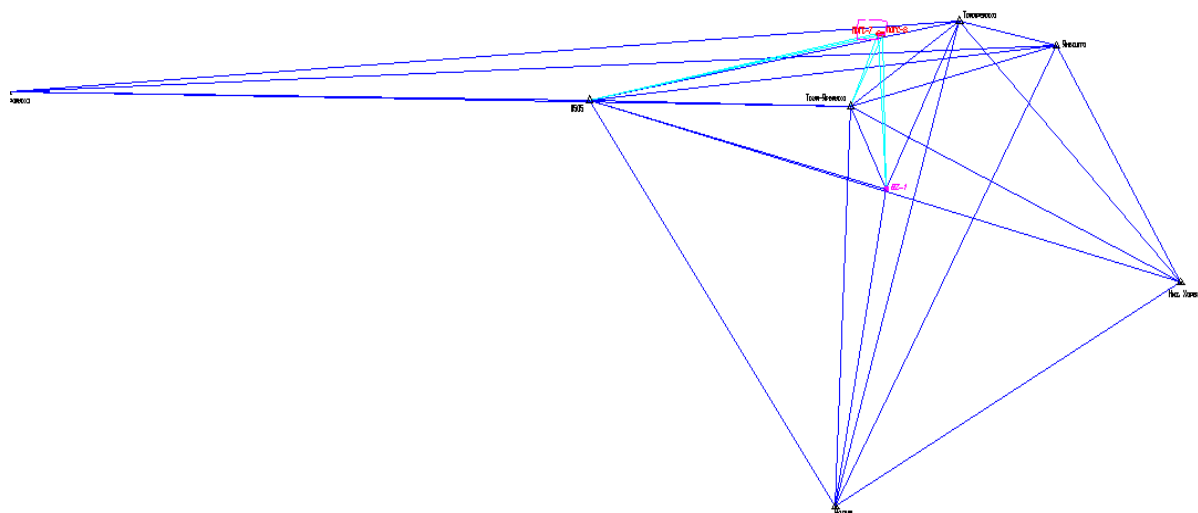


Рисунок 41 – Схема опорной геодезической сети на Ямбургском месторождении

В таблице 8 по результатам обработки спутниковых геодезических измерений показаны компоненты эллипса погрешностей.

Таблица 8 – Компоненты эллипса погрешностей

Имя точки	Большая полуось, м	Малая полуось, м	Азимут
ВЗ-1	0,056	0,043	173°
ПОГС-5	0,089	0,055	175°
ПОГС-6	0,080	0,058	21°
ПОГС-7	0,075	0,061	163°
ПОГС-8	0,088	0,066	156°
Ярайяха	0,101	0,078	4°

На этапе предпроектной проработки по материалам имеющихся топографических карт и планов на космических снимках были показаны границы данного земельного отвода и проектируемые кустовые площадки, а также оси изыскиваемых автомобильных дорог, предварительное местоположение перспективных карьеров песка.

В дальнейшем результаты полевых инженерно-геодезических, геологических и геофизических изысканий полностью подтвердили этот факт. Специалисты

ООО «Гипронг-Траст» были вынуждены предпринять действия к выбору оптимального местоположения площадки, т. е. проработке вариантов ее смещения.

Перспективная схема участков расположения карьеров песка показана на рисунке 42.

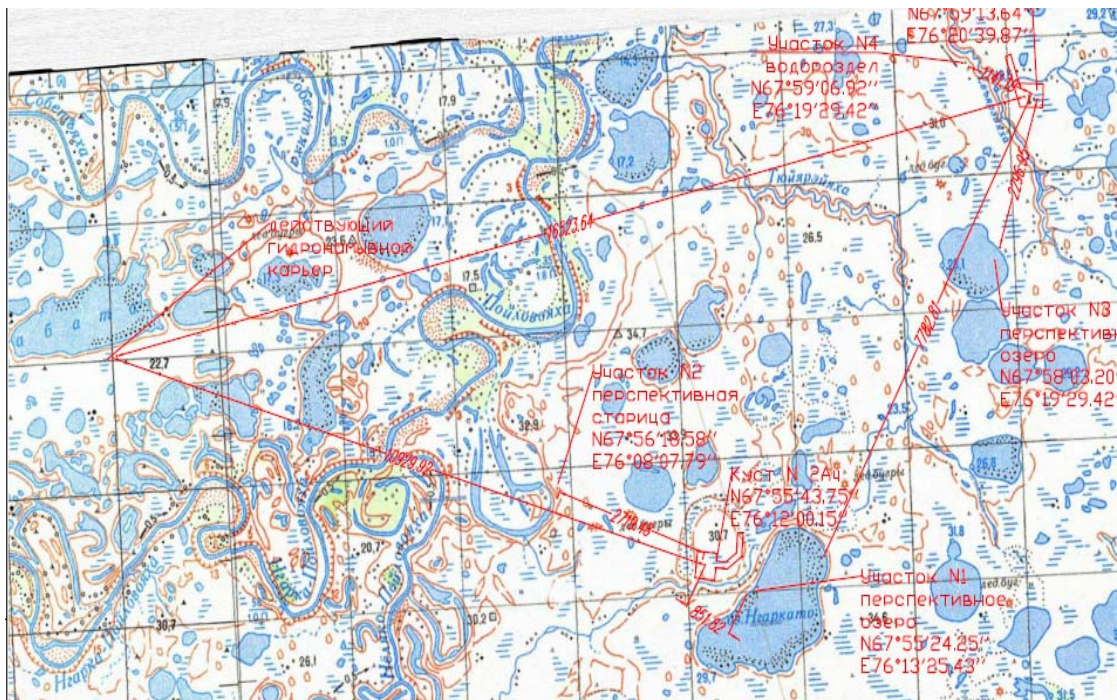


Рисунок 42 – Схема участков расположения карьеров песка

В связи с этим пришлось прорабатывать второй вариант прохождения трассы автомобильной дороги и вносить коррективы (два доотвода земельных участков). После завершения комплекса инженерных изысканий материалы по данному объекту были переданы заказчику ООО «Газпромнефть-Ангара» с конкретными рекомендациями по поводу правильного, безопасного расположения кустовой площадки и трассирования оптимального варианта подъездной автомобильной дороги. Для отсыпки кустовых площадок и автомобильных дорог к ним требовалось также определить карьеры песка. Специфической особенностью разведки и поисков карьеров песка является то, что необходимо использовать песок, находящийся в естественном состоянии, а не в мерзлом. Поэтому данные по мерзлотному состоянию песка исследовались грунтовой лабораторией, при этом опре-

делялся грансостав песка. Результаты дистанционного зондирования поверхности Земли по снимкам, полученным со спутников (рисунок 43), как правило, недостаточно.



Рисунок 43 – Данные дистанционного зондирования на район изысканий

3.4 Выводы по третьему разделу

Северные районы Западной, Восточной Сибири, районы Республики Саха – Якутия, районы Дальнего Востока, все территории Российской Федерации, где встречаются бугры пучения, предлагается разделить на 5 категорий, и на основе этой классификации регламентировать технологию инженерных изысканий и точность геодезических измерений. Целесообразно разрабатывать и внедрять приборные комплексы, объединяющие в себе ГНСС-технологии, электронную тахеометрию, георадарное обследование с возможностью выполнения геологических работ. Примером может служить разработанный изыскательский комплекс [79].

Коридоры линейных коммуникаций на нефтегазовых месторождениях должны располагаться с низовой стороны от бугра пучения «вечной мерзлоты» с учетом границ верхней и подземной составляющих. При этом расстояние от верхней составляющей бугра пучения до первой трубы коридора должно быть не менее 100 м, а от подземной границы – не менее 50 м, с обязательной укладкой нефтяной трубы в наиболее удаленном месте от бугра пучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных научных исследований поставленная цель достигнута, сформулированные задачи решены.

Итоги выполненных исследований заключаются в следующем:

- выполнен анализ существующих отечественных и зарубежных методик инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений, который показал необходимость разработки новых технологических решений по совершенствованию инженерно-геодезических изысканий коридоров линейных коммуникаций с учетом особенностей нефтегазовых месторождений Крайнего Севера;

- разработана система классификации нефтегазовых месторождений в зависимости от их площади и наличия бугров пучения, включающая в себя 5 категорий и позволяющая систематизировать обоснование выбора геодезических средств измерений в зависимости от предложенных категорий нефтегазовых месторождений;

- усовершенствована методика по выбору оптимального пространственного расположения трасс линейных коммуникаций, входящих в коридор коммуникаций нефтегазовых месторождений Крайнего Севера, за счет включения новых показателей, максимально учитывающих природный и техногенный характер территории, что позволяет выбрать наиболее экономичный, экологически безопасный вариант трассирования;

- разработаны технологические решения, регламентирующие точность геодезических измерений при выполнении инженерно-геодезических изысканий для месторождений с буграми пучения, позволяющие получить достоверное отображение инфраструктуры коридоров коммуникаций на топографических планах;

- сформулированы рекомендации по актуализации строительных норм и правил по проектированию коридоров линейных коммуникаций, которые позволяют учитывать особенности северных территорий, что способствует повышению сроков безопасной и безаварийной эксплуатации трубопроводов;

– разработан и внедрен в производство приборный комплекс для инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий на нефтегазовых месторождениях, позволяющий сократить время производства полевых работ в 2 раза, обеспечивающий единый технологический процесс с эффективным использованием ГНСС-технологий, электронного тахеометра, бурового станка и георадарного обследования (получен патент РФ на полезную модель № 164037);

– результаты диссертационного исследования внедрены в ОАО СибНИИИП, в ЗАО «ГИДРОМАШСЕРВИС» и успешно использовались при проведении изысканий на Сергинском, Сугмутском, Муравленковском, Северо-Уренгойском, Северо-Саренбойском, Ямбургском нефтегазовых месторождениях, а также при трассировании линейного участка магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток».

Экономия денежных средств при внедрении разработанных технологических решений составила более 30 % от первоначальной сметной стоимости инженерных изысканий, что подтверждается актами о внедрении результатов научно-исследовательской работы.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в рамках выполнения Государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года». Перспектива дальнейших научных исследований направлена на разработку и внедрение технологических решений для успешного освоения Арктики и Арктического шельфа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Андреев, В. Н. Принятие оптимальных решений в лесном комплексе [Текст] / В. Н. Андреев, Ю. Ю. Герасимов. – Йоэнсуу : Изд-во университета Йоэнсуу, 1999. – 200 с.
- 2 Антонович, К. М. Геодезический контроль линейной части магистральных трубопроводов с использованием спутниковых технологий [Текст] / К. М. Антонович, А. М. Олейник, Г. А. Уставич // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 1. – С. 62–66.
- 3 Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]. В 2 т. Т. 1 / К. М. Антонович. – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 334 с.
- 4 Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]. В 2 т. Т. 2 / К. М. Антонович. – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – 360 с.
- 5 Бабин, Л. А. Влияние топографических карт и шага сети на выбор оптимальной трассы магистрального газопровода [Текст] / Л. А. Бабин, Ф. Т. Ахметзянова // Реф. сборник ВНИИГазпрома. – 1973. – № 3. – С. 18–23.
- 6 Баранов, М. А. Исследование факторов, определяющих величину ошибки в объеме земляных работ [Текст] / М. А. Баранов, В. А. Струченков // Труды ЦНИИ транспортного строительства. – Вып. № 58. – 1972. – С. 115–125.
- 7 Бердников, Н. М. Бугры пучения в различных ландшафтах бассейна реки Надым [Текст] / Н. М. Бердников // Криосфера Земли. – 2012. – Т. XVI, № 3. – С. 81–86.
- 8 Берлянт, А. М. В. И. Вернадский и проблемы геодезии и картографии [Текст] / А. М. Берлянт, В. В. Полевцев // Геодезия и картография. – 1988. – № 5. – С. 49–53.
- 9 Берлянт, А. М. Картографическая генерализация и теория фракталов [Текст] / А. М. Берлянт, О. Р. Мусин, Т. В. Собчук. – М. : МГУ, 1998. – 35 с.

10 Биндер, И. О. Инженерно-геодезические изыскания для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства [Текст] / И. О. Биндер, П. П. Мурзинцев // Геодезия и картография. – 2011. – № 11. – С. 6–9.

11 Биндер, И. О. Инженерно-геодезические изыскания линейного участка магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» [Текст] / И. О. Биндер // Инженерные изыскания. – 2014. – № 5-6. – С. 64–67.

12 Биндер, И. О. Инновации в инженерно-геодезических изысканиях при обустройстве нефтегазовых месторождений в районах Крайнего Севера. [Текст] / И. О. Биндер // Сборник материалов межрегиональной междисциплинарной научной конференции «Традиции и инновации в начале XXI столетия. – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 147–150.

13 Биндер, И. О. О назначении точности инженерно-геодезических изысканий коридоров коммуникаций нефтегазовых месторождений Западной Сибири с учетом техногенных рисков [Текст] / И. О. Биндер, П. П. Мурзинцев // Геодезия и картография. – 2012. – № 7. – С. 29–32.

14 Биндер, И. О. Об учете погрешностей геодезического обеспечения при строительстве, мониторинге и предрасчетах деформаций трубопроводов [Текст] / И. О. Биндер, П. П. Мурзинцев // Геодезия и картография. – 2015. – № 6. – С. 13–16.

15 Биндер, И. О. Особенности инженерно-геодезических изысканий линейного участка магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» [Текст] / И. О. Биндер, П. П. Мурзинцев // Геодезия и картография. – 2011. – № 1. – С. 49–53.

16 Болгов, И. Ф. Пути повышения производительности труда в инженерно-геодезическом производстве при проложении трасс и ходов рабочего обоснования [Текст] / И. Ф. Болгов, И. Ф. Иванов. – Куйбышев : Изд-во Куйбышевского инж.-строит. ин-та, 1971. – 53 с.

17 Большаков, В. Д. Геодезия. Изыскания и проектирование инженерных сооружений [Текст] : справ. пособие / В. Д. Большаков, Е. Е. Ключин, И. Ю. Васютинский. – М. : Недра, 1991. – 238 с.

18 Бородавкин, П. П. Оптимизация трасс магистральных газопроводов [Текст] / П. Я. Бородавкин, Л. А. Бабин, А. К. Дерцакян. – М. : ВНИИГазпром, 1970. – 240 с.

19 Бородавкин, П. Я. Сооружение магистральных трубопроводов [Текст] / П. Я. Бородавкин, В. Л. Березин. – М. : Недра, 1977. – 73 с.

20 Бородавкин, П. Я.. Выбор оптимальных трасс магистральных трубопроводов [Текст] / П. Я. Бородавкин, В. Л. Березин, С. Ю. Рудерман. – М. : Недра, 1974. – 240 с.

21 Буч, Г. Объектно-ориентационное проектирование с примерами применения [Текст] / Г. Буч. – М., 1992. – 25 с.

22 Васильчук, Ю. К. Миграционные бугры пучения в заполярной части криолитозоны Средней Сибири / Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук, Т. Ю. Репкина // Инженерная геология. – 2013. – № 2. – С. 28–45.

23 Васильчук, Ю. К. Об особенностях формирования бугров пучения на севере Западной Сибири в голоцене [Текст] / Ю. К. Васильчук // Природные условия Западной Сибири. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. – С. 88–103.

24 Васильчук, Ю. К. Особенности инженерных изысканий для строительства трубопроводов в пределах бугристых ландшафтов зоны спорадического распространения многолетнемерзлых пород [Текст] / Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук // Инженерные изыскания. – 2014. – № 9–10. – С. 4–12.

25 Векилов, Э. Х. Экологические проблемы при освоении месторождений нефти Западно-Сибирского нефтегазоносного комплекса [Текст] / Э. Х. Векилов // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 11. – С. 32–35.

26 Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Текст] / Е. С. Вентцель – М. : КноРус, 2010. – 30 с.

27 Виллемс, Я. К. От временного ряда к линейной системе [Текст] / Я. К. Виллемс // Теория систем. Математические методы и моделирование : сб. статей. – М. : Мир, 1989. – С. 8–191.

28 ВСН 30-81 (Ведомственные строительные нормы). Инструкция по установке и сдаче заказчику закрепительных знаков и реперов при изыскании объектов нефтяной промышленности [Текст]. – Введ. 15.07.1981. – М. : Министерство нефтяной промышленности СССР, 1981. – 30 с.

29 ВСН 84-89 (Ведомственные строительные нормы). Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты [Текст]. – Утв. 13.03.1989. – М. : Министерство транспортного строительства СССР, 1989. – 177 с.

30 Выбор оптимальной трассы и способа прокладки магистрального газопровода [Текст] / Л. А. Бабин, В. Я. Волохов, Б. Ким и др. // Строительство трубопроводов. – 1972. – № 1. – С. 8–12.

31 Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов [Текст] / Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, Ю. Н. Чижова. – М. : Изд-во Моск. у-та, 2008. – 571 с.

32 Геодезический мониторинг подземных коммуникаций с применением 3D-моделирования [Текст] / И. О. Биндер, Д. Б. Буренков, Г. А. Гринь, П. П. Мурзинцев // Геодезия и картография. – 2011. – № 4. – С. 5–9.

33 Гиг Дж., ванн. Прикладная общая теория систем. В 2 кн. [Текст] / Дж. ванн Гиг. – М. : Мир, 1981. – 734 с.

34 Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири [Текст] : монография ; под ред. С. М. Новикова. – СПб., 2009.

35 Гилл, Ф. Практическая оптимизация : Пер. с англ. [Текст] / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. – М. : Мир, 1985. – 19 с.

36 ГКИНП (ГНТА)-03-010-03. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов [Текст]. – Введ. 1.02.2004. Федеральной службой геодезии и картографии России. – М. : Недра, 2003. – 312 с.

37 ГКИНП (ГНТА)-17-004-99. Инструкция о порядке контроля и приемки геодезических, топографических и картографических работ [Текст]. – Введ. 1.01.2000. – М. : ЦНИИГАиК. – 103 с.

38 ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS [Текст]. – Введ. 1.03.2002. – М. : ЦНИИ-ГАиК. – 70 с.

39 ГОСТ 21.301-2014. СПДС. (Межгосударственный стандарт). Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям [Текст]. – Введ. 1.07.2015. – М. : ОАО «ПНИИС». – 35 с.

40 ГОСТ Р 21.1101-2013. СПДС. (Национальный стандарт РФ). Основные требования к проектной и рабочей документации [Текст]. – Введ. 1.01.2014. – М. : ОАО «ЦНС». – 72 с.

41 ГОСТ Р 21.1701-97. (Государственный стандарт РФ). Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог [Текст]. – Введ. 1.06.1997. – М. : Минстрой России. – 30 с.

42 ГОСТ Р 55990-2014. (Национальный стандарт РФ). Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования [Текст]. – Введ. 1.04.2014. – М. : ФГУП, «Стандартинформ», 2015. – 94 с.

43 Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» [Текст]. – Утв. постановлением Правительства Российской Федерации 21.04.2014. № 366. – 76 с.

44 Гречищев, С. Е. Оптимизация области развития трасс трубопроводов [Текст] / С. Е. Гречищев, Ю. А. Сагайдачный // Строительство трубопроводов. – 1981. – № 3. – С. 9–20.

45 Гречищев, С. Е. Результаты численного моделирования оптимальных трасс газопроводов [Текст] / С. Е. Гречищев, В. Ф. Ли, Ю. А. Сагайдачный // Газовая промышленность. – 1985. – № 2. – С. 54–55.

46 Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты [Текст] / Б. И. Далматов. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-е, 1988. – 415 с.

- 47 Деруссо, П. Пространство состояний в теории управления (для инженеров) [Текст] / П. Деруссо, Р. Рой, Ч. Клоуз. – М. : Наука, 1970. – 52 с.
- 48 Дерцакян, А. К. Выбор оптимальной трассы газопроводов с учетом конструктивных схем их прокладки [Текст] : автореф. дисс. ... канд. техн. наук / А. К. Дерцакян. – Уфа, 1971. – 21 с.
- 49 Диксон, Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений [Текст] / Дж. Диксон. – М. : Мир, 1969. – 120 с.
- 50 Егоров, Д. Г. Информационные меры для анализа геологических самоорганизующихся систем [Текст] / Д. Г. Егоров ; Отв. ред. П. М. Горяинов. – СПб. : Наука, 1997. – 64 с.
- 51 Идентификация движения и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем по комплексным геодезическим и геофизическим наблюдениям [Текст] / В. А. Середович, В. К. Панкрушин, В. И. Кузнецов, Б. Т. Мазуров, В. Ф. Ловягин. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 320 с.
- 52 Использование математических методов и ЭВМ при проектировании продольного профиля железных дорог [Текст] // Труды ЦНИИ транспортного строительства. – Вып. № 101. – 1977. – 15 с.
- 53 Карпик, А. П. Роль геоинформационного обеспечения территорий [Текст] / А. П. Карпик // Геодезия и картография. – 2004. – № 12. – С. 35–36.
- 54 Карпик, А. П. Спутниковые измерения – основа формирования пространственного положения объектов [Текст] / А. П. Карпик, П. П. Мурзинцев, В. А. Скрипников // Третий Сибирский конгресс по прикладной и индустриальной математике (ИНПРiМ-98). – Новосибирск, 2004. – С. 4–7.
- 55 Карпик, А. П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе [Текст] : монография. / А. П. Карпик, А. Г. Осипов, П. П. Мурзинцев. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 280 с.
- 56 Климов, О. Д. Практикум по прикладной геодезии. Изыскания, проектирование и возведение инженерных сооружений [Текст] : учеб. пособие для вузов /

О. Д. Климов, В. В. Калугин, В. К. Писаренко. – 2-е изд., стереотипное. – М. : ИД «Альянс», 2008. – 271 с.

57 Кристофидес, Н. Теория графов. Алгоритмический подход [Текст] / Н. Кристофидес. – М. : Мир, 1978. – 432 с.

58 Ларионов, А. Д. О некоторых закономерностях формирования строительной стоимости новых однопутных железных дорог [Текст] / А. Д. Ларионов // Транспортное строительство. – 1977. – № 4. – С. 39–40.

59 Левин, А. Ю. Алгоритм кратчайшего соединения группы вершин графа [Текст] / А. Ю. Левин // Доклады АН СССР. – 1971. – Т. 200. – № 4. – С. 773–776.

60 Левчук, Г. П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ [Текст] / Г. П. Левчук, В. Е. Новак, В. Г. Конусов. – М. : Недра, 1981. – 440 с.

61 Лисицкий, Д. В. Геодезический мониторинг территорий [Текст] / Д. В. Лисицкий, П. П. Мурзинцев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2 доп. – С. 94–97.

62 Лисицкий, Д. В. Основные принципы цифрового картографирования местности [Текст] / Д. В. Лисицкий. – М. : Недра, 1988. – 261 с.

63 Ловягин, В. Ф. Альтернатива развития инженерных изысканий – структурная оптимизация технологического процесса [Текст] / В. Ф. Ловягин // Геодезия и картография. – 2006. – № 7. – С. 30–33.

64 Ловягин, В. Ф. Анализ функциональной и технологической точности определения пространственных параметров проектируемых линейных сооружений по данным геодезических измерений [Текст] / В. Ф. Ловягин // Геодезия и картография. – 2008. – № 2. – С. 7–11.

65 Ловягин, В. Ф. Концепция моделирования прикладных пространственных ГИС для решения инженерных задач [Текст] / В. Ф. Ловягин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 3. – С. 61–70.

66 Ловягин, В. Ф. Оценка эффективности моделирования процесса оптимизации трасс [Текст] / В. Ф. Ловягин // Геодезия и картография. – 2005. – № 5. – С. 46–49.

67 Ловягин, В. Ф. Постановка и решение задачи управления технологическим процессом оптимизации трасс проектируемых инженерных сооружений линейного типа [Текст] / В. Ф. Ловягин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 5. – С. 9–20.

68 Ловягин, В. Ф. Структура прикладной ГИС – проектирование с инженерных сооружений по геодезическим и геолого-геофизическим данным [Текст] / В. Ф. Ловягин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 4. – С. 58–67.

69 Лотарев, Д. Т. Задача Штейнера для транспортной сети на поверхности, заданной цифровой моделью [Текст] / Д. Т. Лотарев // Автоматика и телемеханика. – 1980. – Т. 10. – С. 104–115.

70 Малявский, Б. К. Задачи и принципы автоматизации трассирования железных дорог [Текст] / Б. К. Малявский, В. В. Космин // Труды ЦНИИ транспортного строительства. – 1972. – Вып. № 58. – С. 3–16.

71 Малявский, Б. К. О математических методах и критериях оптимизации при трассировании дорог с помощью ЭВМ [Текст] / Б. К. Малявский, В. И. Струченков // Труды ЦНИИ транспортного строительства. – 1979. – Вып. № 104. – С. 24–37.

72 Миграционные бугры пучения на европейском севере России. Южный и северный пределы ареала и современная динамика [Текст] / Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, Ю. Н. Чижова // Инженерная геология. – 2011. – № 6. – С. 56–72.

73 Мурзинцев, П. П. Геодезический пространственный мониторинг территорий Западной Сибири [Текст] / П. П. Мурзинцев // Геодезия и картография. – 2010. – № 7. – С. 45–48.

74 Мурзинцев, П. П. Особенности геодезического обеспечения строительства автодороги и пространственного мониторинга на Бованенковском месторожде-

нии [Текст] / П. П. Мурзинцев, М. М. Павлов, А. С. Репин // Геодезия и картография. – 2016. – № 2. – С. 8–11.

75 Неумывакин, Ю. К. Обоснование точности топографических съемок для проектирования [Текст] / Ю. К. Неумывакин. – М. : Недра, 1976.

76 О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

77 Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ № 20 от 19.01.2006. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

78 Одинцов, М. Н. Методологические проблемы теории и проектирования инженерных сооружений [Текст] / М. Н. Одинцов. – Новосибирск : Западно-Сибирское книжное изд-во, 1976.

79 Пат. 164037 Российская Федерация. Устройство для транспортировки геодезического, георадарного, геологического оборудования и выполнения геодезических, георадарных и геологических работ [Текст] / И. О. Биндер, П. П. Мурзинцев // № 2015115652 ; заявитель 24.04.2015, опубликован 1 августа 2016, Патент РФ на полезную модель № 164037. Заявители и патентообладатели И. О. Биндер, П. П. Мурзинцев.

80 Пономарева, О. В. Современная динамика бугров пучения и плоскобугристых торфяников в северной тайге Западной Сибири (на примере Надымского стационара) [Текст] / О. В. Пономарева, А. Г. Гравис, Н. М. Бердников // Криосфера Земли. – 2012. – Т. XVI. – № 4. – С. 21–30.

81 Разработка теории и методики исследования сложных самоорганизующихся систем (объектов, процессов, явлений) с природными компонентами по пространственно-временным геодезическим данным [Текст] : отчет о НИР / Сибирская государственная геодезическая академия; рук. Середович В. А. – № ГР 01 2001.15981. – СГГА, 2001. – 220 с.

82 Райфельд, В. Ф. Геодезические работы при проектировании, строительстве и реконструкции железных дорог [Текст] / В. Ф. Райфельд. – М. : Недра, 1989. – 279 с.

83 РД 07-603-03. Инструкция по производству маркшейдерских работ [Текст]. – Введ. 29.06.2003. – М. : ГУП. «НТЦ». «Промышленная безопасность». – 92 с.

84 Рудерман, С. Ю. Развитие теории выбора трасс магистральных трубопроводов [Текст] : автореф. дис. ... доктора техн. наук Рудерман С. Ю. – М. : МИНГП, 1972. – 30 с.

85 Сейдж, Э. П. Оптимальное управление системами [Текст] / Э. П. Сейдж, Ч. С. Уайт. – М. : Радио и связь, 1982.

86 Современные методы идентификации систем [Текст] / П. И. Эйкхофф и др. ; Под ред. П. И. Эйкхоффа. – М. : Мир, 1983.

87 Создание геодезической основы для строительства объектов энергетики [Текст] / Г. А. Уставич, Г. Г. Китаев, А. В. Никонов, В. Г. Сальников // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 48–54.

88 СП 11-104-97. (Свод правил). Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Часть II. Выполнение съемки подземных коммуникаций при инженерно-геодезических изысканиях для строительства [Текст]. – Введ. 1.01.2002. – М. : ФГУП. «ПНИИС». Госстрой России. – 49 с.

89 СП 11-104-97. (Свод правил). Инженерно-геодезические изыскания для строительства [Текст]. – Введ. 1.01.1998. – М. : ФГУП. «ПНИИС». Госстрой России. – 24 с.

90 СП 126.13330.2012. (Свод правил). Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 [Текст]. – Введ. 1.01.2013. – М. : «Росстандарт». – 98 с.

91 СП 131.13330.2012. (Свод правил). Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* [Текст]. – Введ. 1.01.2013. – Минрегион России. – 113 с.

92 СП 231.1311500.2015. (Свод правил). Обустройство нефтяных и газовых месторождений [Текст]. – Введ. 1.07.2015. – М. : ФГБУ ВНИИПО, МЧС России. – 21 с.

93 СП 34.13330.2012. (Свод правил). Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* [Текст]. – Введ. 1.07.2013. – Минрегион развития РФ. – 110 с.

94 СП 37.13330.2012. (Свод правил). Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91* [Текст]. – Введ. 1.01.2013. – Минрегион России. – 184 с.

95 Справочник по проектированию магистральных трубопроводов [Текст] / А. К. Дерцакян, М. Н., Шпотаковский, Б. Г. Волков и др. – Л. : Недра, 1977. – 519 с.

96 Столбов, Ю. В. Анализ методов расчета точности геодезического контроля высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог [Текст] / Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова, Д. О. Нагаев // Вестник СибАДИ. – 2012. – Вып. 2 (24). – С. 69–73.

97 Столбов, Ю. В. Обеспечение точности проложения нивелирных ходов при изысканиях и выноса отметок пикетов автомобильных дорог [Текст] / Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова, Л. А. Пронина // Вестник СибАДИ. – 2016. – Вып. 2. – С. 120–125.

98 Столбов, Ю. В. Теоретические основы и методы расчета точности разбивочных работ и геодезического контроля качества возведения зданий и сооружений [Текст] : автореф. дисс. ... доктора техн. наук / Ю. В. Столбов. – Омск, 1998. – 59 с.

99 Столбов, Ю. В. Исследования точности высотного положения поверхности верхнего слоя покрытия автомобильной дороги [Текст] / Ю. В. Столбов, С. К. Столбова, Д. О. Нагаев // Изв. вузов. Строительство. – 2011. – № 4. – С. 53–60.

100 Струченков, В. И. Динамическое программирование в проектировании трасс линейных сооружений [Текст] / В. И. Струченков, А. Н. Козлов, А. С. Егунов // Информационные технологии. – 2011. – № 8 (180). – С. 33–37.

101 Струченков, В. И. Методы оптимизации в проектировании трасс линейных сооружений [Текст] // Искусственный интеллект в технических системах : сб. научных трудов / В. И. Струченков. – 1999. – Вып. № 20. – С. 21–32.

102 Струченков, В. И. Основы методики оптимизации продольного профиля железной дороги на ЭВМ [Текст] / В. И. Струченков, В. В. Шолин // Транспортное строительство. – 1974. – № 6. – С. 38–40.

103 Струченков, В. И. Проектирование продольного профиля дороги на ЭЦВМ [Текст] / В. И. Струченков, В. В. Космин, Е. Б. Фрадков // Транспортное строительство. – 1971. – № 4. – С. 37–38.

104 Субботин, И. Е. Инженерно-геодезические работы при проектировании, строительстве и эксплуатации магистральных нефтепроводов [Текст] / И. Е. Субботин. – М. : Недра, 1997. – 140 с.

105 Цитович, А. В. О факторах, влияющих на стоимость строительства ВЛ [Текст] / А. В. Цитович, А. Л. Кудеяров // Энергетическое строительство. – 1983. – № 5. – С. 27–28.

106 Шнелль, Р. В. Идентификация параметров модели линий электропередачи [Текст] / Р. В. Шнелль, В. Ф. Ловягин // Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика. – 1986. – № 3. – С. 36–38.

107 Шнелль, Р. В. Оптимизация трасс линий электропередачи (метод иерархических структур) [Текст] / Р. В. Шнелль, В. Ф. Ловягин // Изв. АН СССР. Сер. Энергетика и транспорт. – 1975. – № 5. – С. 60–67.

108 Щербаков, В. В. Автоматизация геодезического обеспечения строительства и ремонта железных и автомобильных работ [Текст] / В. В. Щербаков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017 : XIII Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 17–21 апр. 2017 г. ; Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – Т. 1. – С. 39–42.

109 Щербаков, В. В. Применение ГНСС и ГИС технологий в ОАО «РЖД» [Текст] / В. В. Щербаков, И. В. Щербаков, А. А. Земерова // Путь и путевое хозяйство. – 2017. – № 3. – С. 38–40.

110 Щербаков, В. В. Цифровые модели пути – основа геодезического обеспечения проектирования, строительства (ремонта) и эксплуатации железных до-

рог [Текст] / В. В. Щербаков, О. В. Ковалева, И. В. Щербаков // Геодезия и картография. – 2016. – № 3. – С. 12–16.

111 Ястребов, А. Л. Инженерные коммуникации на вечномерзлых грунтах [Текст] / А. Л. Ястребов. – Л. : Стройиздат, 1972. – 175 с.

112 Intelligent Road Design [Text] / М. К. Jha, Р. М. Schonfeld, J. С. Yong, E. Kim // WIT Press. Southampton. – 2006.

113 Lewkowicz, A. G., Beaver damming and palsa dynamics in a subarctic mountainous environment. Wolf Creek, Yukon Territory, Canada [Text] / A. G. Lewkowicz, T. L. Coultish // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. – 2004. – V. 36. – № 2. – P. 208–218.

114 Scattered late-glacial and early Holocene tree populations as dispersal nuclei for forest development in north-eastern European Russia [Text] / M. Valiranta, A. Kaakinen, P. Kuhry et al. // Journal of Biogeography. – 2010. – V. 38. – Iss. 5. – P. 922–932.

115 Seppala, M. Synthesis of studies of palsa formation underlining the importance of local environmental and physical characteristics [Text] / M. Seppala // Quaternary Research. – 2011. – V. 75. 4. – P. 100–111.

116 Shafahi, Y. Optimum railway alignment [Electronic resource] / Y. Shafahi, M. J. Shahbazi. – Режим доступа : http://www.uic.org/cdrom/2001/werr2001/pdf/sp/2_1_1/210.pdf.

117 The Holocene thermal maximum and late-Holocene cooling in the tundra of NE European Russia [Text] / J. S. Salonen, H. Seppa, M. Valiranta et al. // Quaternary Research. – 2011. – V. 75. – Iss. 4. – P. 100–111.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 164037

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО, ГЕОРАДАРНОГО И
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ВЫПОЛНЕНИЯ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ, ГЕОРАДАРНЫХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
РАБОТ.**

Патентообладатель(ли): **Биндер Игорь Олегович (RU), Мурзинцев
Петр Павлович (RU)**

Автор(ы): **Биндер Игорь Олегович (RU), Мурзинцев Петр
Павлович (RU)**

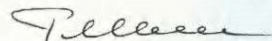
Заявка № 2015115652

Приоритет полезной модели **24 апреля 2015 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации **01 августа 2016 г.**

Срок действия патента истекает **24 апреля 2025 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

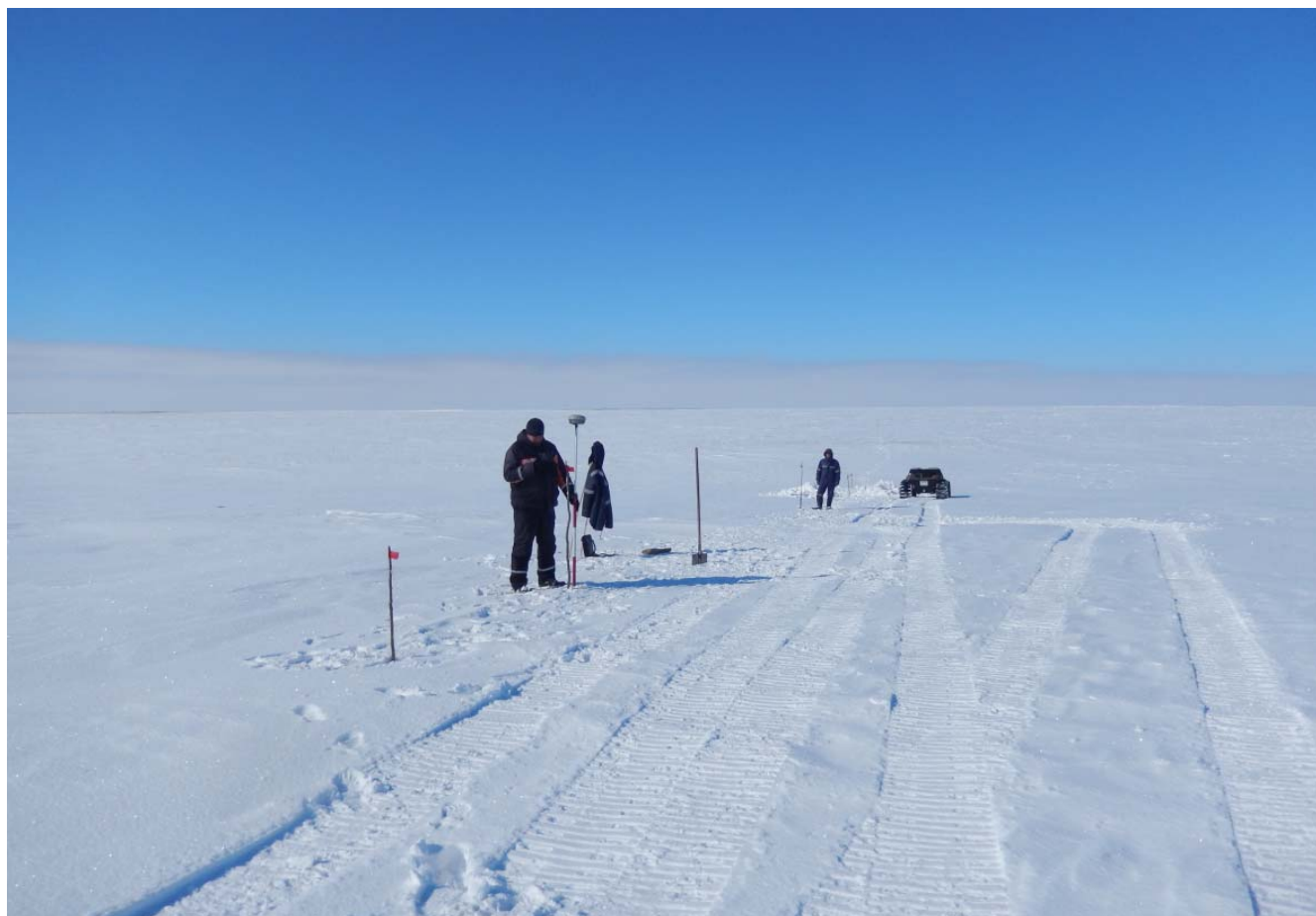
 **Г.П. Ивлиев**



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

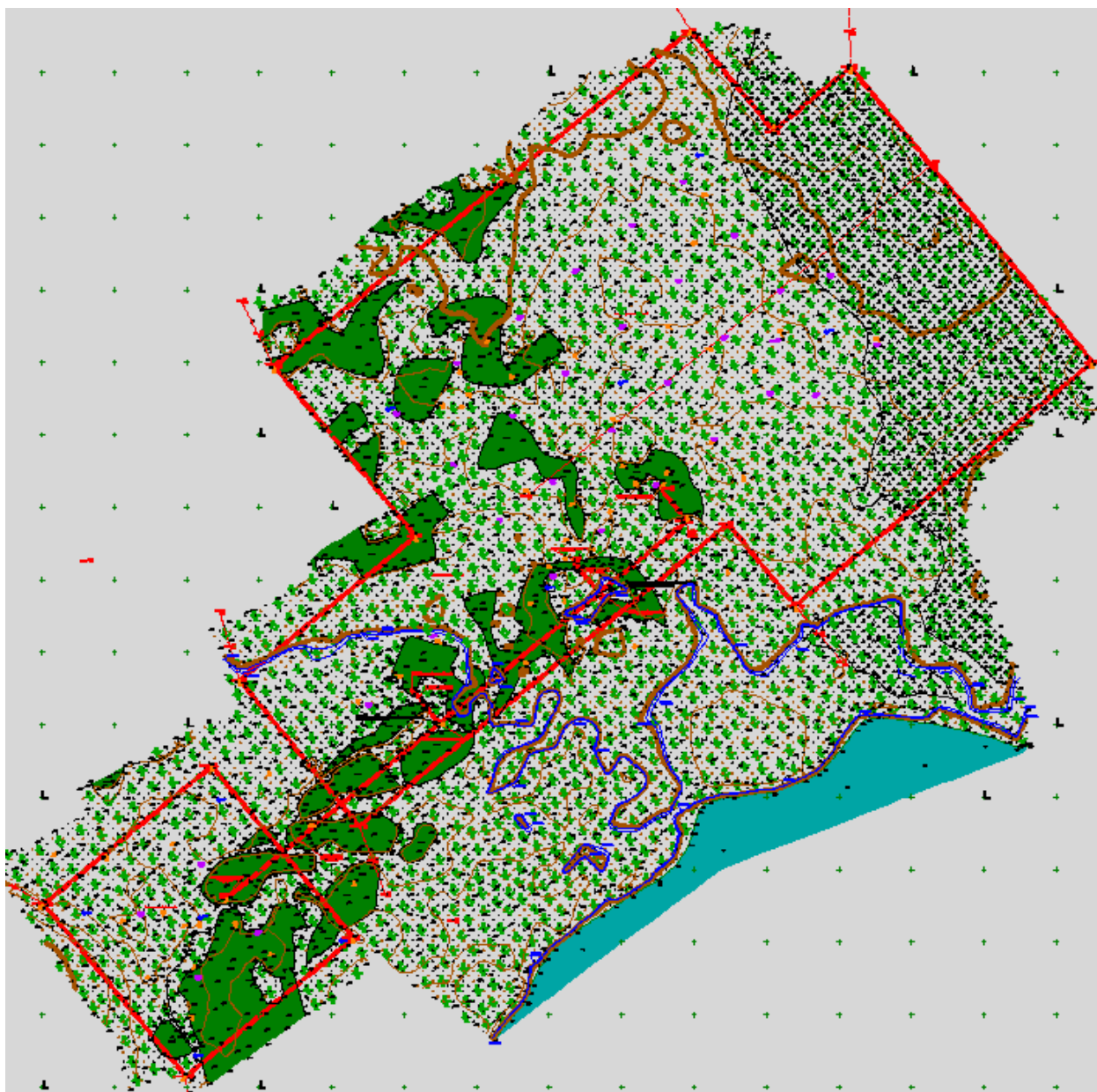
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ТАЙМЫРЕ



ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА РАЙОНА ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ
ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ
НА СЕВЕРО-САРЕМБОЙСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

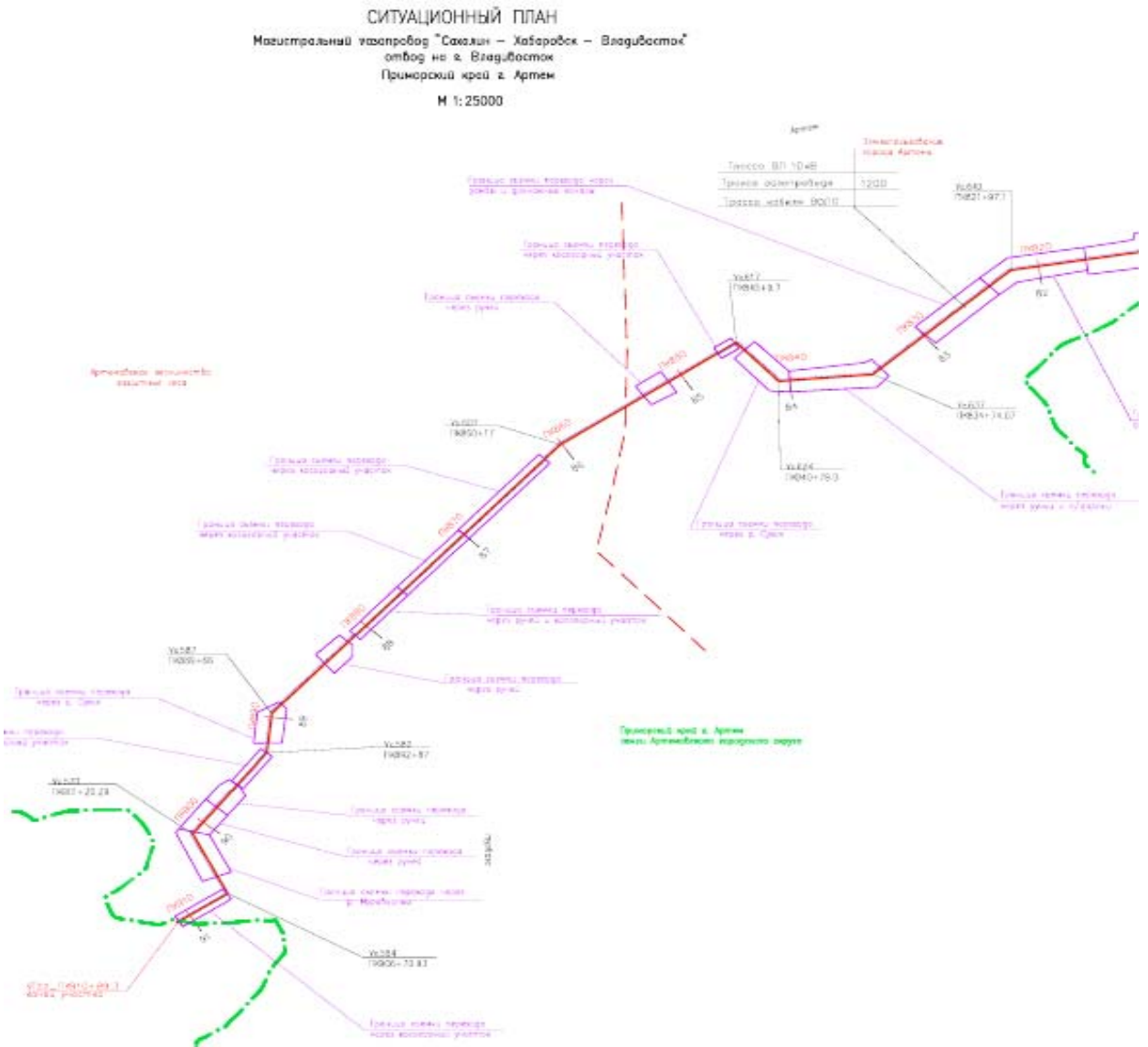


ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

СИТУАЦИОННЫЙ ПЛАН МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

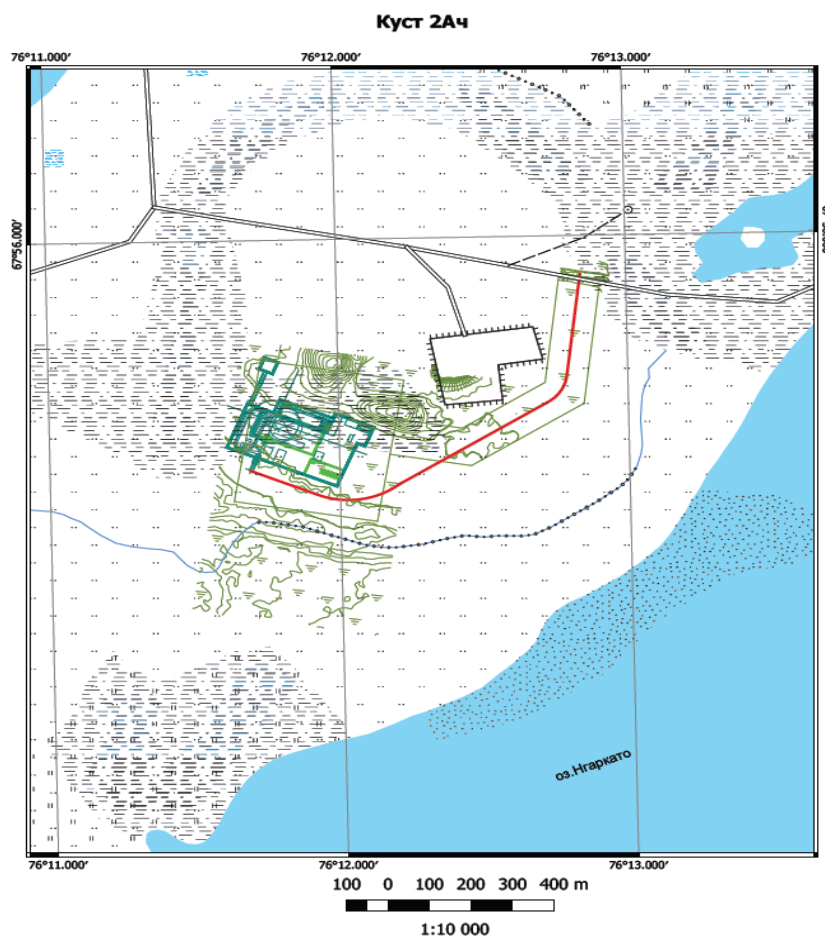
«САХАЛИН – ХАБАРОВСК – ВЛАДИВОСТОК»



ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

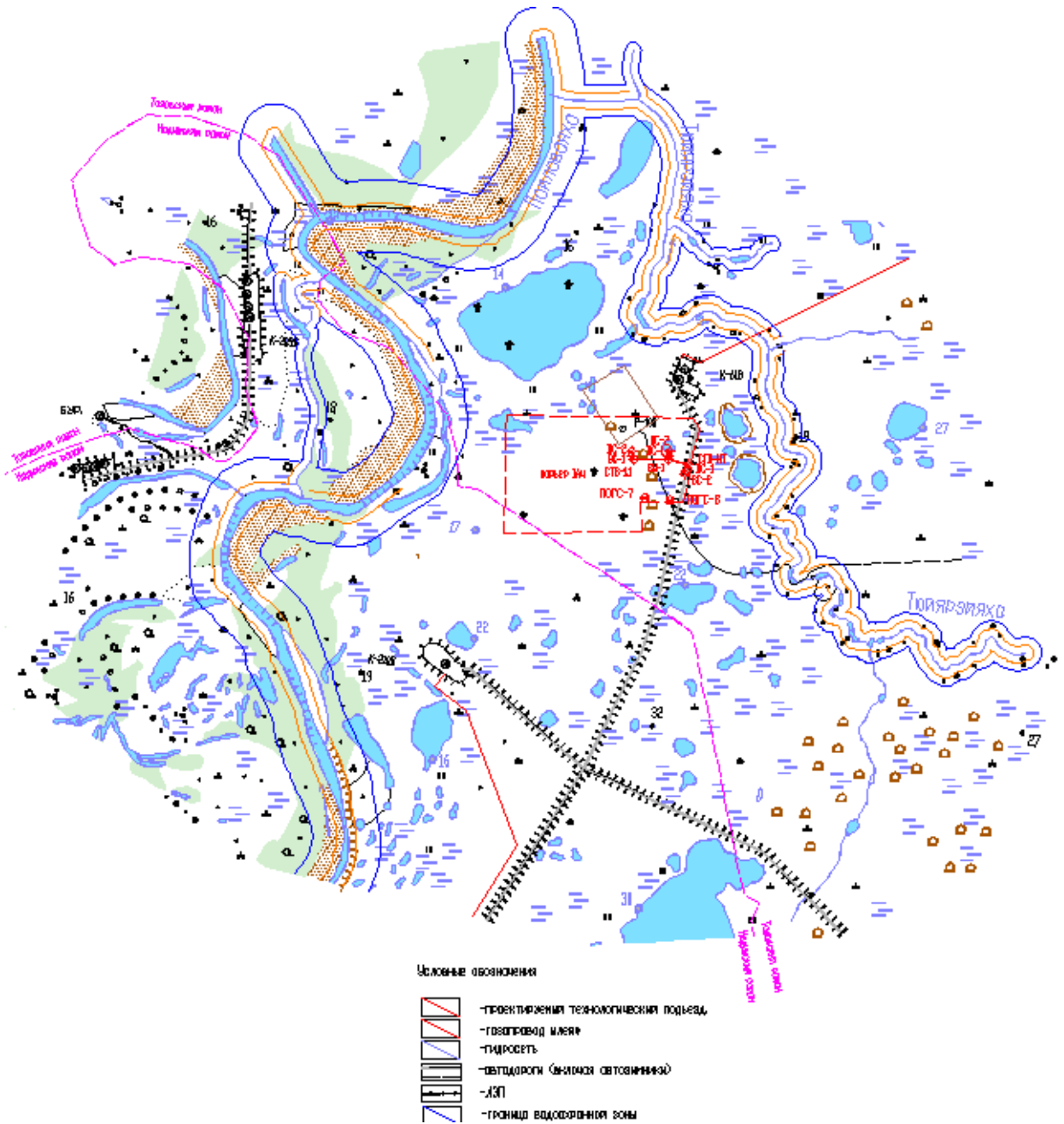
ВАРИАНТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ КУСТОВОЙ ПЛОЩАДКИ



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

ВЫБОР ПЛОЩАДКИ ДЛЯ КАРЬЕРА ПЕСКА



ПРИЛОЖЕНИЕ И

(обязательное)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

НА ПРОИЗВОДСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ПО ОБЪЕКТУ:
 «КУСТОВЫЕ ОСНОВАНИЯ И ПОДЪЕЗДНЫЕ АВТОДОРОГИ К КУСТАМ
 СКВАЖИН № 1АЧ, 2АЧ ЯМБУРГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ»

Перечень основных данных и требований		Содержание основных данных и требований
1. Общие сведения:		
1.1.	Шифр и наименование основного договора	916.18/1 «Кустовые основания и подъездные автодороги к кустам скважин № 1Ач, 2Ач Ямбургского месторождения».
1.2.	Вид строительства	Новое строительство
1.3.	Заказчик	ООО «Газпромнефть-Ангара»
1.4.	Генеральная проектная организации	ООО «Тюменьнефтегазпроект» (ООО «ТНГП»)
1.5.	Изыскательская организация	ООО «ГИПРОНГ-Траст»
1.6.	Географическое положение объекта	Тюменская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, Тазовский район, Надымский район, Ямбургское месторождение
1.7.	Стадии проектирования	Проектная документация. Рабочая документация
1.8.	Цель изысканий	1. Комплексное изучение природных и техногенных условий территории объектов строительства, составление прогнозов взаимодействия этих объектов с окружающей средой, обоснование их инженерной защиты и безопасных условий жизни населения. 2. Выполнение комплекса инженерных изысканий для целей разработки проектной и рабочей документации работ
1.9.	Виды изысканий	1. Инженерно-геодезические. 2. Инженерно-геологические. 3. Инженерно-гидрометеорологические. 4. Инженерно-экологические. 5. При необходимости провести историко-археологические изыскания, в соответствии с законодательством РФ, с целью определения объектов культурного наследия на земельных участках, на которых предполагается размещение проектируемых объектов
1.10.	Сведения о ранее выполненных инженерных изысканиях	Инженерные изыскания непосредственно на территории предполагаемого размещения проектируемых объектов не выполнялись. Имеющиеся материалы инженерных изысканий прошлых лет на район работ запросить у Заказчика

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
1.11. Система координат и высот	Систему координат при выполнении инженерных изысканий принять СК-1963(4 зона), для потребности проведения ЗУР (кадастровая система координат), систему высот – Балтийская 1977 г.
1.12. Линейные объекты, площадочные объекты, площадочные объекты в составе линейных	<p>1. Обязательное согласование плана трасс изыскиваемых автодорог с точками начала и конца и их прохождения в существующих коридорах коммуникаций, в соответствии с требованиями действующих НТД со всеми заинтересованными службами ООО «Газпромнефть-Ангара».</p> <p>2. Профили и планы трасс предоставлять по мере готовности, по согласованным трассам</p>
1.13. Требования к порядку представления материалов изысканий	<p>1. Составить и утвердить программу инженерных изысканий в ООО «Газпромнефть-Ангара».</p> <p>2. Перед проведением инженерных изысканий получить все необходимые разрешения, акты допуска и документы у ответственных лиц и организаций для выполнения полевых работ. Разрешение для использования земельного участка и проведения рубки лесных насаждений. В том числе в установленном порядке оформить публичные сервитуты на период проведения инженерных изысканий (при необходимости).</p> <p>3. Работы по инженерным изысканиям выполнить в присутствии специалистов независимого технического надзора за инженерными изысканиями, для этого оповестить ООО «Газпромнефть-Ангара» и ООО «ТНГП» за 15 <u>рабочих</u> дней до момента выполнения инженерных изысканий с целью возможности мобилизации технического надзора к месту проведения работ. До проведения полевых работ пройти установочное совещание в службах ПЭБ, ОТ и ГЗ Заказчика, с получением соответствующего допуска на проведение инженерных изысканий.</p> <p>4. Персонал, участвующий в полевых и камеральных работах по инженерным изысканиям, до начала полевых работ должен быть обучен приемам, связанным со спецификой полевых работ в данном районе, а также методам и приемам оказания первой помощи при несчастных случаях, заболеваниях и мерам предосторожности от ядовитой флоры и фауны, в соответствии с требованиями п.1.3.10 ПТБ-88.</p> <p>5. Два раза в неделю (в понедельник и четверг) актуализировать статус проведения работ по объектам, входящим в состав календарного плана и данного задания. План/график проведения работ направлять в электронном виде <u>на адрес электронной почты: Yakimov_VV@sngp.ru и Usmanov_AA@sngp.ru</u></p> <p>6. Промежуточные материалы инженерных изысканий предоставлять в электронном виде (в редактируемых форматах разработки (MicrosoftOffice – *.doc, *.xls; AutodeskAutocad – *.dwg (версии 2009); GeoSeries – *.geo (ЦМР); и пр.) с описью представляемых материалов, а также с указанием назначения («для проверки», «для работы» и т. п.) <u>по электронной</u></p>

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
	<p>почте на адреса: <u><i>Yakimov_VV@sngp.ru</i></u> и <u><i>Usmanov_AA@sngp.ru</i></u>.</p> <p>7. Готовую документацию по выполненным инженерным изысканиям предоставить:</p> <ul style="list-style-type: none"> – на бумажных носителях в 4 экз., сброшюрованную комплектами, с подписями исполнителей и с титульным листом; – в электронном виде на CD-дисках в 2-х экз. – в неотредактируемом формате (*.pdf) и в редактируемых форматах разработки Microsoft Office, Autodesk Autocad (*.dwg, версия 2009). <p>8. Требования к оформлению электронного диска с документацией:</p> <ul style="list-style-type: none"> – диск должен быть защищен от записи, иметь этикетку с указанием изготовителя, даты изготовления, наименования объекта; – электронную неотредактируемую версию сохранять в приложении «AdobeAcrobat» в формате *.pdf; – электронную редактируемую версию сохранять в приложении Microsoft Office в формате *.doc, *.xls, и Autodesk Autocad в формате *.dwg (версии 2009); – в диске необходимо наличие файла «Содержание диска»; – на случай, если диск содержит изменения, необходимо наличие файла «Разрешение на изменение № ...». <p>Использование форматов, отличных от стандартных, согласовывать с Заказчиком и генеральной проектной организацией дополнительно.</p> <p>9. Порядок оформления документации на диске:</p> <ul style="list-style-type: none"> – создать папку на объект строительства; – состав и содержание диска должно соответствовать комплекту документации; – каждый физический раздел комплекта (том, книга, альбом чертежей и т. п.) должен быть представлен в отдельном каталоге диска файлом (группой файлов) электронного документа; – название каталога должно соответствовать названию раздела комплекта документации; – файлы должны поддерживать техническую возможность открытия в режиме просмотра средствами операционной системы Windows. <p>10. Состав и содержание разделов отчета по инженерным изысканиям сформировать в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.301-2014, СП 47.13330.2016, СП 11-104-97.</p> <p>11. Материалы по изысканиям необходимо выполнить в виде технических отчетов по каждому виду инженерных изысканий, оформленных в соответствии с требованиями нормативных документов и государственных стандартов (ст. 47 Градостроительного кодекса РФ; постановление РФ от 19.01.2006 г. № 20, Приказ Министерства регионального развития РФ от 30.12.09 № 624).</p>

Перечень основных данных и требований		Содержание основных данных и требований
		<p>12. К отчету приложить копию утвержденного технического задания на проведение инженерных изысканий.</p> <p>13. Обеспечить соответствие отчетной документации всем требованиям нормативных документов РФ, распространяющихся на исследуемые объекты.</p> <p>14. Обеспечить сопровождение необходимых экспертиз результатов инженерных изысканий</p>
1.14.	Размещение проектируемых объектов	В соответствии с графическим приложением № 1 к заданию на производство инженерных изысканий
1.15.	Требования к организации, выполняющей инженерные изыскания	<p>1. Наличие свидетельств о допуске к производству работ по проведению инженерных изысканий, выданных саморегулируемыми организациями, наличие сертификата соответствия требованиям ISO 9001.</p> <p>2. При привлечении на субподряд сторонних организаций (изыскательских партий, лабораторий и т. д.) перед проведением инженерных изысканий представить акт аудита привлекаемых организаций, который должен подтверждать соответствие требованиям, предъявляемым к изыскательским организациям согласно настоящему заданию. Привлечение субподрядчиков допустимо только при условии согласования их Заказчиком с генеральной проектной организацией</p>
1.16.	Сроки проведения инженерных изысканий	Согласно календарному плану, являющемуся обязательным приложением к договору
1.17.	Состав проектируемых объектов	<p>1. Кустовое основание куста скважин № 1Ач в границах земельного отвода с количеством скважин 2 шт., площадью ориентировочно 14,0 га.</p> <p>2. Кустовое основание куста скважин № 2Ач в границах земельного отвода с количеством скважин 2 шт., площадью ориентировочно 14,0 га.</p> <p>3. Подъездная автомобильная дорога IV-в категории (СП 37.13330) от точки примыкания до площадки куста скважин № 1Ач. Протяженность автомобильной дороги уточнить при выполнении инженерных изысканий. Трассу согласовать с Заказчиком.</p> <p>4. Подъездная автомобильная дорога IV-в категории (СП 37.13330) от точки примыкания до площадки куста скважин № 2Ач. Протяженность автомобильной дороги уточнить при выполнении инженерных изысканий. Трассу согласовать с Заказчиком</p>
2. Основные исходные данные для изысканий:		
2.1.	Площадочные объекты	Ситуационный план размещения кустовых площадок (см. <i>Прил. 1</i>)
2.2.	Автодороги	Точки начала и конца трасс автодорог (см. <i>Прил. 1</i>)
2.3.	Идентификационные признаки	<p>1. <u>Принадлежность к объектам транспортной инфраструктуры и к другим объектам, функционально-технологические особенности, которых влияют на их безопасность:</u></p> <p>В соответствии с Правилами отнесения отраслей (подотрас-</p>

	Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
		<p>лей) экономики к классу профессионального риска (утв. постановлением Правительства РФ от 31 августа 1999 г. № 975), проектируемые объекты идентифицируются как: Отрасль (подотрасль) экономики Нефтедобывающая промышленность. Код по ОКОНХ 11210.</p> <p>2. <u>Возможность опасных природных процессов и явлений и техногенных воздействий на территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация зданий или сооружений:</u> Уточнить наличие в непосредственной близости от изыскиваемых территорий существующей производственной инфраструктуры, эксплуатация которой может оказать опасные техногенные воздействия на объекты.</p> <p>3. <u>Принадлежность к опасным производственным объектам:</u> Проектируемые площадки к опасным производственным объектам не относятся.</p> <p>4. <u>Пожарная и взрывопожарная опасность:</u> При выполнении изысканий определить места возможного забора воды передвижной пожарной техникой.</p> <p>5. <u>Уровень ответственности:</u> Нормальный</p>
2.4.	Характеристика ожидаемых воздействий объекта строительства на природную среду	<p>1. Вероятные воздействия проектируемых объектов, на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> – загрязнение атмосферы в результате выбросов загрязняющих веществ; – нарушение почвенно-растительного покрова, рельефа; – загрязнение грунта; – нарушение поверхностных стоков и режима водотоков в течение периода строительства и эксплуатации. <p>2. Ожидаемые воздействия на проектируемые объекты от опасных природных процессов (согласно СНиП 22-01-95) следующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пучение; – подтопление территории; – эрозия берегов
2.5.	Исходные данные для обоснования мероприятий по рациональному природопользованию и охране природной среды, обеспечению устойчивости проектируемых зданий и сооружений и безопасных условий жизни человека	В процессе эксплуатации не допускается потеря устойчивости строительных конструкций, оснований и фундаментов

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
3. Требования к составу отчетной документации по инженерно-геодезическим изысканиям:	
<p>3.1. Нормативная документация, регламентирующая основные требования к составу отчетной документации по инженерным изысканиям</p>	<p>1. Инженерно-геодезические изыскания выполнить в соответствии с законодательством и действующими нормативными документами РФ:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ Р 21.301-2014 «Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям»; – ВСН 30-81 «Инструкция по установке и сдаче заказчику закрепительных знаков и реперов при изыскании объектов нефтяной промышленности»; – СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (Актуализированная редакция СНиП 11-02-96); – СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства»; – СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Часть II. Съёмка подземных коммуникаций»; – Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах. ПТБ-88. – М. : Недра, 1988; – Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. – М. : ЦНИИГАиК, 2002; – Инструкция по топографической съёмке в масштабах М1 : 5 000, М1 : 2 000, М1 : 1 000 и М1 : 500, ГКИНП-02-033-82. – М. : Недра, 1985; – Условные знаки для топографических планов масштабов М1 : 5 000, М1 : 2 000, М1 : 1 000, М1 : 500. – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 2005; – Инструкция о порядке контроля и приемки топографо-геодезических и картографических работ. ГКИНП (ГНТА) – 17-004-99. – М. : ГУГК, 1999; <p>2. Состав и содержание разделов отчета по инженерным изысканиям сформировать в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.301-2014, СП 47.13330.2016, СП 11-104-97.</p> <p>Материалы по изысканиям нужно выполнить в виде технических отчетов по каждому виду инженерных изысканий, оформленных в соответствии с требованиями нормативных документов и государственных стандартов (ст. 47 Градостроительного кодекса РФ; Постановление РФ от 19.01.2006 г. № 20, Приказ Министерства регионального развития РФ от 30.12.09 № 624)</p>
3.2. <i>Дополнительные и уточняющие требования:</i>	
<p>3.2.1. Общие требования</p>	<p>1. Описать район изысканий (административное размещение, ближайшие населенные пункты, транспортные связи), привести его климатическую и физико-географическую характеристики.</p>

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
	<p>2. На планах площадок и трасс указывать линии совмещения листов.</p> <p>3. На все изысканные площадки предоставить каталог высот закрепленных точек со схемой.</p> <p>4. Планы и профили трасс должны строго соответствовать друг другу. Планы и профили автодорог совмещать на одном чертеже.</p> <p>5. Протяженность участков трасс, углы поворота, пикетаж, представленные на отдельных листах, должны строго соответствовать электронному виду топопланов. Линии сводки на них должны быть перенесены с топопланов и соответствовать электронному виду.</p> <p>6. При оформлении чертежей не допускается разрывать планы и продольные профили на кривых в плане и на углах поворота, на переходах через препятствия.</p> <p>7. Перед началом полевых работ необходимо самостоятельно получить в Управлении Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии данные пунктов Государственной геодезической сети для планово-высотной привязки изысканий.</p> <p>8. В районе каждой кустовой площадки заложить по 2 (два) грунтовых репера.</p> <p>9. При развитии планово-высотной геодезической сети необходимо использовать не менее 5 пунктов ГГС.</p> <p>10. Трассирование линейных объектов, вынос площадных объектов производить в строгом соответствии с актами выбора земельных участков (при их наличии). В случае камерального изменения трасс, после завершения полевых работ, необходимо произвести камеральное перетрассирование с привязкой к изысканным в поле трассам или к топографической основе площадок. Все изменения подлежат обязательному оперативному согласованию с ООО «ТНПП».</p> <p>11. На местности закрепить первую скважину и НДС.</p> <p>12. На месте проведения полевых работ и по их окончании передать маркшейдеру ООО «Газпромнефть-Ангара» все трассы (линейные и площадочные объекты) с выносами и закреплениями в натуре, а также:</p> <ul style="list-style-type: none"> – фактическое наличие закреплений осей трассировки (закрепительных знаков, реперов, выносных столбов); – пробуренные скважины с обозначениями (закреплениями) реперами на местности; – схему закреплений трасс, площадок с указанием реперов, высотных столбов; – каталог координат реперов, высотных столбов и пробуренных скважин. <p>13. Закрепление углов, створных и других точек выполнить в соответствии с требованиями ВСН 30-81. Маркировку наносить масляной краской.</p>

	Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
		<p>14. Соблюдать точность передачи местонахождения объектов на местности в плане и по высоте.</p> <p>15. Отображение фактически существующих коммуникаций на местности, пересекаемых проектируемыми объектами (глубины их залегания, направления, диаметры, высота опор ВЛ и высота подвеса провода на опорах ВЛ и иные характеризующие коммуникации параметры).</p> <p>16. Выполнить согласование полноты и правильности отображения всех коммуникаций, показанных на планах, с эксплуатирующими службами собственника.</p> <p>17. Обеспечить наличие видимости визирок между углами изысканной площадки.</p> <p>18. По завершении инженерно-геодезических работ передать в ООО «ТНГП» электронную версию материалов изысканий в форматах «dwg» «MapInfo» и «Word».</p> <p>19. При проведении работ, особенно в отсутствие представителя надзора, вести фото-, видеофиксацию процесса и результатов работ, обеспечивающих исчерпывающий объем подтверждения надлежащего их выполнения.</p> <p>20. При размещении изыскиваемых объектов в неблагоприятных топографических условиях (косогор, овраг, ручей и т. п.) опережающим этапом необходимо предоставить материалы рекогносцировки для возможного оперативного рассмотрения и пересогласования расположения объектов проектирования с Заказчиком и генеральной проектной организацией</p>
3.2.2.	По площадочным объектам	<p>1. Материалы изысканий для проектирования должны содержать следующую информацию:</p> <p>1.1. Топоплан площадки с обозначением геологических скважин в масштабе 1 : 500 с сечением рельефа 0,5 м.</p> <p>1.2. На топоплане указать глубины болот.</p> <p>1.3. На топоплане должны быть указаны границы болот, водоохранные зоны, зоны лесной растительности с указанием видов растительности.</p> <p>1.4. На топоплане должна быть нанесена трасса проектируемой подъездной автодороги.</p> <p>1.5. На топоплане указать транзитные коридоры коммуникаций, проходящие в непосредственной близости от площадок (на расстоянии до 100 м), с наименованием сетей, с указанием наименования эксплуатирующей организации и техническими характеристиками (для трубопроводов – назначение, диаметр, давление; для ВЛ – напряжение, количество проводов).</p> <p>1.6. На топоплане должны быть нанесены озера, водоемы и водотоки с указанием глубины и отметками уреза воды.</p> <p>1.7. На топоплане затапливаемых площадок должны быть примечания по уровням ГВВ (1, 2, 3, 5, 10 %).</p> <p>1.8. При наличии существующих сооружений, последние должны быть подписаны в соответствии с их функциональным назначением</p>

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
3.2.3. По трассам автодорог	<p>Материалы изысканий для проектирования должны содержать следующую информацию:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Схема трасс проектируемых автодорог на топооснове М1 : 25 000 с указанием границ административно-территориальных образований, зон приоритетного природопользования: границ защитных лесов и особо защитных участков лесов, водоохранных зон, историко-культурных зон, родовых угодий, фермерских хозяйств. 2. Ведомость пересечений с искусственными и естественными препятствиями: трубопроводы, магистральные трубопроводы (с указанием их владельца); автомобильные и железные дороги (с указанием категории дорог, типа покрытия), ВЛ (с указанием напряжения, высоты нижнего провода и ближайших существующих опор), реки, ручьи, озера, пойма. 3. Материалы изысканий должны содержать следующую информацию: <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Планы (М1 : 2 000) и продольные профили (горизонтальный М1 : 2 000, вертикальный М1 : 200, по вертикали грунты М1 : 200). 3.2. Расстояния между переломными точками в продольном профиле принимать через 20 м, но с учетом обозначения всех характерных изменений рельефа (геологические особенности рельефа, пересечения с существующими или проектируемыми дорогами и коммуникациями, безразбивочные углы и т. п.). 3.3. Количество переломных точек поверхности земли в продольном профиле должно строго соответствовать количеству отметок в шапке продольного профиля. 3.4. Укрупненные планы (М1 : 500) и профили сложных участков (переходы через ручьи, реки, железные дороги, магистральные трубопроводы, насыщенные коридоры коммуникаций). Масштаб (горизонтальный М1 : 500, вертикальный М1 : 100, геологический М1 : 100). Участки укрупненного продольного профиля, вынесенные на отдельные листы, с основного продольного профиля (М1 : 2 000) не удалять. 3.5. Укрупненные планы примыканий к существующим дорогам (М1:500), с указанием направлений до ближайших пунктов и типа дорожной одежды и вида покрытия. 3.6. Привязка точек примыкания к существующей дороге, т. е. к существующему километровому знаку или расстояние до характерного пункта. Указать категорию существующей дороги в точке примыкания. 4. На планах и продольных профилях указываются: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Пикетажное положение углов поворота и параметры элементов кривых в плане. 4.2. Уровни ГВВ 1 %, 2 %, 3 % и 5 % обеспеченности, границы поймы.

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
	<p>4.3. Характеристики всех пересекаемых коммуникаций.</p> <p>4.4. Характеристики пересекаемых коммуникаций: для ВЛ – напряжение, высота до нижнего провода; для автодорог – наименование дороги, ширина по верху земполотна; для трубопроводов – назначение, диаметр, глубина заложения, материал.</p> <p>5. При пересечении автомобильной дорогой существующего трубопровода необходимо указывать следующее:</p> <p>5.1. Владелец и назначение трубопровода.</p> <p>5.2. Диаметр.</p> <p>5.3. Давление в трубопроводе.</p> <p>6. При пересечении автомобильной дорогой существующей линии ВЛ необходимо указывать следующее:</p> <p>6.1. Напряжение.</p> <p>6.2. Владелец.</p> <p>6.3. Номера ближайших пересекаемых опор.</p> <p>6.4. Провис провода в месте пересечения с дорогой.</p> <p>6.5. Высота подвески проводов на опорах.</p> <p>7. При пересечении автомобильной дорогой существующего кабеля связи необходимо указывать следующее:</p> <p>7.1. Марка кабеля.</p> <p>7.2. Владелец кабеля связи.</p> <p>7.3. Глубина заложения (при подземной прокладке кабеля).</p> <p>8. При воздушной прокладке кабеля связи:</p> <p>8.1. Материал опор, наличие подкоса (приставки).</p> <p>8.2. Высота опор.</p> <p>8.3. Высота подвески провода на опорах.</p> <p>9. Особые требования:</p> <p>9.1. Сечение рельефа при выполнении полосовой съемки принять 0,5 м.</p> <p>10. Ведомости:</p> <p>10.1. Углов поворота, прямых и кривых по ГОСТ 21.701-2013.</p> <p>10.2. Реперов.</p> <p>10.3. Занимаемых угодий.</p> <p>10.4. Пересекаемых подземных и наземных коммуникаций.</p> <p>10.5. Ведомость пониженных мест с указанием расходов 1, 2 и 3 % обеспеченности с учетом всех проектных трасс автодорог.</p> <p>11. Привязка всех пересекаемых препятствий (допускается их выноска на свободное поле профиля при высокой насыщенности коммуникаций).</p> <p>12. На участках переходов трасс автодорог через препятствия необходимо выполнить съемку в следующих пределах:</p> <p>12.1. При пересечении автодорог – 100 м в каждую сторону от оси пересечения.</p> <p>12.2. При пересечении трубопроводов – по 50 м в каждую сторону от оси пересечения.</p> <p>12.3. При пересечении существующих ВЛ: – по 50 м в каждую сторону от оси пересечения;</p>

Перечень основных данных и требований		Содержание основных данных и требований
		<p>– расстояние до ближайших опор пересекаемой ВЛ, ограничивающих пролет пересечения.</p> <p>12.4. Ведомость пересечений с искусственными и естественными препятствиями:</p> <p>– трубопроводы (с указанием назначения, диаметра), глубина заложения (для подземного исполнения), высотная отметка оси трубопровода (для надземного исполнения), статус эксплуатации: действующий / недействующий, наименование эксплуатирующей организации;</p> <p>– автомобильные дороги (с указанием названия, километра пересечения автодороги, категории, отметки земляного полотна, наименования эксплуатирующей организации);</p> <p>– ВЛ (с указанием напряжения, ближайших существующих опор, отметки нижнего и верхнего провода, наименования эксплуатирующей организации);</p> <p>– реки, ручьи, озера, поймы, болота (с указанием типа болот).</p> <p>В составе ведомости указать контактные данные организаций, эксплуатирующих пересекаемые коммуникации</p>
4. Требования к составу отчетной документации по инженерно-геологическим изысканиям		
4.1.	Нормативная документация, регламентирующая основные требования	<p>Инженерно-геологические изыскания выполнить в соответствии с законодательством и действующими нормативными документами РФ:</p> <p>– Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;</p> <p>– Постановление правительства РФ № 87 от 16.02.2008 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;</p> <p>– ГОСТ Р 21.301-2014 «Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям»;</p> <p>– ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация»;</p> <p>– ГОСТ 20522-2012 «Грунты. Методы статической обработки результатов испытаний»;</p> <p>– ГЭСН 81-02-2001 «Изменения и дополнения к государственным элементным сметным нормам на строительные работы». Выпуск 2. Часть 1;</p> <p>– СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства». Части I, IV;</p> <p>– СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов»;</p> <p>– СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»;</p> <p>– СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты»;</p> <p>– СП 37.13330 «Промышленный транспорт»;</p> <p>– СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (актуализированная редакция СНиП 11-02-96)</p>

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
4.2. Общие требования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выполнить бурение геологических скважин (количество и глубину бурения определить согласно разделам 7, 8 СП 11-105-97, часть I, IV), с учетом уровня ответственности зданий и сооружений. 2. В разработанной программе инженерных изысканий необходимо предусмотреть бурение геологических скважин с частотой, обеспечивающей определение границ участков с разной геологией (болота различного типа по проходимости согласно «Пособию по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах» (пособие к СНиП 2.05.02-85), определение в границах каждого участка состава грунтов). 3. Выполнить статистическую обработку результатов полевых испытаний по методике, изложенной в ГОСТ 20522-2012. 4. При наличии на строительной площадке слоев грунта со специфическими свойствами (просадочных, набухающих, слабых глинистых, органоминеральных и органических грунтов, рыхлых песков и техногенных грунтов) глубину выработок определить с учетом необходимости их проходки на всю мощность слоя для установления глубины залегания подстилающих прочных грунтов и определения их характеристик. 5. Выполнить лабораторные определения физико-механических характеристик грунтов согласно требованиям СП 11-105-97, часть IV (прил. И). В составе отчета по инженерно-геологическим изысканиям предоставить следующие данные: усредненные данные для расчета несущей способности и осадок (в том числе типы торфа, глубина, степень разложения и коэффициент пористости для торфа, согласно «Пособию по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах» (пособие к СНиП 2.05.02-85). 6. Указать уровень грунтовых вод, их характеристики по отношению к бетону нормальной плотности и к металлу, уровень возможного подъема в паводковый период, дать прогноз возможных изменений. Степень водонасыщения грунта. 7. Указать степень пучинистости грунтов и относительную деформацию пучения по табл. Б.27 ГОСТ 25100-2011. 8. Указать глубины оттаивания грунтов деятельного слоя. 9. Дать характеристику коррозионной агрессивности грунтов с определением удельного электрического сопротивления грунта, значений средней плотности катодного тока, содержания водорастворимых солей на 1 кг грунта. При проведении изысканий необходимо выделить особо опасные участки с развивающимися инженерно-геологическими процессами или распространением слабонесущих грунтов, дать прогноз изменения свойств грунтов от воздействия нагрузок. 10. Выполнить термометрические наблюдения в скважинах. п. 8.14 СП 11-105-97, часть IV. 11. При проведении лабораторных исследований свойств

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
	<p>грунтов на образцах с ненарушенной структурой в отчете привести паспорт каждого испытания и графики, полученные из опытов.</p> <p>12. Указать степень риска проявления опасных геологических процессов.</p> <p>13. Группы грунтов по трудности разработки механизмами принять по ГЭСН 81-02-2001.</p> <p>14. Отчет по инженерным изысканиям должен содержать прогноз изменения геологических условий в естественных условиях и в процессе освоения, информацию о допустимых техногенных воздействиях на них в процессе строительства и эксплуатации проектируемых объектов.</p> <p>15. Выполнение химических анализов воды согласно п.7.14 СП-11-105-97, Часть 1</p>
4.3. <i>Дополнительные и уточняющие требования</i>	
4.3.1. По площадочным объектам	<p>1. Указать мощность почвенно-растительного слоя.</p> <p>2. Привести показатели прочностных, деформационных характеристик мерзлых грунтов и теплофизические свойства в соответствии с требованиями СП 22.13330.2011.</p> <p>3. Для выполнения теплотехнических расчетов привести следующие геокриологические данные:</p> <ul style="list-style-type: none"> – инженерно-геологические разрезы по скважинам; – температура грунтов по скважинам; – влажность (w и w_{tot}); – плотность грунта; – плотность грунта в сухом состоянии; – суммарная льдистость мерзлого грунта (i_{tot}); – льдистость грунта за счет ледяных включений (i_i); – степень засоленности мерзлого грунта (D_{sal}); – теплопроводность грунта в мерзлом состоянии; – теплопроводность грунта в талом состоянии; – объемная теплоемкость грунта в мерзлом состоянии (C_f); – объемная теплоемкость грунта в талом состоянии (C_{th}). <p>4. При наличии многолетних мерзлых пород или бугров пучения привести теплофизические характеристики грунтов, определенные прямыми измерениями.</p> <p>5. При проведении изысканий необходимо выделить особо опасные участки с развивающимися инженерно-геологическими процессами или распространением слабонесущих грунтов.</p> <p>6. Инженерно-геологические разрезы по площадкам выполнить в масштабах: горизонтальный 1 : 1000; геологический 1 : 100.</p> <p>7. На всех геологических разрезах указать границу сезонного промерзания-оттаивания грунтов, а также уровень грунтовых вод</p>
4.3.2. По трассам автодорог	1. Характеристики трасс автодорог по типам (суходол, болот по типам, водотоки, пойма, насыпные грунты, озера), а также по заливаемой пойме в границах 10 % ГВВ.

Перечень основных данных и требований		Содержание основных данных и требований
		<p>2. Характеристика пересекаемых водных объектов (глубина промерзания, устойчивый ледяной покров, ледоход и т. п.).</p> <p>3. Пересечения рек шириной более 30 м и глубиной 1,5 м и более – укрупненные профили с нанесенной линией предельного размыва в масштабах: горизонтальный 1 : 500, вертикальный 1 : 100, геологический 1 : 100.</p> <p>4. На всех геологических разрезах указать границу сезонного промерзания-оттаивания грунтов, а также уровень грунтовых вод.</p> <p>5. Для выполнения теплотехнических расчетов привести следующие геокриологические данные:</p> <ul style="list-style-type: none"> – инженерно-геологические разрезы по скважинам; – температура грунтов по скважинам; – влажность (w и w_{tot}); – плотность грунта; – плотность грунта в сухом состоянии; – суммарная льдистость мерзлого грунта (i_{tot}); – льдистость грунта за счет ледяных включений (i_i); – степень засоленности мерзлого грунта (D_{sal}); – теплопроводность грунта в мерзлом состоянии; – теплопроводность грунта в талом состоянии; – объемная теплоемкость грунта в мерзлом состоянии (C_f); – объемная теплоемкость грунта в талом состоянии (C_{th}). <p>6. При наличии многолетних мерзлых пород или бугров пучения привести теплофизические характеристики грунтов, определенные прямыми измерениями</p>
5. Требования к составу отчетной документации по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям		
5.1.	Нормативная документация, регламентирующая основные требования к составу	<p>Инженерно-гидрометеорологические изыскания выполнить в соответствии с законодательством и действующими нормативными документами РФ:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ Р 21.301-2014 «Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям»; – СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (актуализированная редакция СНиП 11-02-96)
5.2.	Дополнительные и уточняющие требования	<p>Материалы по результатам изысканий должны содержать следующую информацию:</p> <p>1. Гидрометеорологические характеристики:</p> <p>1.1. Гидрографическую характеристику района изысканий.</p> <p>1.2. Климатические данные района за многолетний период:</p> <ul style="list-style-type: none"> – среднемесячную температуру наружного воздуха; – средний из абсолютных минимумов температуры воздуха по месяцам; – среднюю толщину снежного покрова по декадам; – минимальную толщину снега по декадам; – годовую розу ветров по многолетним наблюдениям.

Перечень основных данных и требований		Содержание основных данных и требований
		– количество ветреных дней, скоростью более 10 м/с в зимний период в районе строительства (предоставить справку из уполномоченных органов)
6. Требования к составу отчетной документации по инженерно-экологическим изысканиям		
6.1.	Нормативная документация, регламентирующая основные требования к составу	Инженерно-экологические изыскания выполнить в соответствии с законодательством и действующими нормативными документами РФ: – ГОСТ Р 21.301-2014 «Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям»; – СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (актуализированная редакция СНиП 11-02-96); – СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства»; – СП 3.1.089-96/ВП13.3.1320-96 «Сибирская язва»; – СП 3.1.7.2629-10 «Профилактика сибирской язвы»; – СанПин 2.2.3.1384-03 «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ»
<i>6.2. Дополнительные и уточняющие требования</i>		
6.2.1.	Для отчета	Материалы по результатам изысканий должны содержать следующую информацию (не ограничиваясь): 1. Описание современного экологического состояния территории в зоне воздействия объекта (в том числе сведения о состоянии водных ресурсов и источников водоснабжения, защищенности подземных вод, наличии зон санитарной охраны). 2. Сведения о почвенно-растительных условиях: данные о типах и подтипах почв, их площадном распространении, данные об основных растительных сообществах, агроценозах, редких, эндемичных, реликтовых видах растений (занесенных в Красную книгу России) и их состоянии. 3. Характеристику животного мира – данные о видовом составе, качественном и количественном составе (подтверждение/информация из научных трудов/литературных источников либо справка из уполномоченных органов), обилии видов, распределении по местообитаниям, путях миграции особо охраняемых, особо ценных и особо уязвимых видов (животные, занесенные в Красную книгу России). 4. Сведения о расстоянии до ближайшего крупного и более мелкого населенного пункта. 5. Информацию о наличии (отсутствии) путей миграции охотничье-промысловых животных в районе изысканий (см. п.8.4.9 СП 47.13330.2012). 6. Сведения об изменениях природной среды, геоэкологическое опробование и оценку загрязненности атмосферного воздуха, почв, грунтов, поверхностных и подземных вод, донных отложений. Источником информации может быть

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
	<p>производственный мониторинг, осуществляемый в районе изысканий.</p> <p>7. Сведения о фоновых концентрациях вредных веществ в атмосферном воздухе сроком давности не более 5 лет, либо запросить в органах Росгидромета.</p> <p>8. Сведения об освоенности (нарушенности) местности: заболачивание, опустынивание, эрозия.</p> <p>9. Описание геоморфологических, гидрологических, геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий.</p> <p>10. Сведения о хозяйственном использовании территории, структуре земельного фонда, традиционном природопользовании, инфраструктуре, родовых угодьях, зонах санитарной охраны водозаборов, санитарно-защитных зонах и иных красных линиях и других зонах экологических ограничений.</p> <p>11. Сведения об объектах историко-культурного наследия и их состоянии, перспективах сохранения и реставрации (получить данные от уполномоченных органов, разработать отдельным томом раздел «Историко-культурные изыскания, обеспечение сохранности объектов археологического наследия», с проведением историко-культурной экспертизы). Раздел разрабатывается в случае расположения или выявления объекта археологического наследия на земельных участках, на которых предполагается строительство проектируемых объектов.</p> <p>12. Сведения о действующих и перспективных особо охраняемых природных территориях (статус, ценность, назначение, расположение) – получить информацию от уполномоченных органов (местных, региональных, федеральных) по запросу.</p> <p>13. Оценку категории загрязнения грунтов по суммарному показателю химического загрязнения (Zc) (см. п. 4.20 СП 11-102-97).</p> <p>14. Предложения к программе экологического мониторинга.</p> <p>15. Сведения о наличии (отсутствии) скотомогильников, местах захоронения трупов сибиреязвенных животных и биотермических ям в соответствии с требованиями СП 3.1.089-96/ВП13.3.1320-96, СП 3.1.7.2629-10, СанПин 2.2.3.1384-03.</p> <p>16. Результаты радиационно-экологического исследования. Результаты оформить в виде протоколов измерений соответствующих излучений.</p> <p>17. Результаты геоэкологического опробования почвогрунтов.</p> <p>18. Справку Федерального агентства по недропользованию о наличии (или отсутствии) на территории намечаемого строительства полезных ископаемых.</p> <p>19. Сведения о рыбохозяйственной характеристике пересекаемых водных объектов, в том числе количественные сведения по бентосу и планктону в местах переходов через водные объекты (получить информацию от уполномоченных органов).</p>

Перечень основных данных и требований		Содержание основных данных и требований
		20. Замеры уровней электромагнитных излучений, вибрации, инфразвука от существующих близлежащих объектов (площадочные, линии ВЛ и пр.)
6.2.2.	Для графических материалов	Графические материалы по результатам изысканий должны содержать следующую информацию (не ограничиваясь): 1. Карту современного экологического состояния, в том числе: – распространение различных типов ландшафтов; – расположение особо охраняемых участков и зон ограниченного использования; – расположение участков особой чувствительности к воздействиям опасных природных и техноприродных процессов; – расположение объектов историко-культурного наследия; – зоны санитарной охраны водозаборов; – существующие санитарно-защитные зоны; – ареалы обитания животных; – произрастания растений (занесенных в Красную книгу России); – границы зон заповедников и др. зон экологических ограничений; – границы лицензионных участков, месторождений нефти и общераспространенных полезных ископаемых по запросу в территориальных органах Роснедра (информацию предоставить на этапе согласования схемы производства работ). 2. Ландшафтные, почвенно-растительные, лесо- и землеустроительные материалы, схемы расположения отбора проб, водоохранные зоны. 3. Карту-схему мест обитания животных и растений, занесенных в Красные книги. 4. Все графические материалы представить в формате MapInfo
6.2.3.	Для площадочных и линейных объектов	Представить протоколы исследования почв (санитарно-химическое, микробиологическое, паразитарное и радиологическое исследования). Предоставить протоколы лабораторных испытаний атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, донных отложений, почв и грунтов. Выполнить радиологические исследования
7. Требования к содержанию прогноза изменений природных и техногенных условий:		
7.1.	Требования к составлению и содержанию прогноза изменений природных и техногенных условий	Предварительный прогноз возможных неблагоприятных изменений природной и техногенной среды при строительстве и эксплуатации объекта. Составить прогноз изменения природных и техногенных условий
8. Требования к оценке опасности и риска от природных и техноприродных процессов:		
8.1.	Требования к оценке опасности и риска от природных и техноприродных процессов	Оценить опасность и риск от природных и техногенных процессов

Перечень основных данных и требований		Содержание основных данных и требований
9. Требования к качеству выполнения работ:		
9.1.	Согласование трасс линейных объектов, границы зон площадочных объектов	Предварительные графические материалы необходимо до начала производства изысканий согласовать с Заказчиком. В случае возникновения разногласий – связаться с ООО «ТНПП» для урегулирования возникших вопросов
9.2.	Согласование и утверждение материалов изысканий у Заказчика	Выполнить в соответствии с СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (актуализированная редакция СНиП 11-02-96)
9.3.	Требования к программному обеспечению для оформления материалов изысканий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отчет по инженерным изысканиям выполнить в программе «МО «Word» (допускается выполнение приложений к отчетам в программе «МО «Excel»). 2. В случае размещения проектируемого объекта на отведенной территории, включить в отчет, как приложение, кадастровый план земельного участка. 3. Графические материалы инженерных изысканий по линейным коммуникациям, по площадочным объектам необходимо выполнить в программах MapInfo и Autodesk Autocad (версия 2009). 4. При выполнении изысканий по автодорогам, в составе графических материалов предоставлять цифровую модель местности (поверхность с нанесенными трассами дорог) в CREDO_MIX, Топоматик Robur или иной программе в совместимом формате данных по согласованию с генеральной проектной организацией. 5. Предоставление ЦММ в графическом виде допускается в формате *.dxf (в виде треугольников, имеющих координату «Z» или 3D-границы). 6. Количество и значения черных отметок земли (в том числе расстояния между переломными точками продольного профиля), представленные в CREDO, Топоматик Robur, должны строго соответствовать данным, представленным в AutoCAD. 7. Координаты трасс, предоставляемых на планах автомобильных дорог в программе AutoCAD, должны строго соответствовать координатам трасс, предоставляемым в ЦММ (в том числе в файлах, на основе которых осуществляется построение ЦММ)
9.4.	Обязательные требования к оформлению чертежной продукции материалов изысканий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Планы трасс линейных объектов должны быть выполнены в «Модели» чертежа в М1 : 1 000. 2. Разбивка трасс линейных объектов на листы в файлах чертежа в заданных масштабах должна быть выполнена в «Листах» чертежа (по согласованию с институтом); 3. Форматы, используемые для оформления графической части, должны соответствовать ГОСТ 2.301-68. 4. Все элементы графических чертежей должны быть разнесены по слоям. 5. Наименование слоев должно начинаться с префикса «С_». 6. Наличие обязательных слоев: – С_ черные отметки (текстовое значение отметок земли);

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
	<ul style="list-style-type: none"> – С_черные точки (точки отметок земли); – С_горизонталы (горизонталы земли); – С_отм_горизонталей (текстовое значение горизонталей). <p>7. Обязательные слои не должны содержать иной информации.</p> <p>8. Слой 0 должен оставаться пустым.</p> <p>9. Все границы на чертеже должны быть выполнены непрерывной полилинией (не применять сплайн и отрезки).</p> <p>10. Все блоки должны быть соразмерны масштабу чертежа.</p> <p>11. Точки отметок земли должны иметь координату «Z».</p> <p>12. Горизонталы земли должны иметь координату «Z».</p> <p>13. Оформление текста в графической части должно быть выполнено:</p> <ul style="list-style-type: none"> – стиль текста – «Standard», – имя шрифта – «simplex.shx», – высота букв – 1,2, – коэффициент сжатия – 0,60. <p>14. Топопланы площадных объектов должны быть выполнены:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в «Модели» масштаб 1 : 1 000; – в «Листе» масштаб 1 : 500
10. Приложения:	
Ситуационный план с размещением проектируемых объектов	