

УДК 536.5

Результаты мониторинга температурных полей в основании фундамента стадиона «Триумф», г. Якутск

Канд. техн. наук К. Н. БОЛЬШЕВ¹, канд. техн. наук В. А. ИВАНОВ²,
д-р техн. наук А. М. ТИМОФЕЕВ³, А. А. СТЕПАНОВ⁴

¹k.bolshev@mail.ru, ²v.ivanov49@mail.ru, ³a.m.timofeev@iptpn.ysn.ru, ⁴stepanov-a.a@mail.ru

Институт Физико-Технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН
677891, г. Якутск, ул. Октябрьская, 1

Описывается опыт контроля эффективности так называемых сезонно-действующих охлаждающих устройств, установленных для укрепления фундамента стадиона «Триумф» (г. Якутск). Данные устройства представляют собой Y-образную колонку из стальных труб. Верхняя надземная часть колонки оснащается продольными ребрами для увеличения площади теплообмена с окружающей средой, нижняя часть помещается в грунт. В колонку закачивается хладагент. При низких температурах на поверхности из-за разности температур пары жидкости начинают циркуляцию и обеспечивают охлаждение грунта вблизи колонки. Таким образом, колонка действует в холодное время года, обеспечивая его глубокое промерзание в талых зонах. Для решения задачи мониторинга были выбраны логгеры фирмы Dallas Semiconductors, на базе которых совместно с фирмой «ЭлИн» созданы термокосы. Термокосы помещались в скважины в непосредственной близости от СОУ. Будучи энергонезависимыми элементами с собственной памятью они регистрируют температуру в непрерывном режиме. В результате получены данные о температуре грунтов на различных глубинах на протяжении трех лет. Анализ изменения температуры в грунтах наглядно подтверждает эффективность СОУ.

Ключевые слова: охлаждающие устройства, промерзание грунта, логгеры, термокосы.

Results of monitoring temperature fields in the basement of the Triumph Stadium in Yakutsk

Ph. D. K. N. BOLSHEV¹, Ph. D. V. A. IVANOV²,
D. Sc. A. M. TIMOFEEV³, A. A. STEPANOV⁴

¹k.bolshev@mail.ru, ²v.ivanov49@mail.ru,

³a.m.timofeev@iptpn.ysn.ru, ⁴stepanov-a.a@mail.ru

Institute of Physics and technology problems of the North of
V. P. Larionov SB RAS
677891, Russia, Yakutsk, Oktyabrskaya St., 1

Efficiency control of the so called seasonally operating cooling devices installed to strengthen the foundation of the Triumph Stadium (Yakutsk) is described. These devices are Y-type steel pipes, with the upper part having radiators and the underground part filled with coolant. At subzero environment temperatures the coolant gas circulates in the device, thus leading to ground temperature decrease. The device operates this way during the cold season providing ground freezing in thawed areas. To conduct the monitoring we have chosen the data loggers produced by Dallas Semiconductors. On their basis, in collaboration with Elin Company (Moscow), we developed thermistor chains which were placed into the wells in the vicinity of the seasonally operating cooling devices. Possessing nonvolatile memory, they continuously recorded the temperature. As a result, the data of ground temperatures at various depths were obtained for a three-year period. The analysis of changes in ground temperature clearly demonstrates the effectiveness of the seasonally operating cooling devices.

Keywords: cooling devices, ground freezing, data loggers, thermistor chains.

Мерзлое состояние грунта на месте строительства сооружения на весь период его возведения и эксплуатации обеспечивает необходимую прочность и стабильность основания фундамента. В мерзлом состоянии прочностные свойства разнородных областей грунтов увеличиваются и выравниваются. Кроме того, мерзлый грунт становится водонепроницаемым.

При строительстве такого крупного объекта, как универсальный спорткомплекс «Триумф» в г. Якутске (рис. 1), вмещающий более 3,5 тыс. чел., обеспечение мерзлого состояния грунта является первоочередной задачей.

В конкретном случае негативными факторами является близость озера Сайсары, на берегу которого расположен данный объект, а также последующее тепловое влияние самого объекта на грунт.

Решением этой проблемы явилось оснащение всей площади строительства сезоннодействующими охлаждающими устройствами (СОУ)

Данные устройства представляют собой Y-образную колонку из стальных труб внутренним диаметром 57 мм (рис. 2). Верхняя надземная часть колонки оснащается продольными ребрами для увеличения площади теплообмена с окружающей средой. В колонку закачивается хладон-22. При низких температурах на поверхности из-за разности температур пары жидкости начинают циркуляцию и обеспечивают охлаждение грунта вблизи колонки. Таким образом, колонка действует в холодное время года, обеспечивая его глубокое промерзание в талых зонах.

Для осуществления мониторинга были выбраны две скважины — термотрубки глубиной около 11 м, диаметром 76 мм и одна гидрогеологическая скважина — глубиной порядка 6.5 м, диаметром 325 мм.



Рис. 1. Универсальный спорткомплекс «Триумф» г. Якутск

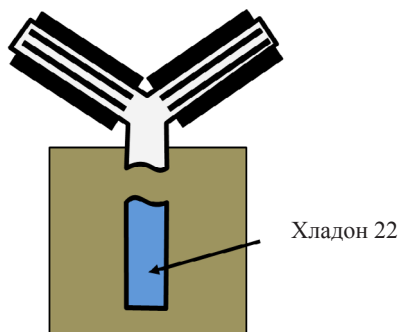


Рис. 2. Сезоннодействующее охлаждающее устройство (COV)

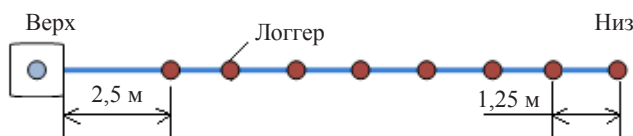


Рис. 3. Шлейф — регистратор iB-BUS-L

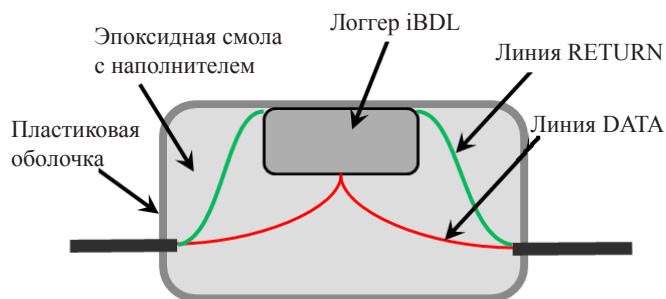


Рис. 4. Защищенный элемент iB-Bus-L

В качестве основного инструмента нами были выбраны термолоттеры iBDL разработки НТЛ «ЭлИн», объединенные в так называемый шлейф-регистратор (рис. 3). Такой шлейф-регистратор представляет собой ряд логгеров, соединенных между собой шиной данных и оснащенный интерфейсным разъемом на конце.

Каждый элемент такой термокосы представляет собой термолоттер заключенный в защитную оболочку и залитый эпоксидной смолой с наполнителем (рис. 4). Общая длина термокосы 11,25 м, расстояние между элементами — 1,25 м.

На рис. 5–7 показаны графики сравнения распределений температуры по глубине скважин в мае и январе 2011, 2012 и 2013 гг. На рис. 8–10 показаны кривые развития температур на различных глубинах в течение 2-х с половиной лет. Пунктирной синей линией показана среднемесячная температура воздуха в г. Якутске.

Из представленных графиков видно, что за два с половиной года проведенных наблюдений происходит постепенное смещение распределения температуры в отрицательную сторону. При этом наблюдается два резких перелома направления изменения температуры (на глубине до 3–4 м). Например, на рис. 8 — в декабре начинается резкое падение температуры, продолжающееся до марта, далее разворот графика и рост, постепенно снижающийся до следующего декабря. При этом изменение направления температуры по всей длине происходит практически синхронно, тогда как в случае гидрогеологической скважины и шлейфа № 3 (рис. 10) имеется запаздывание развития температуры в зависимости от глубины точки. Это объясняется тем, расстояние от термотрубки шлейфа № 2 до ближайшей COV существенно меньше, чем у шлейфа № 1 и № 3.

Также необходимо отметить наличие таликовых зон в области установки шлейфов № 1 и № 2 в октябре 2010 г. Судя по показаниям шлейфов, эти таликовые зоны под действием COV оказались полностью заморожены уже через год.

В целом можно утверждать, что полученные данные подтверждают эффективность установок COV, так как видно явное охлаждение и уход в отрицательную сторону областей с положительной температурой.

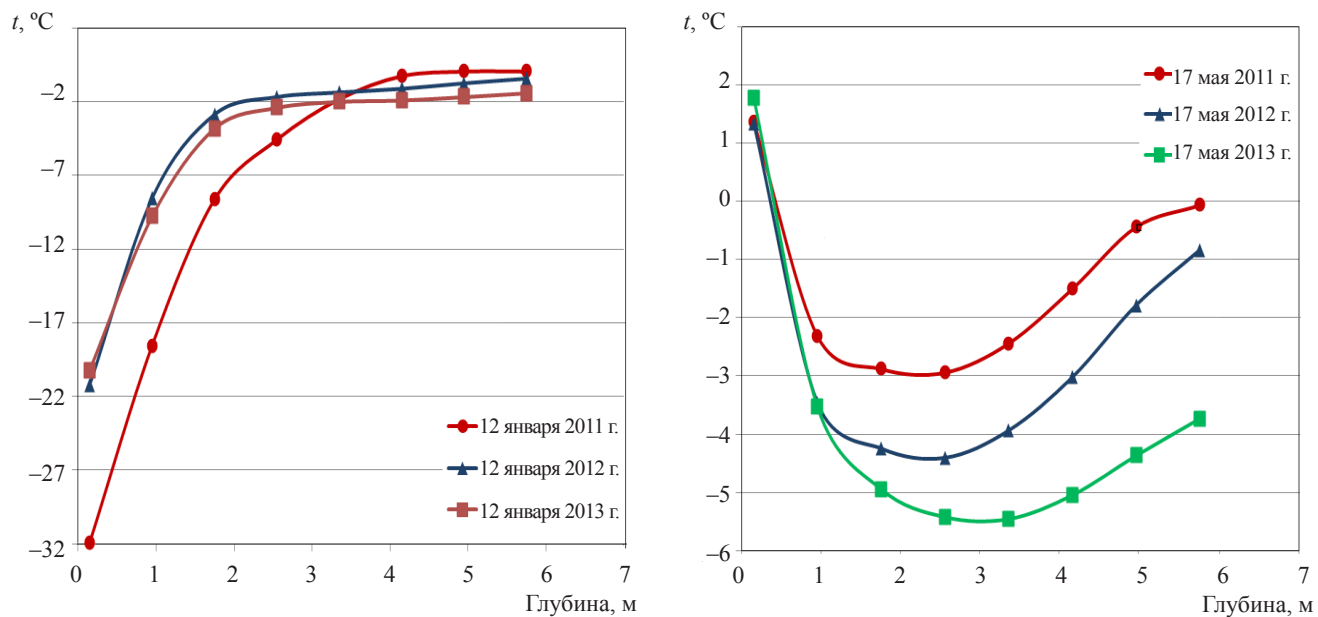


Рис. 5. Сравнение кривых распределения температуры в гидрогеологической скважине (шлейф № 1)

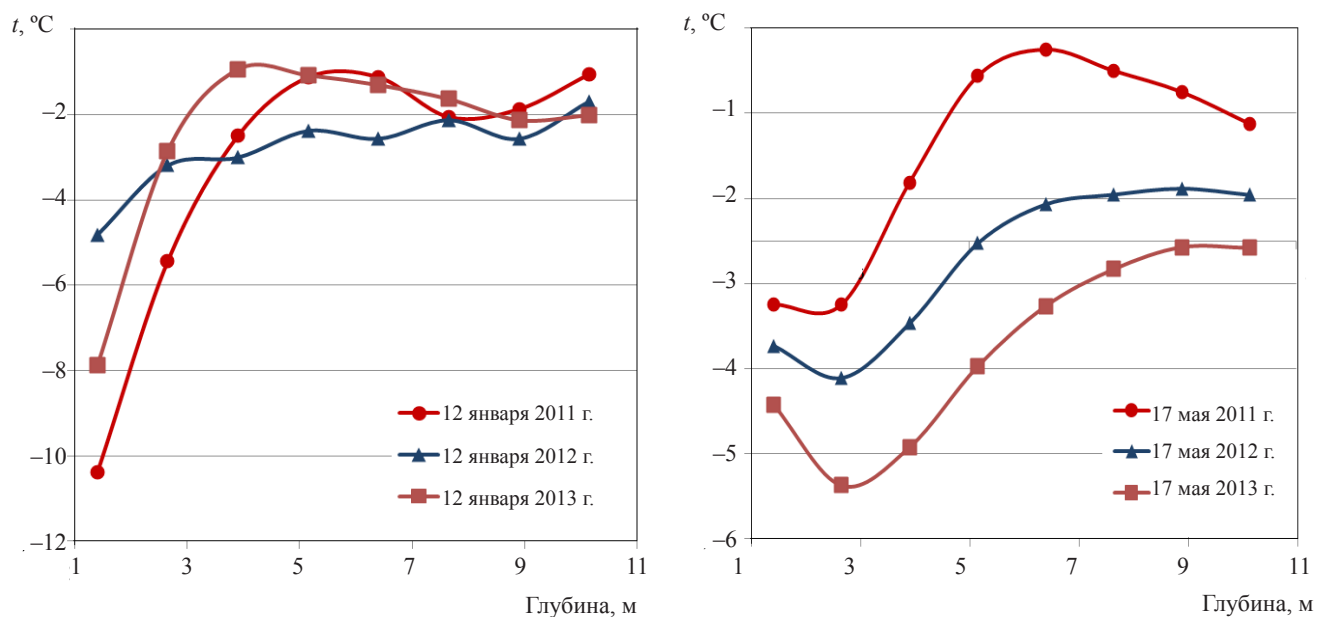


Рис. 6. Сравнение кривых распределения температуры в гидрогеологической скважине (шлейф № 2)

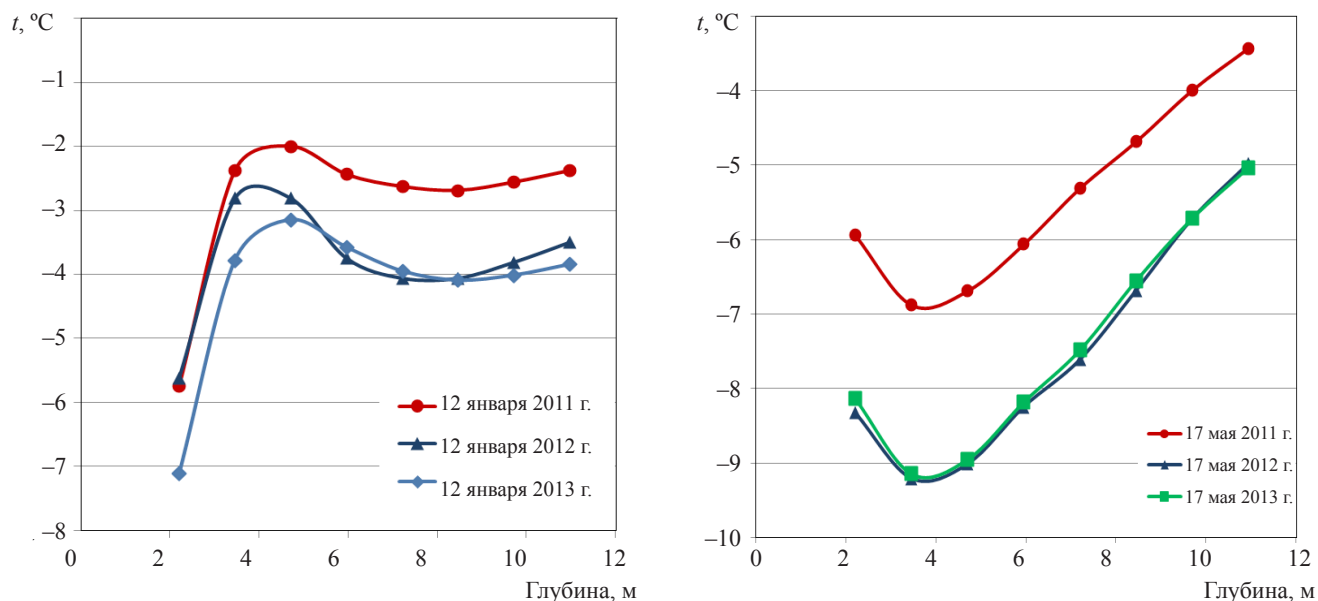


Рис. 7. Сравнение кривых распределения температуры (шлейф № 3)

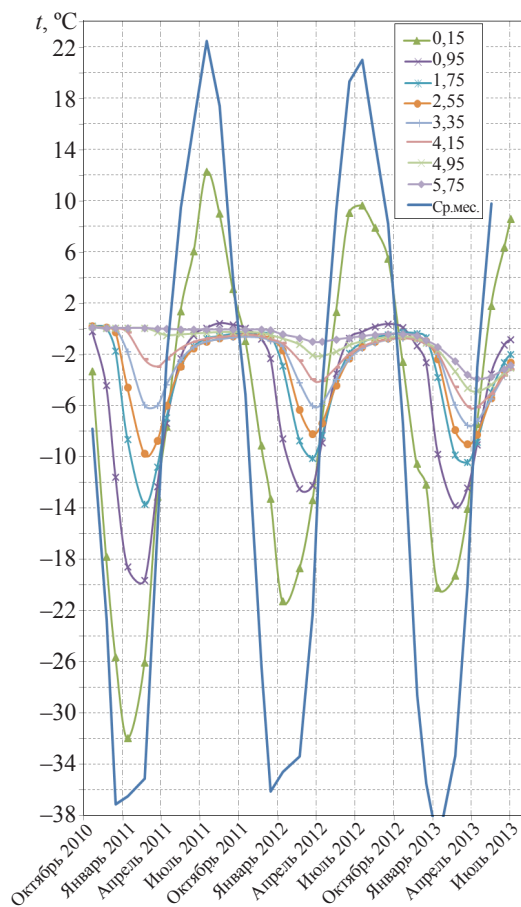


Рис. 8. Изменение температуры по времени в гидрогеологической скважине (шлейф № 1)

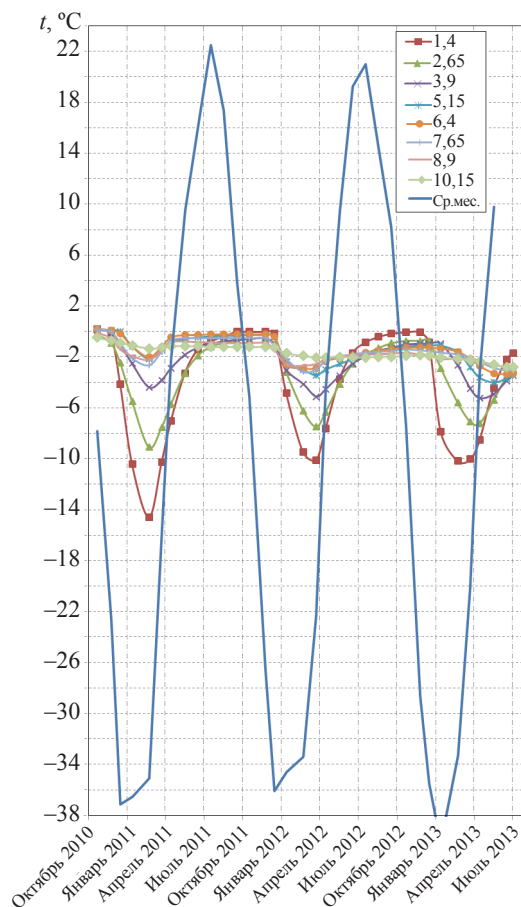


Рис. 9. Изменение температуры по времени в гидрогеологической скважине (шлейф № 2)

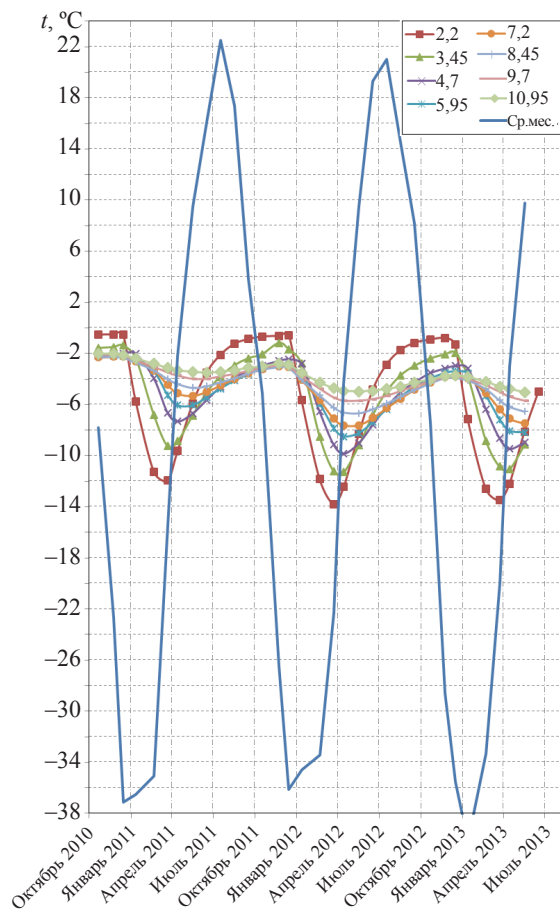


Рис. 10. Изменение температуры по времени в гидрогеологической скважине (шлейф № 3)

Список литературы

1. Концепция iBDL от НТЛ «Элин» [Электронный ресурс] URL: http://www.elin.ru/iBDL/?topic=ibdl_elin (дата обращения 25.03.2013).
2. Макаров В. И. Термосифоны в северном строительстве. — Новосибирск: Наука, 1985.
3. Temperature and Humidity Data Logging [Электронный ресурс] URL: <http://www.maximintegrated.com/products/ibutton/data-logging/> (дата обращения 25.03.2013).

References

1. Konceptija iBDL ot NTL «Elin» URL: http://www.elin.ru/iBDL/?topic=ibdl_elin (data obrashhenija 25.03.2013).
2. Makarov V. I. Termosifony v severnom stroitel'stve. — Novosibirsk, Nauka, 1985.
3. Temperature and Humidity Data Logging URL: <http://www.maximintegrated.com/products/ibutton/data-logging/> (data obrashhenija 25.03.2013).