

М. И. Маркелов^{1,2✉}, С. А. Крылов¹

Значение картографии для обеспечения работ по геотехническому мониторингу

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии,
г. Москва, Российская Федерация

² Научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт оснований и подземных сооружений (НИИОСП) им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, Российская Федерация
e-mail: mmarkelov-25@miigaik.ru

Аннотация. В статье обсуждается значение картографии для обеспечения работ по геотехническому мониторингу. Анализ нормативно-правовой базы показал, что требования к картографической визуализации пространственных данных отсутствуют. Анализ научных публикаций показал, что картографическая составляющая в работах по геотехническому мониторингу развита слабо и носит фрагментарный характер. В большинстве случаев картографические материалы ограничиваются схемами расположения датчиков и инженерными чертежами. Отмечается отсутствие отраслевых стандартов в этой области. Системного применения картографии в геотехническом мониторинге не наблюдается, её значение остаётся нераскрытым. Основное значение картографии для геотехнического мониторинга авторы видят в возможности построения единого цикла работы с пространственными данными. Сформулированы преимущества усиления роли картографии для всех участников работ и обозначены перспективные направления развития.

Ключевые слова: картографические материалы, геотехнический мониторинг, визуализация данных, нормативно-правовая база

M. I. Markelov^{1,2✉}, S. A. Krylov¹

The significance of cartography for supporting geotechnical monitoring works

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

² Gersevanov Research Institute of Bases and Underground Structures (NIIOSP), JSC Research Center of Construction, Moscow, Russian Federation
e-mail: mmarkelov-25@miigaik.ru

Abstract. The article discusses the significance of cartography for supporting geotechnical monitoring works. An analysis of the regulatory framework has shown that requirements for cartographic visualization of spatial data are absent. An analysis of scientific publications has shown that the cartographic component in geotechnical monitoring works is poorly developed and fragmented. In most cases, cartographic materials are limited to sensor location diagrams and engineering drawings. There is a lack of industry standards in this area. No systematic application of cartography in geotechnical monitoring is observed, and its significance remains unrevealed. The authors see the main significance of cartography for geotechnical monitoring in the possibility of building a unified workflow with spatial data. The advantages of strengthening the role of cartography

for all participants in geotechnical monitoring works are formulated, and promising directions for development are outlined.

Keywords: cartographic materials, geotechnical monitoring, data visualization, regulatory framework

Введение

Геотехнический мониторинг (ГТМ) является комплексом работ, проводимых для обеспечения безопасности при строительстве и реконструкции зданий и сооружений, особенно в условиях плотной городской застройки и сложной инженерно-геологической обстановки [1, 2]. В процессе данных работ накапливаются значительные объёмы данных, фиксирующих расположение элементов наблюдательных сетей (датчиков, марок, наблюдательных скважин и т.д.) и измеряемые параметры (осадки, раскрытие трещин, движение массивов грунта, поровое давление воды и другие). Все эти данные имеют пространственную привязку. Однако на практике их визуализация чаще всего ограничивается схемами расположения элементов наблюдательной сети и графиками осадок, выполненными в системах автоматизированного проектирования. Картографические материалы создаются ситуативно, их содержание и оформление не прорабатываются в рамках единого подхода. Сложившаяся практика приводит к разрыву между возможностями современной картографии и геоинформатики и реальным уровнем представления пространственных данных в ГТМ. В результате пространственная информация остаётся не в полной мере раскрытой. Из неё сложно извлечь новые знания о закономерностях деформационных процессов, связях с геологическими и техногенными факторами, динамике развития аномалий.

Цель данной работы – определить место картографии в работах по геотехническому мониторингу и предложить направления развития, повышающие её значение в этой области. Для достижения цели выполнен анализ нормативно-правовой базы и научных публикаций, обобщён опыт текущего значения картографической составляющей в инженерной практике.

Методы и материалы

Проведение работ по геотехническому мониторингу регламентируется нормативными документами [1–5], в которые входят своды правил (СП) и государственные стандарты (ГОСТы). Чтобы понять текущую роль картографии в данной сфере и оценить возможные перспективы, были проанализированы нормативные документы на предмет наличия требований к картографической визуализации пространственных данных: видам картографических материалов, системам условных знаков, легендам, форматам предоставления данных, а также к использованию геоинформационных систем и геопорталов.

Кроме того, были рассмотрены научные публикации по геотехническому мониторингу, в которых присутствует картографическая составляющая с целью выявить, какое место занимает картография в современных исследованиях [6, 7].

Теоретической основой для развития значения картографии в работах по ГТМ служат классические работы по картоведению и геоинформационному кар-

тографированию [8, 9], современные исследования в области картографического обеспечения научно-производственной деятельности [10], практические решения по созданию геопорталов [11], а также анализ применения геоинформационных технологий в работах по ГТМ [12].

Результаты и обсуждение

Анализ нормативной базы [1–5] показал, что действующие своды правил и ГОСТы, регламентирующие геотехнический мониторинг, содержат лишь отдельные упоминания схем расположения датчиков, планов и исполнительных чертежей. Требования к системам условных знаков, масштабным рядам, легендам карт и форматам пространственных данных отсутствуют. Термины «геоинформационная система», «пространственный анализ», «тематическая карта» не используются. Нормативная база не создаёт условий для усиления роли картографии в работах по геотехническому мониторингу.

Рассмотрение научных публикаций подтверждает сложившуюся практику. В большинстве статей по ГТМ картографические материалы ограничиваются схемами и чертежами. В статье [6] авторы применяют данные дистанционного зондирования, цифровые модели рельефа, ортофотопланы и разработанную 3D-ГИС для мониторинга магистральных трубопроводов. В работе [7] представлена автоматизированная система «Монитрон» с интерактивным веб-интерфейсом, картами изополей напряжённо-деформированного состояния и использованием цифровых двойников. Однако эти примеры остаются единичными. В научной литературе, за редкими исключениями, не предлагается методик создания карт деформационных полей, не обсуждаются вопросы унификации условных обозначений, масштабных рядов или форматов предоставления пространственных данных. Редко встречаются иллюстрации в виде картографических материалов. Кроме того, термин «карта» нередко применяется к инженерным чертежам и абрисам.

Аналогичная ситуация наблюдается и в инженерной практике, где каждая организация руководствуется собственными подходами к визуализации. Системного применения картографии в ГТМ не наблюдается, её значение практически не раскрывается.

Основное значение картографии для геотехнического мониторинга видится в возможности построения единого цикла работы с пространственными данными. Этот цикл включает хранение пространственных данных наблюдательной сети ГТМ, результатов наблюдений, нормативно-справочной информации, библиотек картографических условных знаков наблюдательной сети ГТМ непосредственно в базе пространственных данных, возможность визуализации и пространственного анализа этих данных в ГИС-проекте. На основе ГИС-проекта можно формировать макеты тематических карт для отчётной документации, а также создавать геопорталы с интерактивными мультимасштабными картами. Предложенная схема такого цикла приведена на рис. 1.

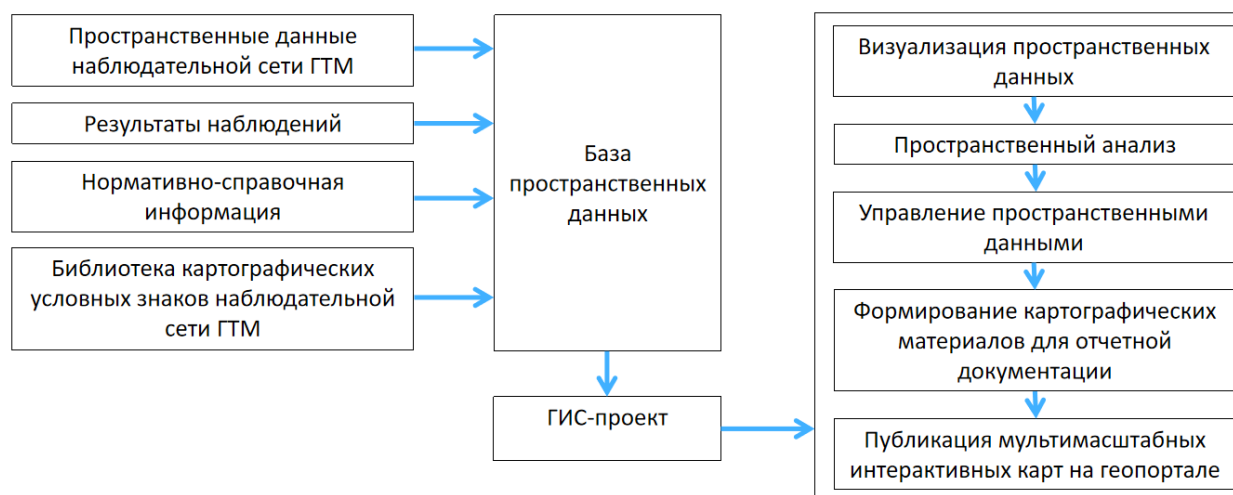


Рис. 1. Технологическая схема работы с пространственными данными геотехнического мониторинга

Важную роль в этой системе играют такие принципы картографии как математическая основа карты, выбор масштаба отображения, генерализация тематического содержания, картографическая семиотика, классификация тематических карт ГТМ. Их применение обеспечивает сопоставимость, читаемость и измеримость картографических материалов.

Усиление значения картографии в работах по геотехническому мониторингу даёт преимущества всем участникам работ. Исполнители получают работу в едином системном цикле и возможность оперативного внесения изменений и анализа в многопользовательском режиме. Руководители работ – эффективную систему контроля за ходом выполнения работ и оперативный доступ к актуальной пространственной информации. Заказчики – понятную визуализацию, возможность самостоятельной подготовки карт для обоснования решений перед вышестоящими организациями и органами государственной власти, а также доступ в реальном времени к результатам мониторинга без ожидания окончательного оформления отчёта. Контролирующие органы – сопоставимость данных разных объектов и их проверяемость.

В перспективе требуется разработка системы информационного обеспечения геотехнического мониторинга, включающей базы данных и программные продукты для автоматизации работы с данными; комплексной методики картографического обеспечения ГТМ, включающей классификацию картографических материалов, систему картографических условных знаков элементов наблюдательных сетей, рекомендации по визуализации наблюдаемых явлений и процессов. Кроме того, необходима актуализация нормативной документации с учётом картографической составляющей, унификации и стандартизации.

Заключение

Нормативная база геотехнического мониторинга не содержит требований к картографической визуализации данных. В научных публикациях картографиче-

ская составляющая развита слабо и в большинстве случаев ограничивается схемами расположения датчиков и инженерными чертежами. Системного применения картографии в работах по геотехническому мониторингу не наблюдается. Значение картографии для геотехнического мониторинга заключается в возможности построения единого цикла работы с пространственными данными – от их накопления в базе данных до визуализации и анализа в ГИС-проекте и публикации на геопортале. Такой подход делает картографические материалы сопоставимыми, читаемыми и измеримыми, а также даёт явные преимущества всем участникам: исполнителям, руководителям работ, заказчикам и контролирующим органам. Для повышения значения картографии в геотехническом мониторинге необходимо развитие картографического обеспечения как системного процесса, интегрирующего методы сбора, хранения, анализа, визуализации и публикации пространственных данных на основе ГИС-технологий и геопортальных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 305.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве. – М.: Стандартинформ, 2017. – 73 с.
2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Москва : Стандартинформ, 2024. – 194 с.
3. ГОСТ 24846-2019. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 15 с.
4. ГОСТ 31937-2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Москва : Российский институт стандартизации, 2024. – 69 с.
5. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84. – Москва : Минстрой России, 2017. – 73 с.
6. Долгополов Д.В., Кузнецов Т.И., Федотов А.Л. Применение данных дистанционного зондирования Земли для информационного обеспечения геотехнического мониторинга магистральных трубопроводов // Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта. – 2025. – С. 182–188.
7. Меркин В.Е., Пичугин А.А., Симутин А.Н., Медведев Г.М., Кузянов Н.А. Автоматизированная система комплексного геотехнического мониторинга и опыт ее практического применения // ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации», ООО «Монитрон». – 2023. – С. 4–8.
8. Салищев К.А. Картоведение: Учебник. – 3-е изд. – М., 1990. – 400 с.
9. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. – М., 1997.
10. Логинов Д.С. Систематизация результатов и подходов к пониманию картографического обеспечения научно-производственной деятельности // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 4. – С. 75–87. – DOI: 10.33764/2411-1759-2025-30-4-75-87.
11. Загребин Г.И., Дворников А.В. Геопортал как средство хранения и поиска геопро странственной информации в учебной и научно-технической деятельности // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 175–178.
12. Маркелов М.И., Харичкин А.И. Геоинформационные технологии в геотехническом мониторинге: современное состояние и перспективы // Труды Международной научно-практической конференции GEOMOS26. – Москва : НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство». – 2026. – С. 925–930.

© М. И. Маркелов, С. А. Крылов, 2026