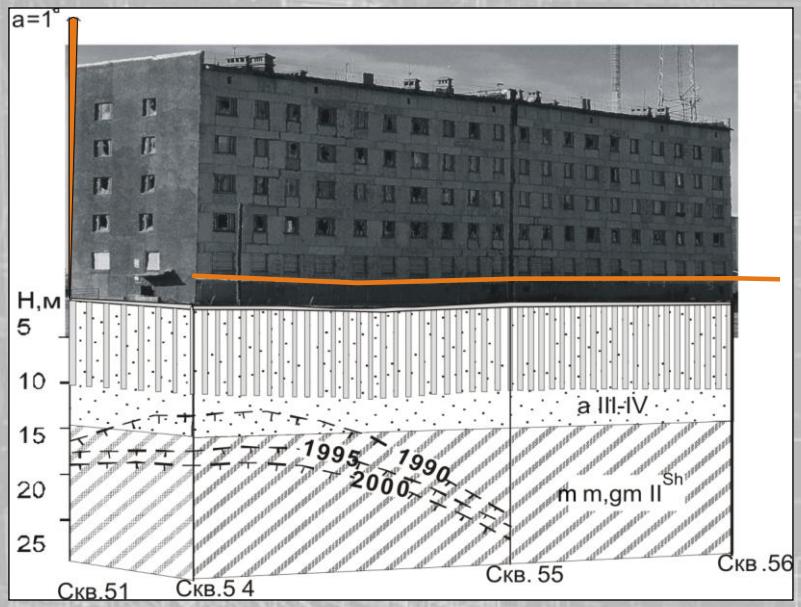
ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

«ЯМАЛ НЕФТЕГАЗ. КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯМАЛА И ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЙ: ПРИВЛЕЧЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ И ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ».

Г. САЛЕХАРД, 5-6 ИЮНЯ 2014 Г.

ООО «АрхГеоком»

ДЕФОРМАЦИИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ-ЗА ПРОСАДОК ГРУНТА



Материальный ущерб

- **основным фондам городского хозяйства г.Надым при ликвидации трех аварийно-деформированных зданий – около 2 млрд. руб.**

- **Увеличение числа зданий, получивших повреждения из-за неравномерных просадок фундаментов в период с 1990 по 2000 г., по сравнению с предшествующим десятилетием*:**

в Норильске - на 42%,
в Якутске - на 61%
в Амдерме - на 90%

- *Оценочный отчет: «Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования» Гринпис России. Редактор: Анисимов О.А., д.г.н., Государственный гидрологический институт, С. Петербург, Россия , доклад 13.04.2010г*

Причиной деформаций и обрушения зданий в большинстве случаев является ослабление несущей способности грунтов вечной мерзлоты

Разрушение части здания Геологоразведочного управления в г. Якутске, 2009 г. (Фото М.Н. Григорьева)

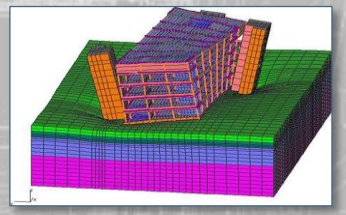
Основная часть капитального фонда Севера подходит в своем жизненном цикле к периоду капремонта, реконструкции, сноса. Для продления его жизнеспособности и экономии средств – целесообразно отслеживать состояние оснований для своевременного принятия конструктивных управляющих решений.

УМЕНЬШЕНИЕ РЕСУРСА ФУНДАМЕНТОВ СТРОЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГОДА ПОСТРОЙКИ

по данным Л.Н.Хрусталева, Weller and Landge, 1999

Год постройки	Доля построек, выработавших свой ресурс прочности, %				
	1990	2000	2010	2020	2030
Воркута					
1950	10	18	39	44	60
1960	9	17	31	43	60
1970	7	15	29	42	59
1980	3	12	26	40	57
1990	0	9	24	38	56
Тикси					
1950	9	23	63	90	98
1960	7	20	62	90	98
1970	4	18	61	90	98
1980	2	16	60	90	98
1990	0	14	60	90	98
Якутск					
1950	8	28	72	94	100
1960	6	27	72	94	100
1970	4	25	71	94	100
1980	2	24	71	94	100
1990	0	22	70	94	100

- *Weller G. and Lange M. (eds.) 1999. Impacts of global climate change in the Arctic regions, Report from a Workshop on the Impacts of Global Change, Center of Global Change and Arctic System Research, university of Alaska, Fairbanks, Tromse, Norway, 59p*



ОПАСНЫЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КРИОЛИТОЗОНЕ С РИСКАМИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ:

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
ЕСТЕССТВЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
ТЕХНОГЕННЫЕ ВЛИЯНИЯ

→ **ДЕГРАДАЦИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ**

- **ПОДТОПЛЕНИЕ**
- **ОБВОДНЕНИЕ**
- **ПРОСАДКИ**
- **ПУЧЕНИЕ**

Около 21% аварий на нефте- и газопроводах в Западной Сибири вызваны механическими воздействиями и деформациями :

- **неравномерная осадка грунта при таянии вечной мерзлоты,**
- **выдавливание опор и фундаментов при промерзании**

Слом колонны скважины, просадка фонтанной арматуры

Обводнение приустьевой зоны скважины

сезонные неравномерные термокарстовые осадки земной поверхности вызывают многочисленные аварийные ситуации

ТЕХНОГЕННЫЕ ВЛИЯНИЯ НА ДЕСТРУКТИВНЫЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

- **Недостаточное соответствие проектных решений геотехническим условиям, в том числе труднопрогнозируемой динамике состояния грунтовых оснований проектируемых сооружений в процессе эксплуатации**

- **Несоответствие строительных решений проектной документации**

- **Нарушение регламентов в процессе организации и производства строительных работ**

- **Нарушение правил и технологических норм функционирования самого объекта и инженерных систем в процессе эксплуатации**

- **Нарушение режима своевременности проведения ремонтных и восстановительных работ, а также принятия экстренных технических управляющих решений в процессе эксплуатации**

Закон 384-ФЗ
«Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

(вступил в силу с 1 июля 2010 г.) –

Требования расчетов как оснований фундаментов, так и надземных конструкций в нелинейной постановке с учетом геологических свойств грунтов и материалов, с учетом взаимодействия оснований и зданий или сооружений.

Результаты мониторинга состояния полотна Северной железной дороги, в за период 1970-2001 г.*

- **Увеличение величины ежегодной термокарстовой просадки грунта под полотном на участке Сейда-Воркута:**

в середине 1970х годов - 10 – 15 см
в 1995 г. - 50 см

- **Увеличение общей протяженности участков с ежегодными весенними термокарстовыми просадками грунта под полотном железной дороги**

с 1998 по 2001 г. - с 10 км почти до 15 км

**«Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования» Гринпис России. Редактор: Анисимов О.А., д.г.н., Государственный гидрологический институт, С. Петербург, Россия , Оценочный отчет. Доклад 13.04.2010г*

Геотехника - дисциплина, служащая обобщающей связью между различными этапами строительного процесса во всех его аспектах, связанных с грунтовыми основаниями техногенных объектов.

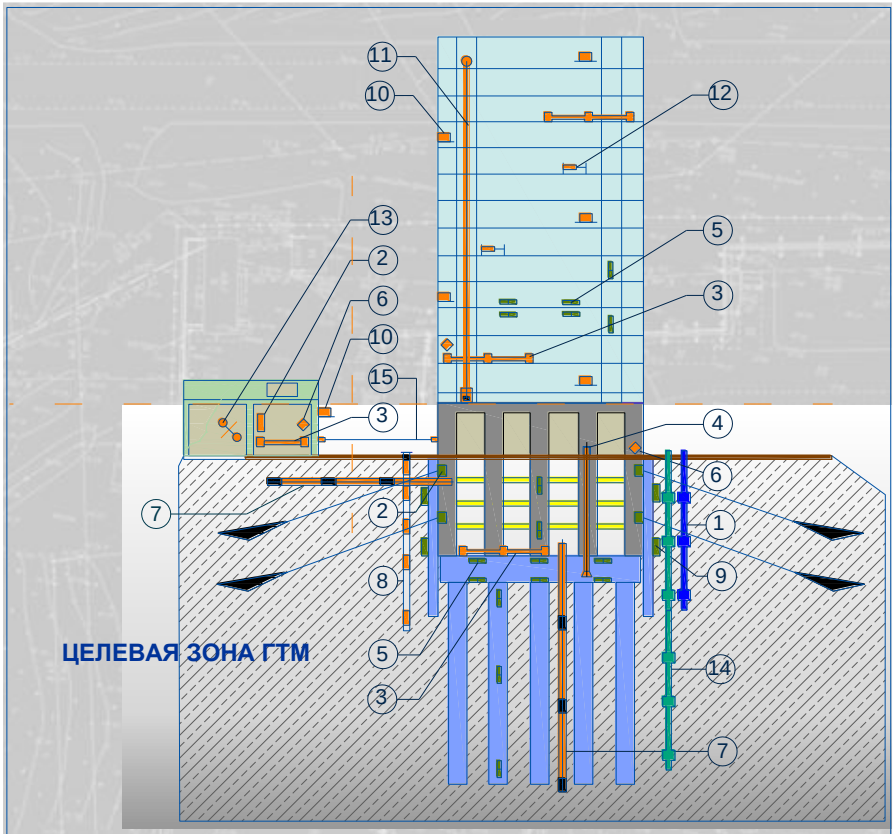
Геотехническая система; ГТС - совокупность природных объектов, грунтовых оснований и инженерно-технических сооружений, непосредственно связанных друг с другом и оказывающих взаимное влияние на устойчивость состояния каждого из них на протяжении жизненного цикла техногенного объекта.

Геотехническое сопровождение - строительства (или реконструкции) - взаимоувязанная последовательность действий, направленная на эффективное обеспечение устойчивости и безопасности геотехнических систем, на всех стадиях строительного процесса - от оценки инвестиционной привлекательности до сдачи построенного объекта в эксплуатацию.

Геотехнический мониторинг - комплекс работ, основанный на натурных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в том числе грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение, и конструкций сооружений окружающей застройки. Геотехнический мониторинг осуществляется в период строительства и на начальном этапе эксплуатации вновь возводимых или реконструируемых объектов . (*СП 22.13330.2011*)

Геотехнический мониторинг - система комплексного контроля, прогнозирования и управления состоянием геотехнической системы с целью обеспечения ее надежности на всех стадиях жизненного цикла . (*СТО Газпром 2-3.1-071-2006*)

ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА



МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНСТРУКЦИОННО-ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗДАНИЙ И КОТЛОВАНОВ

1. Смещения несущих элементов остова
2. Смещения конструкций прилегающих сооружений, котлованов
3. Ротационные движения конструкций
4. Поверхностные и глубинные смещения грунта
5. Обводнения грунта
6. Температуры грунта*

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

- инклинометры
- измерители осадки
- датчики нагрузки и давления
- экстензометры и трещиномеры
- маятники и считывающие устройства
- датчики напряжения и термометры
- датчики гидрогеологических показателей
- сейсмодатчики

Условные обозначения:

1. пьезометрические датчики
2. анкерный динамометрический датчик нагрузки
3. дифференциальная система контроля осадки (dsm)
4. однобазовый датчик осадки (контроль вертикальных смещений)
5. тензометрические датчики (контроль развития напряжений и деформаций)
6. оптическая мишень / марка геодезического нивелирования
7. многоточечный экстенсометр (контроль горизонтальных и вертикальных смещений)
8. инклинометрическая трубка
9. датчик общего давления грунта
10. поверхностный наклономер
11. маятниковая система контроля отклонений и смещений
12. датчики контроля стыков и смещений
13. трещиномерная стеновая марка
14. термометрическая трубка / скважина
15. ленточный дистанциометр

СТО ОАО «Газпром» декларирована обязательность разработки раздела «Геотехнический мониторинг»

в составе Проектной документации как стадии Проект, так стадии РД для строительных объектов в зоне распространения вечномерзлых грунтов.

Регулируется документами:

- **СТО Газпром 2-3.1-071-2006** Регламент организации работ по геотехническому мониторингу объектов газового комплекса в криолитозоне.
- **СТО Газпром 2-3.1-072-2006** Регламент на проведение геотехнического мониторинга объектов газового комплекса в криолитозоне.
- **СТО Газпром 2-2.1- 435 -2010** Проектирование оснований, фундаментов, инженерной защиты и мониторинга объектов ОАО «Газпром» в условиях Крайнего Севера.

Требования данного Регламента распространяются на:

- нефтегазопромысловые ГТС (разведочные, параметрические, гидрогеологические,
- эксплуатационные нефтегазодобы-вающие скважины),
- ГТС подготовки и переработки газа, конденсата и нефти (УКПГ, КС, ГПЗ, ЦПС, ДНС),
- линейно-транспортные ГТС (внутрипромысловые и магистральные трубопроводы, автомобильные и железные дороги),
- ГТС вспомогательной инфраструктуры.

на поддержание работоспособности трубопроводов и ликвидацию их деформаций, связанных с изменениями вечной мерзлоты, ежегодно тратится до 55 млрд. рублей

ОБЪЕКТАМИ ГТМ ЯВЛЯЮТСЯ:

На стадии проектирования –

- **лицензионные участки,**
- **площадки предполагаемого строительства инженерных сооружений и зоны их воздействия на природную среду;**
- **проектируемые системы инженерных объектов или отдельные объекты**

На стадии строительства –

- **грунтовые основания,**
- **фундаменты,**
- **элементы надфундаментных конструкций инженерных сооружений газовых промыслов,**
- **эксплуатационные и специального назначения скважины,**
- **кустовые площадки добывающих скважин, межпромысловые и магистральные трубопроводные системы,**
- **межпромысловые и внутриплощадочные коммуникации**

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ МЕТОДИК ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА КОНСТРУКЦИЙ И ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ

- **геодезические измерения**
- **инженерно-геологические наблюдения состояния грунтового массива в основании и в окрестности здания/сооружения**
- **измерения нагрузок и деформаций в конструкциях фундамента и надземной части**
- **сейсмометрические методики**

Рис.1.

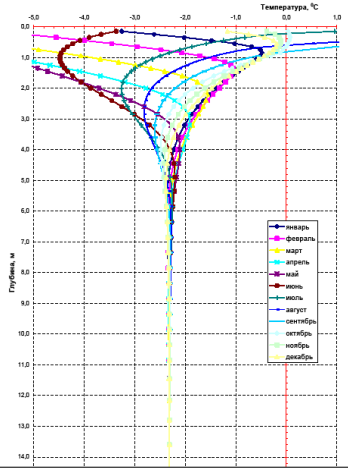


Рис.2.

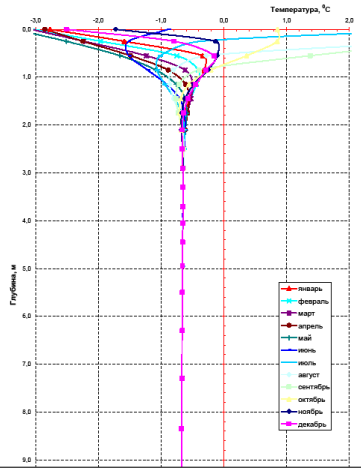
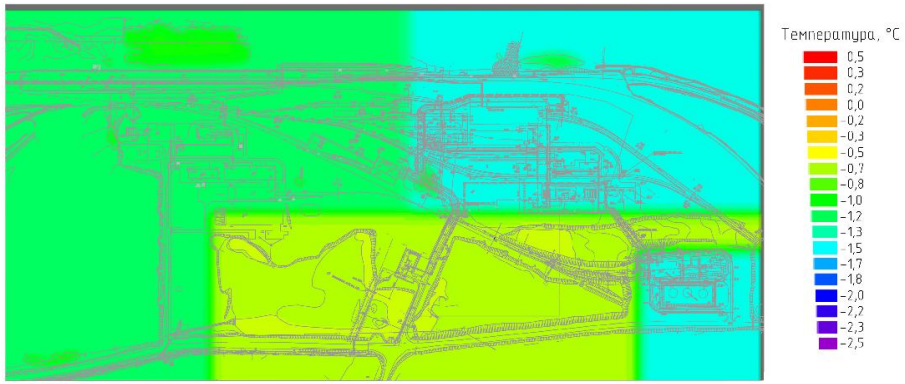


Рис.1. Естественное распределение температуры в ненарушенных грунтах оснований разреза 1 типа

Рис.2. Температуры грунтов оснований в точке №7 в 30-ый год эксплуатации



Расчетные температурные поля грунтов по площадке

рис.3. Начальное температурное поле грунтов оснований площадки станции Обская на глубине 10 м.

«Станция Обская» в составе стройки «Новая железнодорожная линия Обская - Бованенково»
Рабочий проект
Утверждаемая часть
Раздел:
Инженерно-геокриологический (геотехнический) мониторинг.
Том 29

ПЕРЕЧЕНЬ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

линейных сооружений железнодорожной линии

- изменение гидрологических условий территории размещения объектов, характера поверхностного стока, формирование техногенных водоемов,
- заболачивание из-за нарушения естественного гидрологического и гидрогеологического режима территории;
- неравномерные деформации грунтовых оснований и трубопроводов на границе "мерзлый грунт - талый грунт" в местах переходов через водотоки и водоемы;
- комплекс парагенетически связанных склоновых процессов (солифлюкция, криогенное оползание, термоэрозия и др.) на участках склонов, сложенных льдистыми грунтами;
- экзогенные процессы вдоль отсыпок железнодорожного полотна;
- термокарст на участках распространения торфяников и льдистых грунтов;
- русловая эрозия вследствие изменения гидрологических условий территории;
- изменение температурного режима грунтов оснований, повышение температур мерзлых пород, приводящее к изменению их состояния, в том числе новообразование мерзлоты и формирование многолетней мерзлоты в техногенных грунтах;
- изменение влажностного режима пород.

площадных сооружений (сооружения разъездов, мосты):

- оттаивание и консолидация грунтов оснований, построенных на участках распространения вечномерзлых грунтов и перелетков;
- разуплотнение грунтов и (или) снижение сил сцепления грунтов и фундаментов, сопровождающиеся неравномерными осадками
- фундаментов сооружений и технологического оборудования;
- экзогенные процессы (термоэрозия, дефляция, суффозия и т.д.) в местах отсыпок под строительство объектов;
- сезонное пучение деятельного слоя, приводящее к выпучиванию свай с недостаточной глубиной погружения и незначительными нагрузками от строящихся инженерных объектов;
- новообразование ММП, приводящее к многолетнему выпучиванию свай глубокого заложения и, как следствие, к деформациям зданий и сооружений уже в процессе строительства;
- криогенное растрескивание пород;
- обводнение территории застройки, сложенной преимущественно тонкодисперсными грунтами;
- формирование техногенных наледей вследствие перекрытия подземного стока воды;
- изменение температурного режима грунтов оснований, повышение или понижение температур мерзлых пород, приводящее к изменению их состояния;
- изменение влажностного режима пород.

«Новая железнодорожная линия Обская – Бованенково»
Участок «станция Сохонто – станция Бованенково»
Проект
Раздел: Инженерно-геокриологический (геотехнический) мониторинг.
Том 14
2008

ПРОВЕДЕНИЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В процессе эксплуатации объектов железнодорожной линии условно выделены два основных периода:

1. **начальный,** характеризующийся крайне динамичным переходным состоянием грунтов оснований от природного к новому периодическому состоянию, определяющемуся техногенными условиями. В данный период фактически завершается процесс перехода из природного состояния в новое устойчивое (проектное) состояние, начавшийся (организованный) еще на этапе строительства. Условно этот период может длиться от 2 до 5 лет, в некоторых случаях и более.

Определен в 2 года. По прошествии данного периода определяются направление и динамика основных изменений, их соответствие прогнозными теплотехническими расчетам.

2. Стабилизированный, по прошествии 2 лет, характеризующийся относительной стабильностью, либо, как в медленных, затухающих процессах.

В любой момент есть опасность всплеска деформаций при достижении пороговых значений под влиянием вялотекущих процессов, при воздействии нескольких трудно учитываемых факторов, а также в любой момент всплеск деформаций и отказ фундаментов может быть вызван аварийными ситуациями.

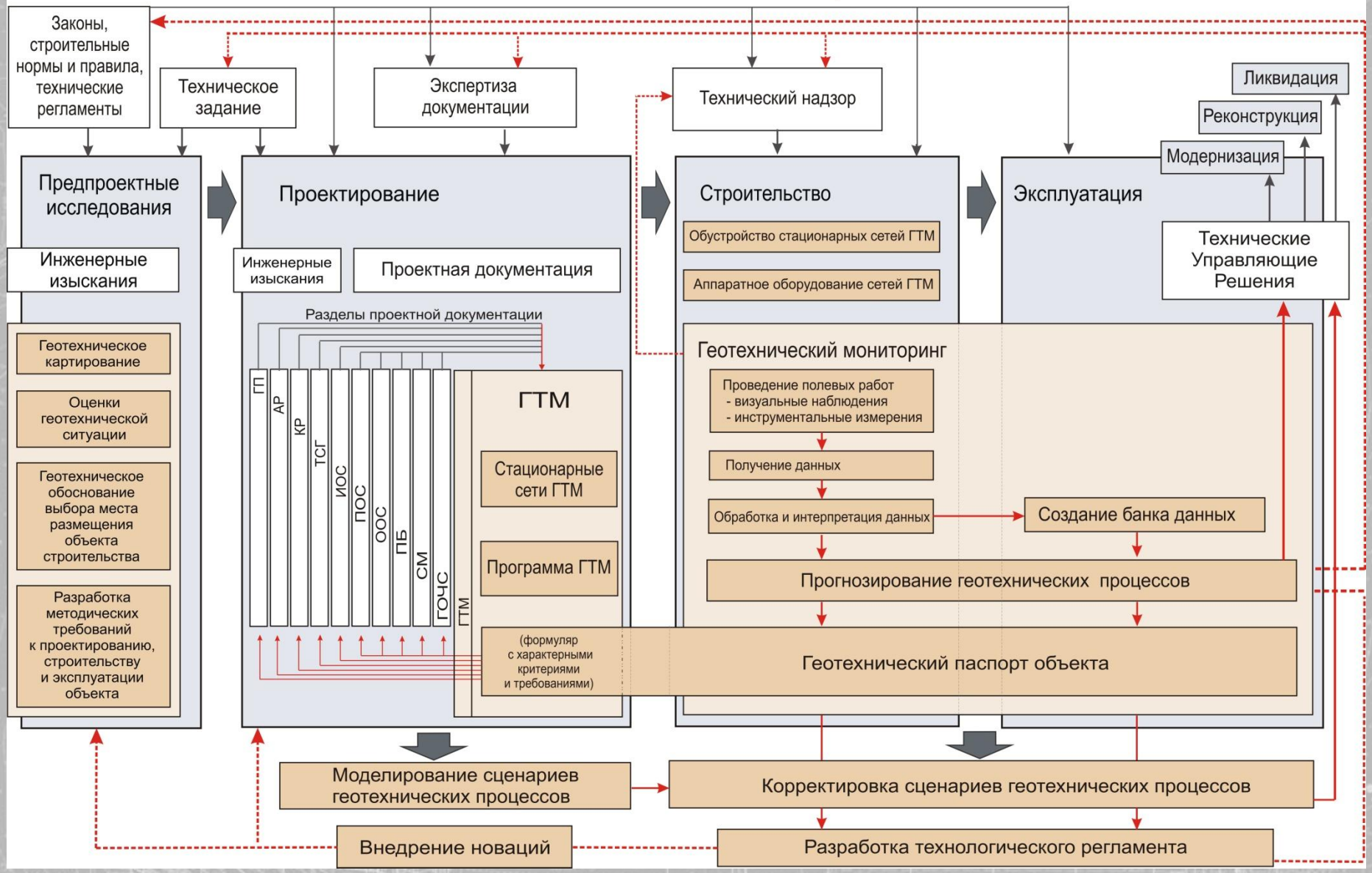
В зависимости от периода (наличие и скорости изменений) определяется состав и объемы геотехнического мониторинга.

«Новая железнодорожная линия Обская – Бованенково.
Участок станция Сохонто – станция Бованенково»
Проект
Раздел:
Инженерно-геокриологический (геотехнический) мониторинг.
Том 14
2008

ВИДЫ РАБОТ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ГТМ

- термометрические наблюдения в скважинах;
- гидрогеологические наблюдения в скважинах;
- нивелирование грунтовых реперов и деформационных марок;
- нивелирование сети грунтовых марок;
- визуальные обследования;
- гидрологические наблюдения;
- снегомерная съемка;
- наблюдение за работой сезонно-действующих охлаждающих устройств;
- теплотехнический прогноз;
- расчет напряженного состояния элементов инженерных сооружений;
- геотехнический прогноз;
- оценка общего состояния природно-технических систем;
- разработка рекомендаций по устранению деструктивных процессов;
- дополнительные инженерные изыскания, в т.ч. -
- определение характеристик физических свойств грунтов в лабораторных условиях
- выполнение химических анализов проб воды
- выполнение химических анализов почв и грунтов.

Геотехническое сопровождение объекта строительства
Система геотехнического мониторинга - ГТМ



Основа системы ГТМ - сеть ГТМ

<u>Сеть ГТМ</u> - совокупность специальным образом оборудованных стационарных инженерно-технических конструкций, режимные наблюдения по которым позволяет комплексно и достоверно определить текущее состояние оснований и фундаментов контролируемого инженерного объекта

<u>Элементы сети ГТМ:</u>

- **створы контроля состояния покровов;**
- **контрольные гидрологические створы;**
- **геодезические реперы;**
- **деформационные марки;**
- **грунтовые деформационные марки (глубинные и поверхностные);**
- **наблюдательные термометрические скважины;**
- **пьезометрические скважины;**
- **системы контроля напряжений (нагрузок), создаваемых строительными конструкциями и оборудованием на сваи, а также при развитии морозного пучения, либо осадок свайных фундаментов.**

ПЕРВИЧНЫЙ («РЕПЕРНЫЙ») ЗАМЕР:

Проводится на завершающей стадии строительства, в соответствии с **Программой ГТМ**, включает в себя:

- **дешифрирование аэро- и космоснимков,**
- **визуальное обследование с фото / видеофиксацией,**
- **инструментальные замеры.**

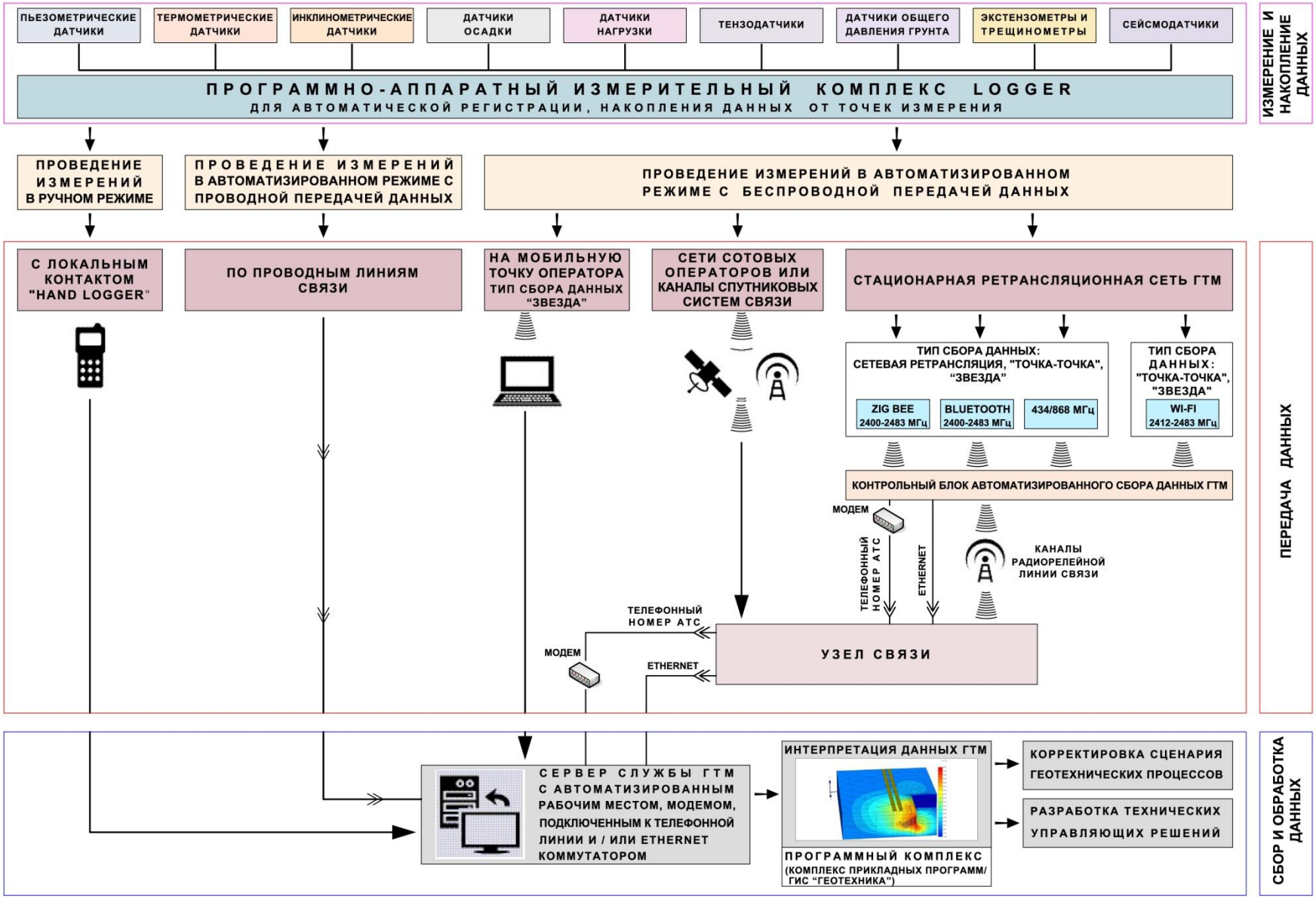
- **Теплотехнические расчеты** и **лабораторные исследования** – по необходимости

Результат:

- **Технический отчет**
- **Геотехнический паспорт** строительного объекта

<u>Автоматизированная система мониторинга состояния грунтов и несущих конструкций</u> – совокупность технических и программных средств, связанных между собой проводными или беспроводными линиями связи, позволяющая в режиме реального времени осуществлять сбор и обработку информации о различных параметрах грунтов оснований и строительных конструкций (геодезические, динамические, деформационные др.) для оценки технического состояния объектов.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА



РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Наиболее важные для ГТМ тенденции в области капитального строительства:

- **Уменьшение благоприятных для строительства территорий**
- **Увеличение доли высотного строительства**
- **Застройка высокой плотности развивающихся селитебных территорий с увеличением нагрузки на грунты с недостаточно изученными свойствами**
- **Повышение взаимовлияния объектов строительства в условиях плотной застройки и динамики состояния грунтовых оснований**
- **Увеличение плотности сетей подземных инженерных коммуникаций с вибрационными, температурными, электро-химическими воздействиями, гидрологическими влияниями на грунты**
- **Износ сетей подземных инженерных коммуникаций с увеличением рисков и фактов аварийных событий**
- **Перераспределение стоимости объекта между строительно-монтажной составляющей и отделкой с возрастанием требований к морально-эстетическим критериям оценки объектов строительства**
- **Освоение и развитие зон добычи полезных ископаемых на территориях со сложными и крайне сложными инженерно-геологическими условиями, и увеличение потребности в промышленных комплексах высокой степени надежности**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ООО «АрхГеоком»

«ЯМАЛ НЕФТЕГАЗ. КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯМАЛА И ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЙ: ПРИВЛЕЧЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ И ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ».

Г. САЛЕХАРД, 5-6 ИЮНЯ 2014 Г.