

*А. Н. Шеин<sup>1,2\*</sup>, Я. К. Леопольд<sup>2</sup>*

## **Оценка погрешности измерения температуры грунтов в скважине с железной и пластиковой обсадкой**

<sup>1</sup> ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

\* e-mail: a.n.shein@yandex.ru

**Аннотация.** В работе приводятся результаты температурных измерений в скважинах с разной обсадкой. Установлено, что при измерении температуры грунтов в скважинах в зависимости от материала обсадки и глубины могут возникать значительные погрешности. Максимальное искажение температуры достигается в декабре-январе и составляют 5.99, 3.77°C на небольших глубинах 0.5 и 1 м соответственно. Погрешность уменьшается с увеличением глубины. Металлическая обсадка в наибольшей степени искажает данные температурных измерений по сравнению с пластиковой обсадкой или необсаженной скважиной.

**Ключевые слова:** термометрия, мерзлота, мониторинг

*A. N. Shein<sup>1,2\*</sup>, Ya. K. Leopold<sup>2</sup>*

## **Estimation of the error of measuring soil temperature in wells with iron and plastic casing**

<sup>1</sup> Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District, Salekhard, Russian Federation

<sup>2</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS,  
Novosibirsk, Russian Federation

\* e-mail: a.n.shein@yandex.ru

**Abstract.** The paper presents the results of temperature measurements in wells with different casing pipes. It is fixed that when measuring the temperature of soils in wells, depending on the casing material and depth, significant errors may be noted. The maximum temperature distortion is reached in December-January and amounts to 5.99, 3.77°C at shallow depths of 0.5 and 1 m, respectively. The error decreases with increasing depth. The metal casing distorts the temperature measurement data to the greatest extent compared to a plastic casing or an well without casing.

**Keywords:** thermometry, permafrost, monitoring

### ***Введение***

Последние годы идёт активное освоение северных (и горных) территорий, разработку которых часто осложняет присутствие многолетнемерзлых пород (ММП). Самое прямое отношение к этому имеет РФ, значительную (60-65%) территорию которой занимает мерзлота. Помимо труднодоступности северных территорий, такие породы осложняют их освоение из-за возникающих проблем при возведении и дальнейшей эксплуатации инфраструктуры в таких условиях. Эти проблемы возникают не только из-за сложного строения пород, но и ускорившихся в последнее время процессов деградации мерзлоты ввиду потепления кли-

мата. Именно поэтому в последние годы бурно развивается научное направление по изучению современного состояния ММП и прогнозированию развития опасных ситуаций в зонах распространения многолетней мерзлоты [1]. Появляются федеральные программы по развитию наблюдательных геокриологических скважин [2, 3]. Измеряемым параметром в таких скважинах будет температура – как один из основных показателей состояния ММП. Однако до сих пор позникают вопросы по методике температурных скважинных измерений: могут возникать отклонения истинных температур пород и измеренных в обсаженных скважинах и изменяться в течение года по величине и знаку [4, 5]. В связи с чем качество и точность температурных измерений при масштабных государственных работах выходит на первый план. Данная работа ещё раз поднимает актуальный вопрос влияния обсадного материала на качество температурных измерений в скважине, проводится сравнение результатов мониторинга в термометрических скважинах с железной и пластиковой обсадкой.

### *Методы и материалы*

Для проведения исследований используются данные региональной сети наблюдения за мерзлотой, которая развивается в ЯНАО и включает мониторинговую сеть мерзлоты как в естественных, так и в антропогенных условиях. Данные собираются на специально разработанном портале <https://monitoring.arctic.yanao.ru> [6] для хранения и визуализации. Для специалистов и всех заинтересованных лиц предусмотрен полный доступ к ресурсу, где на базе Яндекс.Карт отображаются объекты мониторинга с информацией по расположению скважин, возможностью отображения в виде графиков и экспорта полученных данных.

Для анализа использовались данные с фоновых скважин ЛБТ-3/21, СХД-3/21 вблизи г. Лабытнанги и Салехард и из-под одного из объектов мониторинга в г. Салехард.

В фоновых скважинах ЛБТ-3/21 и СХД-3/21 установлено термометрическое оборудование САМ-Мерзлота-15-1 (производство ИП Кураков, г. Томск), где помимо термометрической косы в пластиковой обсадке установлен термошуп в естественную среду на глубину до 1 м. Термометрические датчики в термошупе контактируют непосредственно с грунтами.

Под одним из жилых домов в г. Салехард пробурены скважины для температурного мониторинга грунтов в основании здания, две из которых находятся в 1 м друг от друга и обсажены разным материалом: пластик и железо. Измерения проводятся оборудованием САМ-мерзлоты-Т (производство ИП Кураков, г. Томск). Установленные комплекты термометрической аппаратуры прошли тестирование и были запрограммированы на период измерения 3 ч, в соответствии с периодом измерения ближайшей метеостанции в аэропорту г. Салехард. Погрешность калибровки датчиков измерения температуры:  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . Разрешающая способность измерения температуры:  $0.07^{\circ}\text{C}$ .

## Результаты

В скважинах ЛБТ-3/21 и СХД-3/21 проводятся сравнение температурных данных в пластиковой обсадке и на щупе на глубинах 0.5 и 1 м (рис. 1). Среднее значение отклонения температуры, измеренной термокосой и щупом для скважины, ЛБТ-3/21 составляет на 0.5 м - 0.16°C и на 1 м - 0.21°C, а максимальное 0.5 м - 2°C и 1 м - 1.7°C. Для скважины СХД-3/21 среднее отклонение на глубине 0.5 м - 0.24°C и 1 м - 0.06°C, а максимальное 0.5 м - 1°C и 1 м - 0.6°C. Если учесть, что чувствительность прибора составляет 0.07, то можно принять, что в пластиковой обсадке измерения с хорошей точностью повторяют температуру на щупе, который помещён в естественную среду.

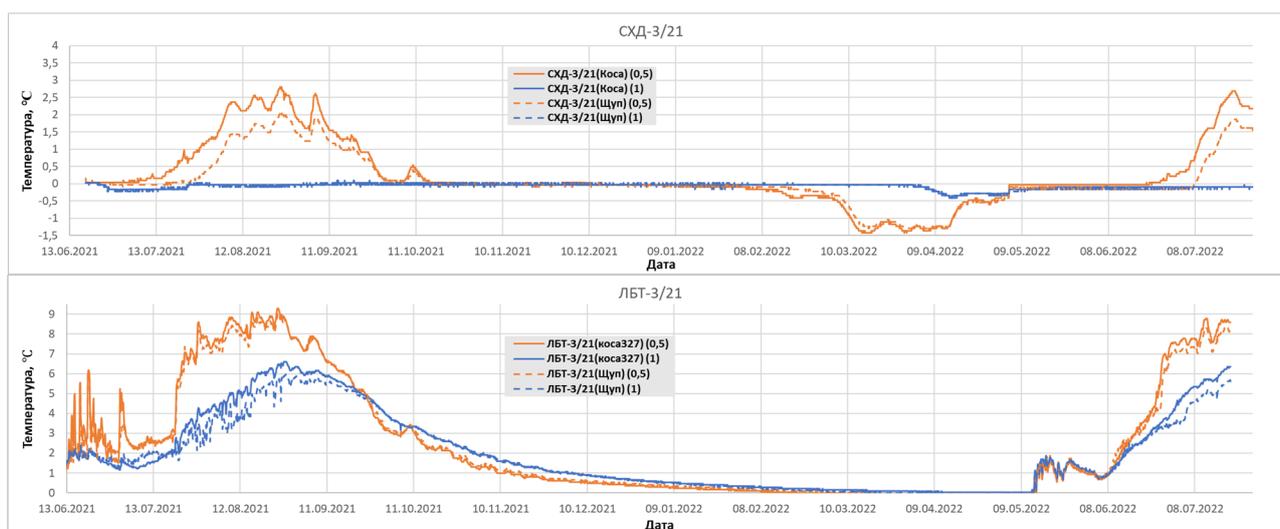


Рис. 1. Температура, измеренная в скважинах ЛБТ-3/21, СХД-3/21 в 2021-2022 гг. на глубинах 0.5 и 1 м термометрической косы в пластиковой обсадке (слошные кривые) и термощупом в естественной среде (пунктирные кривые)

Теперь рассмотрим температурные данные на разных глубинах со скважин, которые находятся в 1 м друг от друга под жилым домом в г. Салехард, но при этом обсажены разным материалом (рис. 2). Устье каждой скважины накрыто теплозащитным коробом для снижения влияния внешней температуры.

На рисунке 3 представлены температурные данные за последние 2 года в скважинах с железной (рис. 3, сплошные линии) и пластиковой обсадкой (рис. 3, пунктирные линии) на глубинах 0.5, 1, 3 и 5 м. Средние значения отклонений показаний в двух скважинах составляют на глубине 0.5 м - 0.9°C, 1 м - 0.7°C, 3 м - 0.4°C и 5 м - 0.4°C. Видно, что погрешность уменьшается с увеличением глубины. По сравнению с измерениями в естественной среде, которые проводились в скважинах ЛБТ-3/21 и СХД-3/21, отклонения измерений под жилым домом при использовании разных обсадок возрастают в несколько раз. Максимальные отклонения достигают на глубине 0.5 м - 5.99°C, 1 м - 3.77°C, 3 м - 2.51°C, 5 м - 1.36°C. Таким образом, если исходить из измерений полученных в скважинах ЛБТ-3/21 и СХД-3/21 и принимать измерения в скважине с пластиковой обсад-

кой близкими к истинным, то наибольшие отклонения измеренной температуры от истинной характерны для зимнего периода (рис. 3).



Рис. 2. Устья мониторинговых скважин под жилым домом в г. Салехард

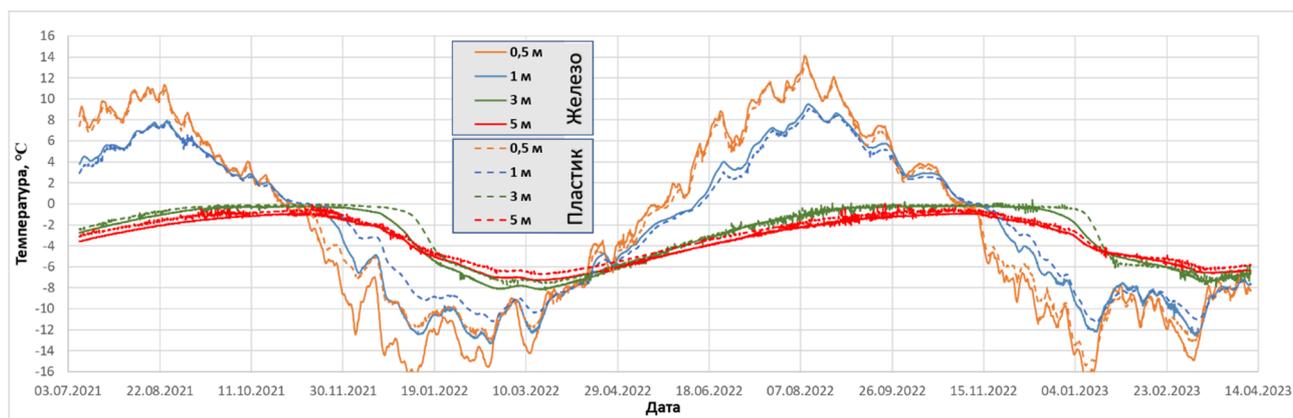


Рис. 3. Температура, измеренная в скважинах под жилым домом в г. Салехард за 2021-2023 гг. в скважинах с железной (сплошные линии) и пластиковой обсадкой (пунктирные линии) на глубинах 0,5, 1, 3 и 5 м.

### *Заключение*

Подтверждаются выводы, сделанные в предыдущих работах [6, 7]:

При измерении температуры грунтов в скважинах в зависимости от способа обсадки и глубины могут отмечаться заметные погрешности. Наибольшие отклонения измеренной температуры от истинной характерны для зимнего периода. Максимальное искажение температуры достигается в декабре-январе на небольших глубинах и составляют на 0,5 м - 5,99°C и 1 м - 3,77°C.

Погрешность уменьшается с увеличением глубины, что может быть связано с влиянием окружающего воздуха на устье скважины и верхнюю часть разреза.

Наибольшие искажения температуры грунтов отмечаются в скважинах, имеющих металлическую обсадную трубу.

Необходимо актуализировать и провести более детальные и точные методические измерения для определения поправочных коэффициентов [4,7,8].

### *Благодарности*

Работа выполнена в рамках проекта Западно-Сибирского межрегионального НОЦ «Прогноз деградации мерзлоты и технология автоматизированного контроля несущей способности мерзлых грунтов под объектами капитального строительства».

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеин А.Н., Камнев Я.К. Обзор научных и производственных работ по изучению многолетнемерзлых пород в естественных и антропогенных условиях // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2020. – Т.108. – №3. – С. 42-50. DOI: 10.26110/ARCTIC.2020.108.3.007

2. В.П. Мельников, В.И. Осипов, А. В. Брушков [и др.] Развитие геокриологического мониторинга природных и технических объектов в криолитозоне Российской Федерации на основе систем геотехнического мониторинга топливно-энергетического комплекса // Криосфера Земли. – 2022. – Т. 26. – № 4. – С. 3-18. – DOI 10.15372/KZ20220401

3. ТАСС. Первую станцию сети госмониторинга вечной мерзлоты в России создадут на острове Хейса [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/11802477> (дата обращения: 20.04.2023).

4. Девяткин В.Н., Кутасов И.М. Влияние свободной тепловой конвекции и обсадных труб на температурное поле в скважинах // Тепловые потоки из коры и верхней мантии. М.: Наука, 1973. – № 12. – С. 99–106.

5. Павлов А.В. Оценка погрешностей измерений температуры грунтов в неглубоких скважинах в условиях сплошной криолитозоны // Криосфера Земли. – 2006. – Т. 10. – № 4. – С. 9-13.

6. Система автоматизированного геокриологического мониторинга [Электронный ресурс]. URL: <https://monitoring.arctic.yanao.ru/> (дата обращения: 20.04.2023).

7. Девяткин В.Н. Тепловой поток криолитозоны Сибири. Новосибирск: Наука, 1993. – 165 с.

8. Девяткин В.Н. Тепловой поток криолитозоны Сибири: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. М.: 1997. – 39 с.

© А. Н. Шеин, Я. К. Леопольд, 2023