

# СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУР ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

SYSTEM OF MONITORING OF TEMPERATURES EXTENDED OBJECTS IN FROZEN SOIL

УДК 622.691.4.01:539.4

**Е.В. АМОСОВА**  
**Д.Ю. КРОПАЧЕВ**  
**Д.С. ПАЗДЕРИН**

инженер ОАО НПП «Эталон»  
ведущий инженер ОАО НПП «Эталон»  
инженер ООО НПО «Фундаментстройаркос»

Омск  
fgup@omsketalon.ru

E.V. AMOSOVA  
D.Y. KROPACHEV  
D.S. PAZDERIN

engineer Etalon  
lead engineer Etalon  
engineer FundamentStroiarcos

Omsk

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**  
**KEYWORDS:**

криолитозона, многолетние изменения, мониторинг, температура грунтов, тренд, термокоса, контроллер, система.  
permafrost, long-term changes, monitoring, soil temperature, trend, multizonal gage, controller, system

Для безопасности функционирования объектов нефтегазового комплекса, а также строительства сооружений в северных районах России предложено осуществлять температурный мониторинг объектов с целью выявления и устранения аварийных участков в районах вечномерзлого грунта с помощью системы мониторинга температур.

For the safety of the operation of the oil and gas facilities, and construction of facilities in the northern regions of Russia, it was proposed to monitor the temperature of objects in order to identify (detect) and remove emergency areas in permafrost soil regions by means of the temperature monitoring system.

Реализация национальных нефтегазовых проектов XXI века тесным образом связана с развитием новых крупных центров добычи углеводородного сырья и формированием новых систем магистрального трубопроводного транспорта газа, конденсата и нефти [1].

Безопасность функционирования объектов нефтегазового комплекса на территориях распространения многолетнемерзлых пород во многом определяется эффективностью систем мониторинга опасных геокриологических процессов, развитие которых связано как с природными факторами, так и с влиянием самих технических объектов. В зависимости от комплекса природных факторов, формирующих геокриологические условия, грунты могут находиться в многолетне – и сезонномерзлом, сезонноталом, талом и переохлажденном состояниях, а, следовательно, обладать различными прочностными и деформационными свойствами. К числу опасных трансформаций криогенных

грунтов относится образование термокарста, термоэрозия, морозное пучение, растепление, заболачивание. Наиболее уязвимыми в этом отношении являются магистральные трубопроводы, поскольку подобные процессы приводят к изменению их положения, деформации и высокой вероятности возникновения аварийной ситуации [3].

Также существуют проблемы строительства и эксплуатации зданий, сооружений на вечномерзлых грунтах. Проблемы фундаментостроения в районах распространения вечномерзлых грунтов определяются особенностями инженерно-геокриологических условий площадок размещения газопромысловых сооружений. Для этого проводят геотехнический мониторинг, в состав которого входят наблюдения за температурным и гидрогеологическим режимом, состоянием грунтов оснований, несущей способностью и деформациями фундаментов, развитием опасных геологических процессов и

экологической безопасностью прилегающей территории, прогноз и управляющие мероприятия, позволяющие обеспечивать надежность оснований и фундаментов сооружений [4].

Определение геотехнических свойств мерзлых грунтов имеет ряд особенностей:

- при определении температур грунтов в скважинах следует соблюдать режимы выстойки скважин после бурения и выстойки измерительной аппаратуры;
- для определения глубин сезонного оттаивания замеренные глубины оттаивания следует пересчитывать согласно ГОСТ 26262-84;
- отбор образцов и определение физических и механических свойств мерзлых грунтов должны осуществляться с учетом масштабного эффекта, вызванного наличием ледовых прослоев в мерзлом грунте [4].

Успешная реализация нефтегазовых и строительных проектов на территории ▶



Рис. 1 Термокоса (МЦДТ 0922) с контроллером (ПКЦД-1/100)

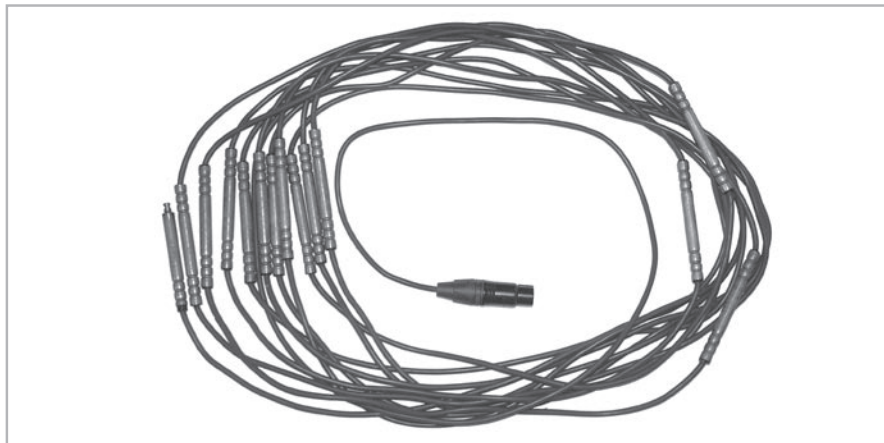


Рис. 2 Термокоса (МЦДТ 0922)

распространения многолетнемерзлых пород обусловлена внедрением при проектировании и строительстве новых технологий и технических решений, которые не только должны обеспечивать надежность, устойчивость фундаментов и пространственную неизменность конструкций в процессе строительства и эксплуатации, но и гарантировать надёжную работу газодобывающих и газотранспортных систем, даже с учётом негативных сценариев возможного потепления климата планеты [1].

Интенсивное потепление климата, начавшееся во второй половине 1960-х – начале 1970-х гг., не было постоянным на всем севере России. В последние 18–20 лет на значительном числе метеостанций стали наблюдать слабые изменения климата, приостановку потепления и даже его похолодание. Современные изменения климата привели к формированию тенденций к повышению температуры грунтов на Севере [2].

Согласно комплексному анализу данных метеостанций и геокриологических стационаров, для севера России возможные изменения трендов температуры грунтов охватывают широкий диапазон – от 0,004 до 0,05 °C/год (средние для всего региона значения тренда составляют 0,03 °C/год) [2].

Высокие тренды потепления грунтов, так же как и воздуха, наблюдаются в центральной части Западной Сибири, в Якутии и на юге Красноярского края. Минимальные тренды изменения температуры воздуха и грунтов характерны для Европейского Севера, севера Средней Сибири и Колымской изменности [2].

В районах с высокотемпературными многолетнемерзлыми грунтами (юг Западной Сибири, Забайкалье, Приамурье) сильное потепление климата не приводит к синхронному формированию высоких трендов изменений среднегодовой температуры грунтов вследствие значительных затрат тепла на фазовые переходы при оттаивании [2].

В настоящее время широкий круг ученых-климатологов и геокриологов отмечает, что за последние 20–25 лет температура воздуха в области криолитозоны повысилась на 0,2–2,5 °C. Повышение температуры в верхних горизонтах мерзлых пород за этот период достигает 1,0–1,5 °C и распространяется до глубины 60–80 м. По различным оценкам, прогнозируемое повышение температуры

воздуха на Севере в первой четверти XXI в. составит 1,0–2,0 °C и может достичь 3–4 °C к середине столетия. При таком потеплении климата произойдет существенное сокращение площади сплошных мерзлых пород в Северном полушарии и южная граница их распространения в Западной Сибири может отодвинуться на север на 200–500 км.

Можно сделать вывод, что изменение теплового баланса многолетнемерзлых пород под воздействием инженерных сооружений и глобального потепления климата стало, если уже не стало, одним из основных факторов, определяющих устойчивость инженерных сооружений.

Деградация мерзлых пород приведет к резким изменениям в условиях функционирования оснований и фундаментов, поскольку прочностные и деформационные свойства грунтов напрямую зависят от температуры.

В результате недостаточного учета особенностей геокриологических условий и их природных и техногенных изменений происходят многочисленные деформации сооружений, иногда даже аварийного характера.

В этом направлении, на наш взгляд, необходимо контролировать и управлять температурным режимом грунтов в процессе эксплуатации.

Отметим также, что одним из элементов комплексного проектирования в обязательном порядке является термостабилизация грунтов оснований. Системами термостабилизации грунтов оснований могут быть вентилируемое подполье, теплозащитные экраны, сезонно-действующие охлаждающие установки (горизонтального и вертикального типов), охлаждающие установки круглогодичного действия (горизонтального и вертикального типов).

Таким образом, одной из главных проблем успешного проектирования фундаментов является разработка и промышленное применение новых технических решений по контролю и управлению температурным режимом грунтов оснований.

В связи с этим ОАО НПП «Эталон» разработало систему мониторинга температур протяженных объектов.

Разработанная система мониторинга температур протяженных объектов предназначена для полевого определения температуры грунтов по ГОСТ 25358-82, где

требуется получить данные о температуре мерзлых, промерзающих и протаивающих грунтов. А также может использоваться для измерений температур в строительстве, на любых сложных нелинейных объектах, в резервуарах с неагрессивными жидкостями.

Система мониторинга температур протяженных объектов позволяет повысить точность измерения и надежность, упростить существующие системы мониторинга температур, расширить области применения.

В настоящее время на опытном полигоне ООО НПО «Фундаментстройаркос» г. Тюмень ведутся работы по оценке эффективности работы термостабилизаторов. Для мониторинга температуры грунта вместе с термостабилизатором размещена 100 метровая термокоса МЦДТ 0922. График результатов измерения температуры за ноябрь месяц 2010 года одной термокосы с помощью ПКЦД-1/100 представлен на рисунке 4. Данный график показывает распределение температуры грунта по глубине в течение времени. ■

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Попов А.П., Милованов В.И., Жмулин В.В., Рябов В.А., Бережной М.А. К вопросу о типовых технических решениях по основаниям и фундаментам для криолитозоны // Инженерная геология, 2008, сентябрь, с. 22–38.
2. Павлов А.В., Малкова Г.В. Мелкомасштабное картографирование трендов современных изменений температуры грунтов на севере России // Криосфера Земли, 2009, т. XIII, №4, с. 32–39.
3. Корниенко С.Г. Изучение и мониторинг мерзлых грунтов с использованием данных космической съемки // Материалы 11-й Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформатика в нефтегазовой отрасли».
4. Минкин Марк Строительство нефтегазовых объектов на Севере // Материалы семинара «Вопросы проектирования фундаментов на особых грунтах. Новые геотехнические конструкции и методы их расчетов», 2010.
5. Неделько А.Ю. Контроллеры цифровых датчиков температуры // Промышленные АСУ и контроллеры, 2010, № 8, с. 36–38.



Рис. 3 Контроллеры (ПКЦД-1/16 и ПКЦД-1/100)

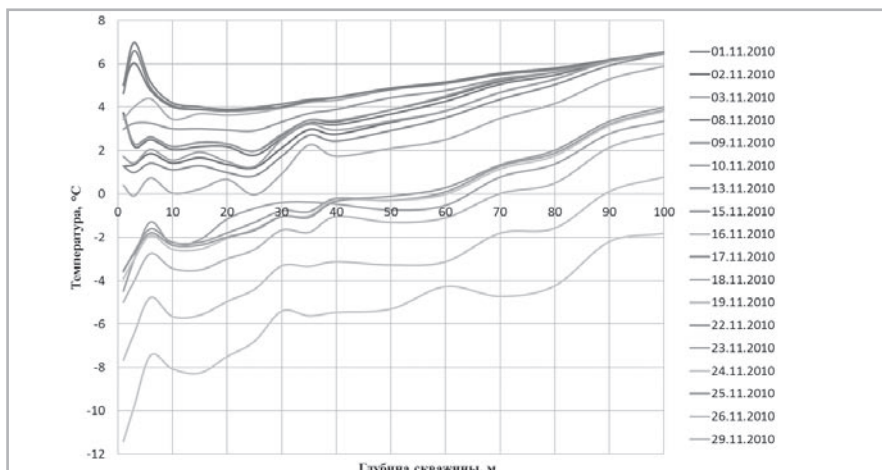


Рис. 4 График зависимости температуры грунта от глубины скважины