

## ВЕКОВАЯ ВАРИАЦИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ ЗА ПЕРИОД 1998–2014 гг. СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ ВЫСОКОТОЧНЫХ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕЛИ IGRF-12

<sup>1</sup>Д.А. Кулешов, <sup>1,2</sup>П.Г. Дядьков

<sup>1</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия  
Kuleshovda@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup>Новосибирский национальный исследовательский университет, Новосибирск, Россия

## GEOMAGNETIC SECULAR VARIATION IN THE BAIKAL REGION IN 1998–2014. COMPARISON OF HIGH-PRECISION GROUND-BASED OBSERVATIONS AND IGRF-12 MODEL

<sup>1</sup>D.A. Kuleshov, <sup>1,2</sup>P.G. Dyadkov

<sup>1</sup>Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia  
Kuleshovda@ipgg.sbras.ru

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

**Аннотация.** В работе произведены выделение и учет вековой вариации геомагнитного поля на основе предложенной методики, базирующейся на данных высокоточных (тектономагнитных) наблюдений и данных модели IGRF-12. Данная методика справедлива для исследовательских полигонов, размером до ~500 км. Показано, что для Байкальского полигона (линейные размеры ~500 км) для периода наблюдений 1998–2014 гг. в качестве поверхности, интерполирующей пространственное изменение вековой вариации, может использоваться поверхность второго порядка. Применение данной методики на основе высокоточных геомагнитных позволило рассчитать пространственное распределение вековой вариации на исследуемом участке и сравнить с аналогичным распределением, полученным по данным модели IGRF-12.

**Ключевые слова:** вековая вариация, геомагнитное поле, модель IGRF-12, тектономagnetизм, оз. Байкал.

**Abstract.** The secular variation of geomagnetic field was extracted and taken into account on the basis of the method suggested by authors and based on data of high-precision tectonomagnetic observations as well as on IGRF-12 model data. The method is valid for testing area up to ~500 km. As shown for 1998–2014 observations, for Baikal area with linear size ~500 km, a second order surface can be used as a surface which interpolates spatial changes of the secular variation. The method allowed us to compute the spatial distribution of the secular variation over the area under study and to compare it with the similar distribution obtained from IGRF-12 model.

**Keywords:** secular variation, geomagnetic field, IGRF-12 model, tectonomagnetism, Baikal lake.

### ВВЕДЕНИЕ

При проведении высокоточных геомагнитных наблюдений на специальных полигонах с целью изучения геодинамических и сейсмических процессов (тектономагнитные исследования) возникает проблема выделения и учета вековой вариации геомагнитного поля [Дядьков и др., 1999]. Известно, что источники вековой вариации находятся в жидком ядре и удалены от поверхности Земли не менее, чем на 3000 км, в то время как источники тектономагнитных аномалий находятся в литосфере. Таким образом, задача сводится к разделению полей от источников, находящихся на существенно разных глубинах (региональные и локальные поля).

Величина тектономагнитных эффектов как правило не превышает первых единиц нТл [Капица, 1955; Черняк, 1976]. Отсюда следует актуальность выделения и учета вековой вариации с высокой точностью, величина которой может значительно превышать величину тектономагнитных эффектов.

Для выделения вековой вариации геомагнитного поля исследователи, как правило, используют два подхода. Один заключается в расчете вековой вариации по моделям главного магнитного поля (ГМП) как разности значений поля между соответствующими моментами времени. Одной из общепризнанных моделей ГМП является модель IGRF-12 (International Geomagnetic Reference Field) [Erwan Thébault et al., 2015], которая описывает структуру

геомагнитного поля и его вековых вариаций в глобальном и региональном масштабах. Второй подход базируется на данных непосредственных экспериментальных наблюдений.

### ГЕОМАГНИТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА БАЙКАЛЬСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

*Байкальский геодинамический полигон* расположен в Иркутской области и в Республике Бурятия. Полигон включает в себя около 200 пунктов наблюдений, находящихся в области суши оз. Байкал (рис. 1). Точность регистрации модуля индукции геомагнитного поля на пунктах Байкальской тектономагнитной сети с учетом неоднородности внешней вариации и измерительной точности приборов не хуже 0.6 нТл.

### МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ВЕКОВОЙ ВАРИАЦИИ НА ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКАХ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОТОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Данная методика включает в себя три основных этапа: 1) отбор пунктов; 2) подбор интерполирующей поверхности (установление степенного порядка интерполирующей поверхности по данным модели IGRF-12); 3) расчет вековой вариации по данным высокоточных наблюдений.

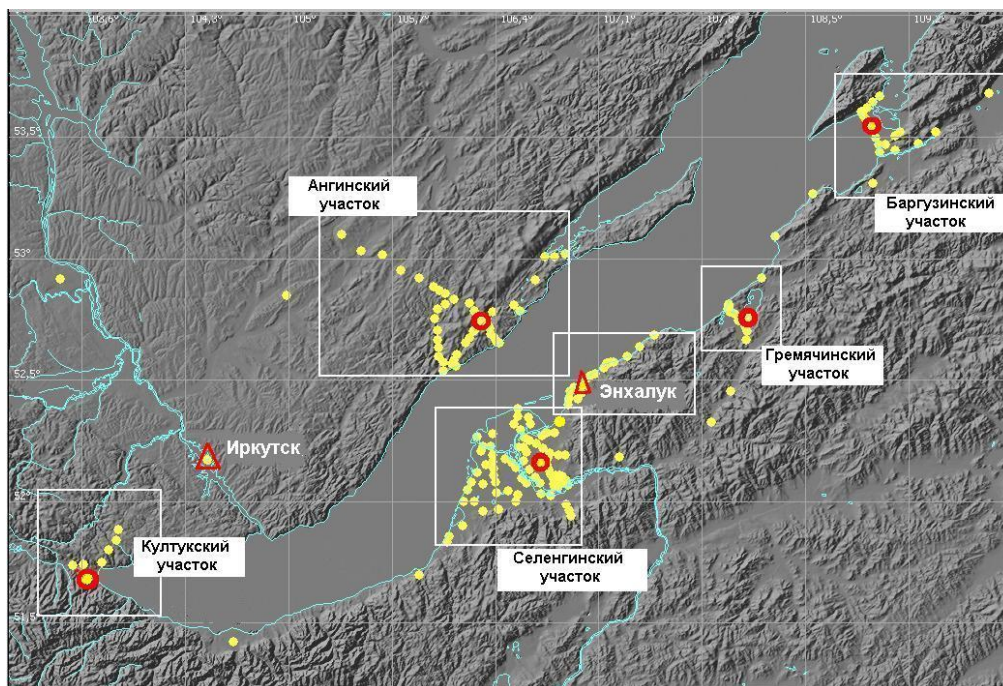


Рис. 1. Схема пунктов геомагнитных наблюдений Байкальского геодинамического полигона. Треугольниками обозначены станции непрерывных наблюдений модуля индукции геомагнитного поля. Полыми кругами обозначены станции временных наблюдений. Сплошными маленькими кругами изображены рядовые пункты наблюдений, на которых проводятся ежегодные наблюдения величины модуля вектора геомагнитной индукции

#### Отбор пунктов для выделения вековой вариации.

Важным аспектом является отбор пунктов для построения интерполирующей поверхности. Кроме операций, выполняемых для исключения выбросов и недостоверных значений магнитного поля, необходимо исключить из рассмотрения пункты, находящиеся в пределах влияния интенсивных магнитных аномалий, так как возможный вклад индуктивных и ориентационных эффектов может составлять величину большую, чем величина вековой вариации [Дядьков, 1985].

Подбор интерполирующей поверхности производится по следующей схеме.

1. На основе одной из общепринятых моделей ГМП, например, IGRF-12, строится карта вековой вариации за соответствующий период времени для исследуемой территории.

2. Производится подбор порядка полиномиальной поверхности, который позволяет обеспечить необходимую точность интерполяции модельных данных и таким образом установить минимально необходимый степенной порядок интерполирующей поверхности.

3. Выбранный порядок полиномиальной поверхности используется для построения интерполирующей вековую вариацию поверхности по данным экспериментальных магнитных наблюдений, выполняемых на данном полигоне или участке.

Данная последовательность определения степенного порядка интерполирующей поверхности по модели ГМП необходима для более достоверного подбора ее типа, так как имеющаяся тектономагнитная сеть пунктов относительно редка и неравномерна по площади (но все же достаточна для подбора интерполирующей поверхности).

### ВЫДЕЛЕНИЕ ВЕКОВОЙ ВАРИАЦИИ НА БАЙКАЛЬСКОМ ПОЛИГОНЕ. СРАВНЕНИЕ С МОДЕЛЬЮ IGRF-12

Пространственное распределение вековой вариации рассматривается относительно контрольного пункта наблюдений Enh-11K, расположенного в с. Энхалук Кабанского района Республики Бурятия.

В соответствии с предложенной методикой установлено, что в качестве интерполирующей вековую вариацию поверхности на Байкальском геодинамическом полигоне для периода 1998–2014 гг. необходимо использовать поверхность второго порядка, так как средние разности (невязки) между модельными исходными данными и интерполированными для поверхности первого порядка составило 2.6 нТл, второго — 0.2 нТл. Интерполяция данных поверхностью второго порядка удовлетворяет точности, с которой регистрируются данные экспериментальных наблюдений.

Пространственное распределение вековой вариации представлено на рис. 2, А, В, С.

Сравнение невязок dB — разностей между исходными данными и данными модели IGRF-12, а так же интерполированными данными для пунктов, на которых наблюдаются максимальные различия представлены на рис. 3, А, В. Схема этих пунктов представлена на рис. 3, С.

### АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Из рис. 2, С видно, что максимальное различие вековой вариации, определенной по тектономагнитным данным и по данным модели составило по модулю

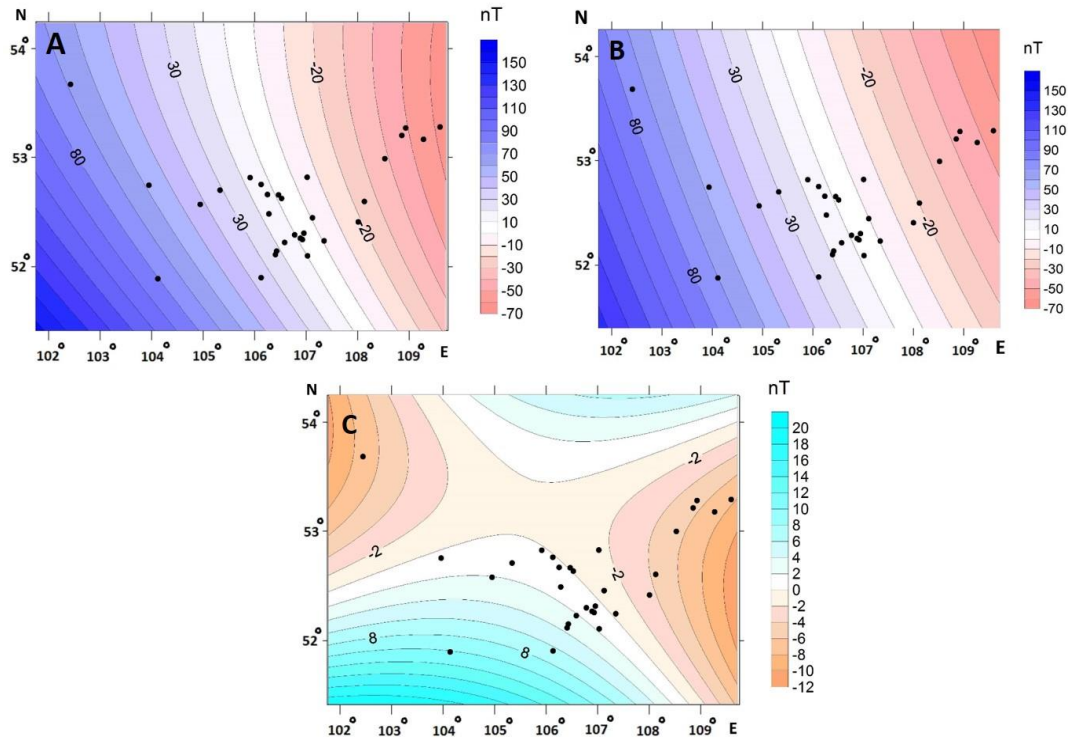


Рис. 2. Пространственное распределение вековой вариации на Байкальском полигоне за период 1998–2014 гг. по данным: А) высокоточных тектономагнитных наблюдений; В) модели IGRF-12. С) разность между А и В

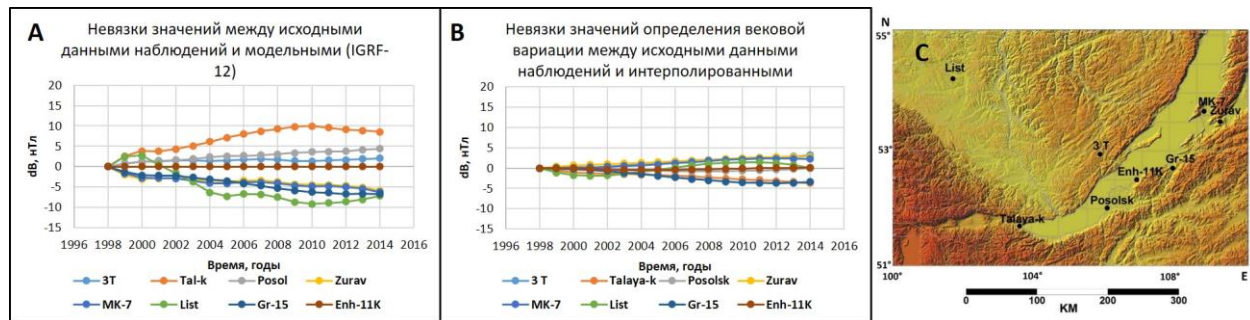


Рис. 3. Невязки значений вековой вариации: А — данные наблюдений и данные модели IGRF-12; В — данные наблюдений и вековая вариация, рассчитанная по ним. С — схема пунктов

около 10 нТл (для пункта Talaya) за период с 1998 по 2014 г., что составляет является значительным при проведении тектономагнитных исследований. Из анализа графиков рис. 3, В видно, что по абсолютной величине средняя величина невязки между исходными высокоточными данными и интерполированными составляет около 2 нТл, а в случае сравнения с модельными данными (рис. 3, А) составляет около 5 нТл.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование данных высокоточных тектономагнитных наблюдений позволило определить величину вековой вариаций геомагнитного поля заметно точнее, чем по данным модели IGRF-12, что является важным при тектономагнитных и других исследованиях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 17 05 01234.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дядьков П.Г., Мандельбаум М.М., Татьков Г.И. и др. Особенности развития сейсмотектонического процесса и процессов подготовки землетрясений в Центральной части Байкальской рифтовой зоны по результатам тектономагнитных исследований. // Геология и геофизика, 1999. Т. 40, № 3. С. 346–359.
- Капица С.П. Магнитные свойства эруптивных пород, подверженных механическим напряжениям // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1955. № 6. С. 489.
- Черняк Г.Я. О физической природе сейсмoeлектрического эффекта горных пород // Физика Земли. 1976. № 2. С. 108–112.
- Thébaud E., Finlay C.C., Beggan C.D., et al. International Geomagnetic Reference Field: 12<sup>th</sup> generation // Earth, Planets and Space. 2015. P. 67–79.