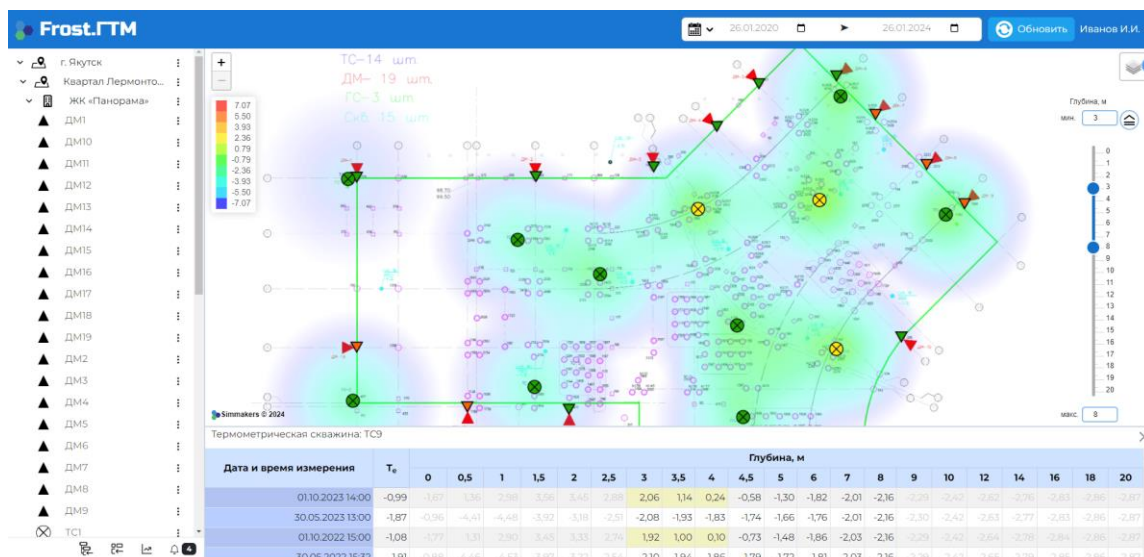


## **Применение специализированного ПО Frost.ГТМ и созданных во Frost 3D цифровых двойников для автоматизации ведения геотехнического мониторинга**

Дембовский И.Н.  
ООО «НТЦ «Симмэйкерс»  
*igor.dembovskii@simmakers.ru*

В ходе геотехнического мониторинга (ГТМ) в области распространения многолетнемерзлых грунтов генерируется большой набор данных наблюдений, спектр которых не ограничивается только численными данными, но и включают также данные лазерного сканирования, тепловизионной съемки термостабилизаторов, фотографии объектов и др. Весь объем информации должен храниться и обрабатываться, а по результатам мониторинга должна быть сформирована отчетная документация. Для предупреждения аварийных ситуаций на объекте необходим инструмент для обнаружения и своевременного оповещения об отклонении контролируемых параметров от нормативных значений. Поскольку даже в рамках отдельных месторождений количество элементов сети ГТМ может достигать десятков тысяч, проведение подобных мероприятий является достаточно трудоемким процессом.

Frost.ГТМ – приложение, которое позволяет упростить и ускорить выполнение задач для специалистов ГТМ, снизив влияние человеческого фактора. Функциональные возможности Frost.ГТМ позволяют аккумулировать и автоматически обрабатывать данные геотехнического мониторинга. При этом пользователю доступен широкий спектр возможностей для визуализации данных: как в виде полей значений и графиков, так и в численном виде с цветовой визуализацией значений, превышающих допустимые (см. рис. 1). Важной особенностью системы является возможность оценки вероятности наступления аварийного состояния сооружения. С помощью построения тренда значений Frost.ГТМ прогнозирует возможное превышение нормативных значений параметров ГТМ до конца эксплуатации сооружения.



**Рис. 1.** Визуализация данных геотехнического мониторинга во Frost.GTM

В случаях определения вероятности отклонения контролируемых параметров от нормативных значений или в случае, когда система зафиксировала факт достижения критических значений, Frost.GTM оповещает пользователей системы с помощью уведомлений по удобному каналу связи. Далее может потребоваться разработка комплекса мероприятий для обеспечения безопасности дальнейшей эксплуатации объекта. При строительстве в зоне распространения ММГ анализ температурного режима грунтов основания сооружения является ключевым этапом геотехнического мониторинга. При этом данные термометрии имеют дискретный характер и ограниченную глубину, не позволяя полноценно оценить критичность ситуации. Поэтому в процессе геотехнического мониторинга возникает потребность в инструменте для более подробного анализа температуры грунтов основания сооружения.

Frost 3D - программный комплекс, предназначенный для численного моделирования температурного режима грунтов, расчета осадки при оттаивании и расчета несущей способности свай. Frost 3D позволяет создавать трехмерную модель основания сооружения с учетом данных инженерно-геологических изысканий и, с учетом влияния климатических параметров и воздействия инженерных сооружений, получить прогнозируемое поле температур в основании сооружения на весь период эксплуатации.

Созданный во Frost 3D цифровой двойник - это постояннодействующая компьютерная модель грунтов основания инженерного сооружения, учитывающая инженерно-геологическое строение, положение строительных и фундаментных

конструкций подземной части сооружений, наличие термостабилизирующих устройств. Цифровой инженерно-геокриологический двойник объединяет продукты Frost 3D и Frost.ГТМ в уникальный сервис, выполняющий функции:

- визуализация текущего состояния грунтов на всей территории предприятия в трехмерном виде;
- расчет несущей способности свай и опор в режиме реального времени и прогноз их состояния на несколько лет вперед на основании актуальных данных мониторинга;
- контроль уровня грунтовых вод и определение их влияния на температурный и деформационный режим грунтов оснований;
- ретроспективный анализ с целью адаптации модели в условиях отсутствия некоторых исходных данных;
- геокриологический прогноз состояния грунтов на основании данных мониторинга;
- автоматическое оповещение о негативных трендах при отклонении от допустимых значений.

Совместное использование Frost.ГТМ и цифровых двойников оснований, созданных во Frost 3D, позволит как автоматизировать выполнение рутинных задач при мониторинге состояния сооружения, так и, в случае необходимости, произвести глубокий анализ состояния сооружения с помощью цифровой модели, верифицированной данными ГТМ. Такие модели позволяют получать точный прогноз температурного режима и грунтов основания на оставшийся период эксплуатации сооружения и, при необходимости, сравнить эффективность применения различных решений по дополнительной термостабилизации.