

Е. С. Коняев^{1,2}, П. Г. Дядьков^{1,2}, А. А. Ковалев¹, А. А. Кальяк¹*

Трехкомпонентная магнитовариационная станция МК-07М: результаты тестирования в феврале-марте 2024 г. в районе обсерватории Новосибирск

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация
*e-mail: e.koniaev@g.nsu.ru

Аннотация. В работе представлены результаты тестирования трехкомпонентной магнитовариационной станции МК-07М в зимне-весенний период при установке датчика в подземном бункере. Показания станции сравнивались с данными Новосибирской магнитной обсерватории, которая располагалась в 300-х метрах от места установки станции МК-07М. В зимний период изменения разности показаний между МК-07М и обсерваторскими данными за месяц с небольшим находились в пределах ± 3 , ± 2.5 и ± 1 нТл для компонент X, Y и Z соответственно. При активном таянии снега в первой половине апреля изменения разностей стали достигать значений в несколько десятков нТл. Наблюдавшиеся отклонения показаний станции МК-07М от показаний магнитной обсерватории связываются с нестабильностью горизонтального положения немагнитного постамент, на котором установлен датчик станции. Для повышения точности показаний станции при установке датчика в неглубоком бункере желательно проводить регулярные трехкомпонентные абсолютные наблюдения с помощью немагнитного теодолита с феррозондовым датчиком для осуществления коррекции показаний станции.

Ключевые слова: геомагнитные наблюдения, трехкомпонентная магнитовариационная станция МК-07М, тестирование, магнитная обсерватория Новосибирск

E. S. Konyaev^{1,2}, P. G. Dyadkov^{1,2}, A. A. Kovalev¹, A. A. Kalyak¹*

Three-component magnetic variation station MK-07M: results of testing in february-march 2024 in the area of the Novosibirsk observatory

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: e.koniaev@g.nsu.ru

Abstract. The paper presents the results of testing a three-component magnetovariation station MK-07M in the winter-spring period when installing a sensor in an underground bunker. The station's readings were compared with data from the Novosibirsk Magnetic Observatory, which was located 300 meters from the installation site of the MK-07M station. During the winter period, changes in the difference in readings between MK-07M and the observatory data for a little over a month were within ± 3 , ± 2.5 and ± 1 nT for the X, Y and Z components, respectively. With active snow melting in the first half of April, changes in differences began to reach values of several tens of nT. The observed deviations in the readings of the MK-07M station from the readings of the magnetic observatory are associated with the instability of the horizontal position of the non-magnetic pedestal on which the station sensor is installed. To increase the accuracy of station readings, it is advisable to carry out

regular three-component absolute observations using a non-magnetic theodolite with a fluxgate sensor.

Keywords: geomagnetic observations, three-component magnetic variation station МК-07М, testing, Novosibirsk magnetic observatory

Введение

При проведении магнитометрических работ зачастую возникает необходимость учета вариаций модуля вектора магнитной индукции и его компонент. МК-07М является трехкомпонентной магнитовариационной станцией. Принцип ее работы основан на измерении трех компонент вектора магнитной индукции (X , Y , Z) по измерениям модуля вектора магнитной индукции (T) и суммарного поля модуля магнитной индукции, возникающего при наложении вспомогательных, взаимно ортогональных магнитных полей. Для этого используется протонный магнитометр, работающий на эффекте Оверхаузера, датчик которого находится в центре системы из двух пар ортогонально расположенных колец.

Цель работ – определение стабильности показаний трехкомпонентной станции в зимне-осенний период при установке ее датчика в небольшом подземном бункере. Существует несколько методов установки датчиков трехкомпонентных магнитовариационных станций. Самый предпочтительный – установка станции на немагнитном постаменте в специальном немагнитном павильоне с термостабилизацией. Однако данный метод является самым трудозатратным и дорогим.

Ряд магнитометрических работ требует организации временного пункта трехкомпонентных наблюдений (измерения на пунктах векового хода, определение коэффициентов линейной зависимости индуктивных и ориентационных эффектов от компонент геомагнитных вариаций [1], проведение компонентных геомагнитных съемок и др.). Опыт работ в различных регионах (Байкальский и Алтайский геодинамические полигоны, север Западной Сибири) показал достаточно высокую стабильность показаний станции в летне-осенний период при расположении ее датчика на уровне поверхности земли или в заглубленном бункере с сооружением немагнитного постаamenta. Однако, опыт выполнения трехкомпонентных измерений с помощью такой станции в зимне-весенний период с сооружением заглубленного бункера отсутствует.

Важным аспектом в работе с трехкомпонентными станциями является обеспечение стабильности пространственной ориентации датчика. При длительных наблюдениях постамент, на котором установлен магнитометр, может подвергаться наклонам, например, из-за сезонного промерзания и оттаивания грунта. В некоторых приборах, например, dIdD GSM-19FD (GEM Systems, Канада), система, основанная на карданном подвесе, автоматически компенсирует наклон [2]. В остальных случаях необходимо иметь систему контроля наклона постаamenta. Для оценки стабильности постаamenta при длительных наблюдениях был выполнен следующий эксперимент.

Методика и эксперимент

Эксперимент проводился в непосредственной близости (менее 300 м) от Новосибирской геомагнитной обсерватории Ключи (NVS), входящей в международную сеть INTERMAGNET. В данной обсерватории используются феррозондовый вариометр LEMI-008 для регистрации вариаций X, Y, Z-составляющих и скалярный Оверхаузеровский магнитометр POS-1 для измерения вариаций модуля поля T [3].

Для размещения магнитовариационной компонентной станции МК-07М было принято решение о строительстве теплоизолированного заглубленного бункера. Данный метод размещения станции является наиболее предпочтительным при выполняемых лабораторией полевых работах. Для сооружения бункера выбиралось место с минимальными пространственными градиентами модуля вектора магнитной индукции. После чего была выкопана яма глубиной около 70 см. На дне был залит бетонный постамент толщиной около 5 см. Стенки и крышка бункера выполнены из деревянного каркаса и теплоизолирующего материала толщиной 5 см. В бункере был установлен датчик трехкомпонентной станции МК-07М. Период измерений компонент равнялся 20 сек. Также 19 марта в бункере и за его пределами была установлена термометрическая коса из 7 датчиков, 4 из которых были размещены на разных уровнях в бункере, 3 за его пределами. Период измерения – 1 час, абсолютная погрешность – 0.1 °С.

Результаты

На рис. 1 представлено изменение разности компонент вектора магнитной индукции между станцией МК-07М и обсерваторией Ключи в период с 1 февраля по 8 марта 2024 г. Осреднение производилось за период равный суткам. На графике показано также среднеквадратическое отклонение разностных значений за сутки. Из графика видно, что за указанный срок максимальные отклонения разностей от средних значений для компонент X, Y и Z составили соответственно ± 3 нТл, ± 2.5 нТл и ± 1 нТл. При этом изменение разности компоненты X соответствует наклону постамента в ± 9 угловых секунд. Наибольшие изменения разности за данный период могут быть обусловлены резкими перепадами температуры – около 40 °С за 5 суток. При этом высота снежного покрова составляла 30-40 см.

Типичный вид изменения разности компонент в течение суток показан на рис. 2.

В период активного потепления и таяния снега (1-7 апреля) произошло относительно резкое изменение разности компонент, которое составило десятки нТл. Вероятнее всего, это было вызвано нестабильностью постамента в связи с изменением гидрорежима в месте расположения постамента датчика станции. Породы в месте расположения бункера представлены глинами и суглинками.

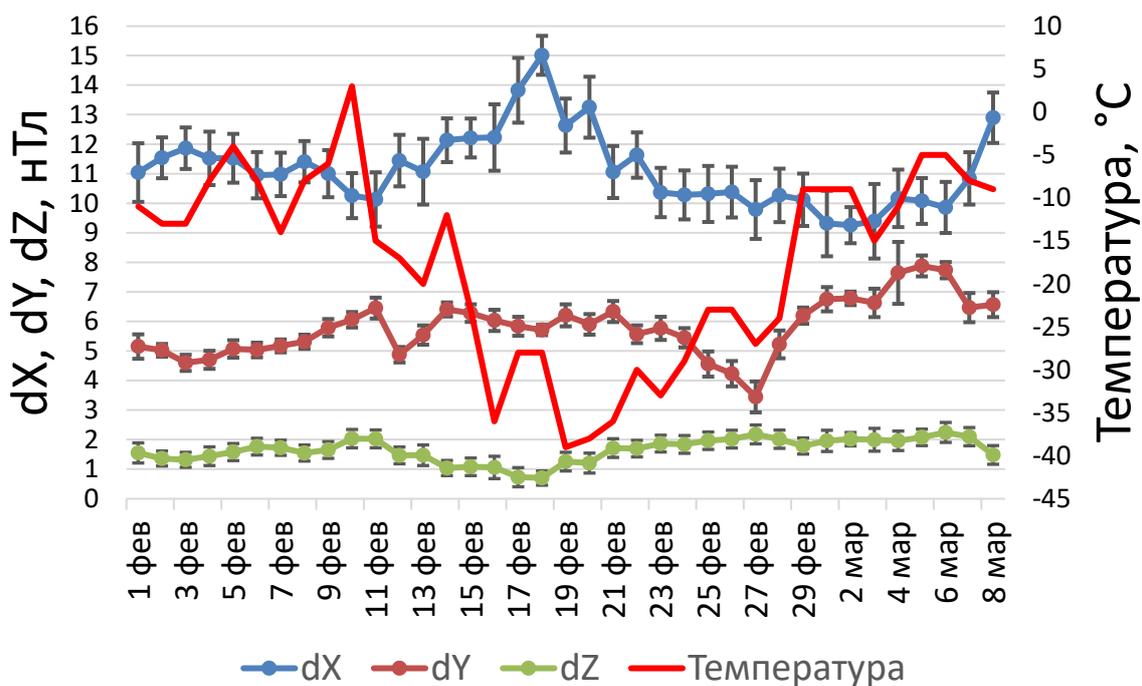


Рис. 1. Изменение разности компонент вектора магнитной индукции между станцией МК-07М и обсерваторией Ключи и температура воздуха в феврале – начале марта 2024 г

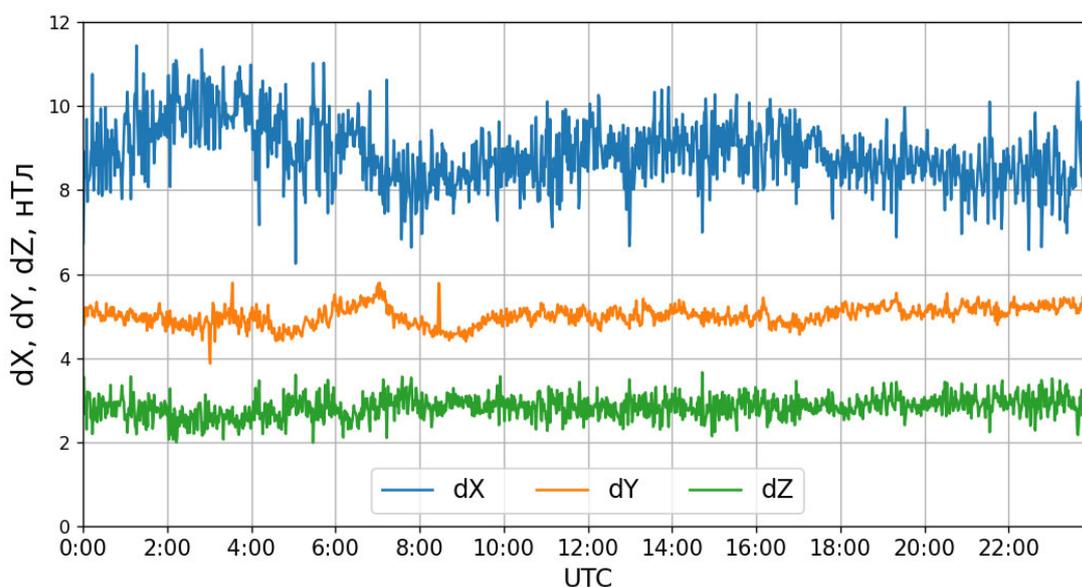


Рис. 2. Изменение разности компонент вектора магнитной индукции между станцией МК-07М и обсерваторией Ключи в течение суток (кривые смещены для наглядности)

После обработки данных термометрии было установлено следующее. При наличии снежного покрова температура внутри бункера стабильная – при колебании температуры воздуха снаружи бункера в 12 °С, колебания внутри соста-

вили 0.2 °С. Без снежного покрова – при колебаниях температуры воздуха снаружи бункера в 22 °С, перепад внутри составил 1 °С. Также было выявлено, что при попадании теплого воздуха внутрь бункера необходимо около двух суток для стабилизации температуры.

Заключение

По данным, полученным в ходе проведения эксперимента, было определено, что при установке трехкомпонентной магнитовариационной станции в бункере на бетонном постаменте с небольшим заглублением удалось добиться устойчивости показаний компонент вектора магнитной индукции при многодневных наблюдениях в пределах ± 3 нТл в зимних условиях при наличии снежного покрова высотой 30 – 40 см. Однако, при активном таянии снега в начале апреля отклонения достигали нескольких десятков нТл. Это означает, что описанный метод установки станции (при неглубоком заложении постаumenta) позволяет использовать ее при проведении полевых работ в качестве вариационной станции в период устойчивых климатических условий – летних или зимних. В условиях весны и осени при промерзании и оттаивании грунта можно ожидать резких отклонений показаний станции от истинных значений. Рекомендуется, особенно в последнем случае, осуществлять контроль показаний станции посредством регулярных абсолютных наблюдений с помощью немагнитного теодолита с феррозондовым датчиком.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дядьков П. Г. О линейности вторичных эффектов геомагнитных вариаций в аномальных полях при модульных измерениях // Геология и геофизика. – 1985. – Т. 26. – № 4. – С. 129-136.
2. Хомутов С. Ю., Сапунов В. А., Денисов А. Ю., Савельев Д. В., Бабаханов И. Ю. Оверхаузеровский компонентный магнитометр POS-4: результаты непрерывных измерений в 2015-2016 гг. на геофизической обсерватории "Паратунка" ИКИР ДВО РАН, Камчатка // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. – 2016. – № 4 (15). – С. 106-111.
3. Хомутов С. Ю., Ковалев А. А., Гвоздарев А. Ю. Семаков Н. Н. Помехи от железной дороги в магнитных измерениях на Геофизической обсерватории «Новосибирск» // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. – 2023. – Т. 45. – № 4. – С. 201-228.

© Е. С. Коняев, П. Г. Дядьков, А. А. Ковалев, А. А. Кальяк, 2024