



УДК 550.380; 551.508; 551.501

ОЦЕНКИ ПОЛОЖЕНИЯ СЕВЕРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЮСА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ С НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА «ПРОФЕССОР МОЛЧАНОВ» 26.10.2021 – 09.11.2021 Г.

А.В. Тертышников¹¹Институт прикладной геофизики им. акад. Е.К. Федорова, г. Москва, Россия

Выполнены измерения магнитных склонений с научно-исследовательского судна «Профессор Молчанов» 26.10.2021 – 09.11.2021 г. на отрезках маршрута от Двинской Губы до Новой Земли и обратно.

По результатам измерений проведена верификация модели Международного геомагнитного аналитического поля (IGRF13) в Арктике по положению северного магнитного полюса. Оценки невязок измерений магнитных склонений свидетельствуют о хорошем соответствии модельного положения северного магнитного полюса Земли.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, GPS, позиционирование, компас, магнитометрия, полюс, эксперимент, магнитная буря

DOI: 10.54252/2304-7380_2021_31_58

1. ВВЕДЕНИЕ

Важнейшими объектами мониторинга магнитного поля являются магнитные полюсы Земли [1]. В последние десятилетия они быстро смещаются. Информация о положении магнитных полюсов доступна на сайтах Всемирной магнитной модели (World Magnetic Model, WMM [2]) и модели Международного геомагнитного аналитического поля (International Geomagnetic Reference Field, IGRF [3]), которые регулярно обновляются примерно раз в 5 лет. Расчеты положения магнитных полюсов производятся по данным высокоточных магнитных обсерваторий.

В России для накопления опыта мониторинга магнитных полюсов Земли необходима регулярная верификация моделей магнитного поля Земли, что позволит отслеживать положение магнитных полюсов [4, 5].

В 2021 году измерения положения северного магнитного полюса, как критерия качества модели IGRF13, удалось выполнить в экспедиции на научно-исследовательском судне «Профессор Молчанов».

2. СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА

Целью эксперимента были измерения магнитных склонений по маршруту судна на отрезках маршрута от Двинской Губы до Новой Земли 26.10 – 28.10.2021 г. и обратно 01.11 – 09.11.2021 г.

Для технологического обеспечения эксперимента использовалась схема [5] и штатное навигационное оборудование корабля. Дискретность измерений составляла 1 час.

Рассчитанные маршруты проведения измерений магнитных склонений представлены на рис. 1 на фоне рассчитанных по модели IGRF13 [3] изогон (в градусах) на 01.01.2022 г. Они показаны

красным цветом, так как полюс отклоняется к югу от географического полюса.

На маршрутах отмечена временная привязка судна, в том числе внутрисуточные точки маршрута с отметкой времени. Черные линии-стрелки маршрута – это маршрут к Новой Земле. Синие – возвращение корабля. Отклонения от модельных склонений в градусах по IGRF13 представлены синими и красными значениями от маршрута. Синие значения – это отрицательные невязки измерений от модельных магнитных склонений в градусах, красные значения невязок – положительные.

Магнитосфера во время измерений была слабозмущенной с повышенным уровнем солнечной активности по критерию F10.7. Магнитная буря средней интенсивности с K-индексом 5 была 04.11.2021 г. Слабые магнитные бури фиксировались 31.10 (3–), 2.11 (3+), 6.11 (3+). 31.10.2021 г. с 16:00 до 20:00 наблюдателем было зафиксировано полярное сияние.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Показания штатного навигационного оборудования судна фиксировались волонтером. Для верификации аномальных измерений применялась выбраковка аномальных измерений. Для этого проводилось сравнение невязок рассчитанных и модельных магнитных склонений в точке измерений. Критерий выбраковки устанавливался при отличии более 5 градусов.

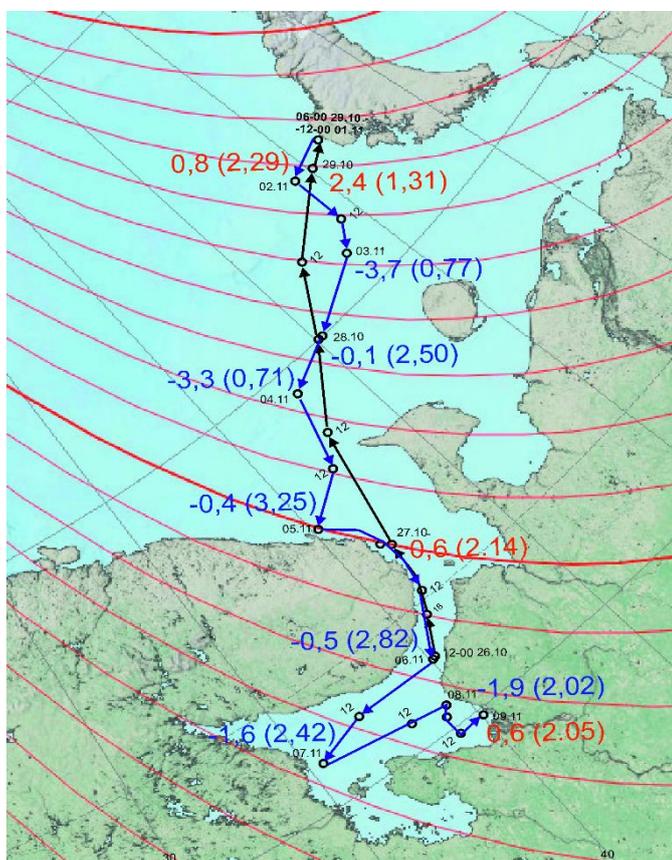


Рис. 1. Маршрут и невязки эксперимента

По оставшимся данным рассчитывались первые два момента распределения анализируемого ряда – фактически систематической ошибки невязки изогон на участках маршрута.

Наибольшие невязки измеренных магнитных склонений от модельных характеристик наблюдались 03.11-04.11.2021 г. во время сильной магнитной бури и перед Новой Землей. Аномальные невязки 03.11-04.11.2021 г. характеризуются также пониженными значениями СКО, что свидетельствует о стабильности эффекта. Эти участки маршрута совпадают с аномалиями магнитного поля рис. 2 по модели EMAG2v3 [6]. Эта модель составлена на основе спутниковых, корабельных и воздушных магнитных измерений.

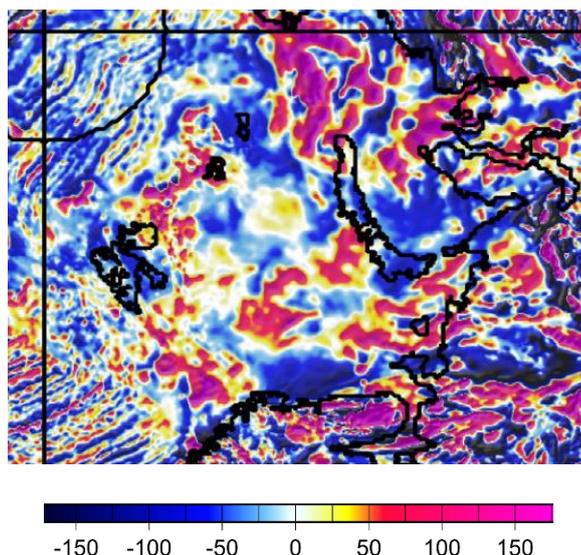


Рис. 2. Аномальное магнитное поле по модели EMAG2v3 [6], шкала в нТл.

Магнитные аномалии возникают в результате геологических особенностей, усиливающих или подавляющих местное магнитное поле.

В среднем за маршрут невязка между модельными магнитными склонениями и магнитными склонениями по измерениям после отбраковки и составила минус 0,2 градуса. СКО 2,64 градуса. Это хороший результат, учитывая, что смещение изогон с 01.01.2021 года на 01.01.2022 год составляет примерно плюс 0,5 градуса, а на время проведения измерений от модели на 01.01.2022 года примерно минус 0,2 градуса. К тому же надо учитывать потенциальные размеры зоны проявления магнитного полюса Земли.

На участке дрейфа у Новой Земли измерения не проводились.

Во время полярного сияния 31.10.2021 г. с 16:00 до 20:00 было отмечено увеличение невязок.

По оценке эффективности проведенного эксперимента следует признать, что результаты получены с высокой точностью. Сравнить с результатами применения других технологий невозможно. По оперативности время сбора данных составило две недели с дрейфом корабля у Новой Земли. Обработка данных заняла рабочий день. При этом, менеджерами группы магнитометристов кругосветной экспедиции на «Адмирале Владимирский» за два года расчетов так и не была получена оценка положения южного магнитного полюса.

4. ВЫВОДЫ

Технология оценки положения северного магнитного полюса [5] является оптимальной и представляет интерес для ежегодных экспериментов на судах и наземных магнитометрических станциях Росгидромета, для навигационного обеспечения судов.

Модель IGRF13 хорошо соответствует измеренным значениям магнитного поля. Это значит, что оценки положения Северного магнитного полюса в 2021 г. $156,786^0$ в.д. и $86,400^0$ с.ш., а в 2022 г. $151,272^0$ в.д. и $86,275^0$ с.ш. могут использоваться при планировании навигационного обеспечения.

Необходим мониторинг положения магнитных полюсов Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магнитные индексы. Учебное пособие / Тertyshnikov A.V., Syroeshkin A.V. и др. – Москва-Обнинск, 2014. 178 с.
2. https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/historical_declination/
3. <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/image.shtml>
4. <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/data/poles/SP.xy>

5. Тertyshnikov A.V. Способ определения положения магнитного полюса Земли. Патент на изобретение. Заявка 2020134228/28(062757) от 19.10.2020.
6. Brian Meyer; Richard Saltus; and Arnaud Chulliat. 2017: EMAG2v3: Earth Magnetic Anomaly Grid (2-arc-minute resolution). Version 3. NOAA National Centers for

ESTIMATES OF THE POSITION OF THE NORTH MAGNETIC POLE BASED ON MEASUREMENTS FROM THE RESEARCH VESSEL "PROFESSOR MOLCHANOV" 10/26/2021 - 11/09/2021

Tertyshnikov A.V.

Measurements of the magnetic declination were carried out from the research vessel "Professor Molchanov" 10/26/2021 – 11/09/2021 on the route segments from Dvinskaya Guba to Novaya Zemlya and back. Based on the measurement results, the model of the International Geomagnetic Analytical Field (IGRF13) in the Arctic was verified by the position of the magnetic north pole. Estimates of the discrepancies in the measurements of magnetic declination indicate a good agreement with the model position of the Earth's magnetic north pole.

KEYWORDS: GLONASS, GPS, POSITIONING, COMPASS, MAGNETOMETRY, POLE, EXPERIMENT, MAGNETIC STORM