

УДК. 550.383.32

АРХЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю. ШМИДТА (ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР, ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

© 2019 г. И. Е. Начасова^{1*}, О. В. Пилипенко¹

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

*E-mail: inachasova@mail.ru

Поступила в редакцию 07.05.2018 г.

Принята в печать 01.10.2018 г.

Археоманнитные исследования, проводящиеся в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта (ИФЗ) РАН, внесли весомый вклад в мировые исследования главного магнитного поля Земли последних тысячелетий. В результате проведенных исследований получены обширные данные о напряженности геомагнитного поля в последние восемь тысячелетий, построены четыре из наиболее представительных и длинных рядов данных для Евразии – для Пиренейского п-ова, Кавказа, Средней Азии и Сибири. Проведены уникальные исследования «быстрых» вариаций напряженности геомагнитного поля (с характерными временами от нескольких десятков лет), не имеющие аналогов в мировых исследованиях. Проведенный анализ мировых данных о древнем геомагнитном поле позволил получить спектр вариаций напряженности геомагнитного поля в диапазоне от десятилетий до тысячелетий, определить характеристики вариаций, суперпозицией которых может быть представлена картина изменения напряженности геомагнитного поля. Было установлено, что вариации с разными характерными временами имеют разнонаправленный дрейф, причем «основное» (8-тысячелетнее) колебание имеет восточный дрейф.

Ключевые слова: напряженность, геомагнитное поле, вариации, археоманнитизм

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002-333720192123-136>

1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение изменения главного магнитного поля Земли во времени и пространстве – это путь к пониманию механизма его возникновения и функционирования. Одной из важнейших задач построения теории генерации главного геомагнитного поля является задача исследования закономерностей и особенностей его вариаций. Наиболее точную информацию об изменении геомагнитного поля дают прямые наблюдения, однако временной отрезок проведения таких наблюдений весьма ограничен. Источником данных о геомагнитном поле в более отдаленном прошлом являются палео- и археоманнитные исследования. Предметом этих исследований является естественная остаточная намагниченность горных пород и материалов археологических памятников. Археоманнитные исследования были выделены в отдельный раздел в связи с повышенной точностью привязки к временной шкале объектов исследования. Еще одной отличительной особенностью археоманнитных исследований является то, что массовым

материалом археоманнитных исследований является материал (керамика, черепица, кирпичи и т. п.), приобретающий намагниченность в результате обжига (термоостаточную намагниченность). Исследование термоостаточной намагниченности позволяет получить численные определения напряженности намагничивающего поля. Метод получения данных о древнем геомагнитном поле в результате исследования термоостаточной намагниченности, приобретенной при обжиге материалом, имеющим в своем составе ферромагнитную фракцию, был разработан в конце пятидесятых годов XX века французскими исследователями Е. и О. Телье [Телье, Телье, 1959], что послужило толчком для развития археоманнитных исследований во всем мире, в том числе и в России. В ИФЗ РАН археоманнитные исследования начали весьма успешно развиваться под руководством Г.Н. Петровой и С.П. Бурлацкой.

Получение информации о вариациях геомагнитного поля в различных регионах на разных временных интервалах имеет определяющее

значение для разработки представлений о генерации главного магнитного поля Земли.

2. АРХЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В XX ВЕКЕ

Уже в 60-е годы XX в. в результате проведения археомангнитных исследований были получены данные об изменении главного геомагнитного поля в последние тысячелетия, позволившие сделать некоторые выводы о характере изменения геомагнитного поля в прошлом. Исследование изменения напряженности геомагнитного поля показало, что максимальных величин напряженности поля в Евразии достигает во временном интервале I тыс. до н. э. — рубеж эр, происходит плавное изменение напряженности поля с характерным временем примерно 8–10 тысячелетий, на которое накладываются вариации разной интенсивности и продолжительности [Бурлацкая, 1965; Бурлацкая и др., 1970; Vucha, 1965; Nagata et al., 1963]. Были составлены каталоги мировых данных о древнем геомагнитном поле [Бурлацкая, Начасова, 1977; Начасова и др., 1986]. К концу 90-х годов XX века объем полученных данных о древнем геомагнитном поле существенно увеличился. Были получены данные о напряженности главного геомагнитного поля в Европе (в Болгарии [Kovacheva, 1980], Греции [Walton, 1979], на Украине [Загний, Русаков, 1982; Нечаева, 1970], в районе Москвы [Начасова, 1972], на Кавказе [Бурлацкая и др., 1976; Бураков и др., 1982; Начасова, Бураков, 1987; Начасова и др., 1986]), на Ближнем Востоке [Начасова, Бураков, 1995 а], в Средней Азии [Начасова, Бураков, 1994; 1995 б], в Сибири [Бураков, Начасова, 1992], в Китае [Wei et al., 1987] и Японии [Sakai, Hirooka, 1986]. Наиболее представительные и длинные ряды данных о напряженности геомагнитного поля были получены для Болгарии, Кавказа, Средней Азии и Японии.

2.1. Аппаратура и методика проведения археомангнитных исследований

Весомый вклад в мировые археомангнитные исследования был сделан сотрудниками лаборатории «Главного геомагнитного поля и петромагнетизма» ИФЗ РАН. В процессе получения данных о древнем геомагнитном поле большое внимание уделялось оценке точности и представительности получаемых данных [Бурлацкая и др., 1983]. При исследовании вариаций древнего геомагнитного поля очень важна точность определения его параметров. В связи с этим особое

значение для развития археомангнитных исследований имели работы К.С. Буракова по разработке аппаратно-методического комплекса, позволившие существенно повысить точность получаемых данных о древнем геомагнитном поле. К.С. Бураковым были разработаны и внедрены кольцевые магнитные модуляторы в качестве датчиков магнитного поля в приборах, предназначенных для высокоточного измерения остаточной намагниченности образцов горных пород и материалов археологических памятников, а также в приборах для измерения магнитной восприимчивости и магнитной анизотропии образцов. Аналогичные датчики были использованы и в созданной К.С. Бураковым автоматической компенсации лабораторного магнитного поля в установке для проведения лабораторных исследований по методике Телье [Бураков, 1999; 2000].

Применение разработанного К.С. Бураковым аппаратного комплекса для проведения архео- и палеомангнитных исследований позволило не только существенно повысить точность измерений магнитных характеристик исследуемого материала, но и расширить число объектов, в результате исследования намагниченности которых могут быть получены данные о древнем геомагнитном поле. Так, создание цифрового магнитометра для 10-миллиметровых образцов позволило включить в число объектов исследования тонкостенную керамику — массового материала многослойных древних археологических памятников, что привело к резкому увеличению количества объектов исследования и расширению временных рамок археомангнитных исследований.

Увеличение объема керамического материала, используемого для исследований, за счет привлечения тонкостенной керамики позволило также улучшить равномерность распределения материала по временной шкале и увеличить подробность получаемых данных в связи с масовостью этого материала.

Для повышения точности выделения вариаций геомагнитного поля необходимо было не только достичь повышения точности проведения лабораторных исследований, что было осуществлено с помощью комплекса измерительной аппаратуры и лабораторных установок, созданных К.С. Бураковым, но и разработать методику учета действия факторов, которые приводят к искажениям истинных значений параметров древнего геомагнитного поля при их определении. Было установлено, что некоторые

свойства образцов, например, магнитная анизотропия образца, обусловленная анизотропией магнитной восприимчивости, а также различные процессы, происходящие в образце, например, химические изменения в процессе нагревов [Rogers et al., 1979; Coe, 1967], могут приводить к искажению прямолинейности зависимости J_n (J_{rt}) (естественной остаточной и лабораторной намагниченности). Для учета действия факторов, приводящих к отклонению от истинных значений при определении значений параметров древнего геомагнитного поля с помощью методики Телье, был разработан метод коррекции на магнитную анизотропию и химические изменения, происходящие в ходе лабораторных нагревов [Бураков, 1981; 2000; Бураков, Начасова, 1978; 1985].

При изучении вариаций геомагнитного поля очень важное значение имеет не только точность определения параметров геомагнитного поля, но и точность временной привязки полученных определений к шкале времени. Для получения неискаженной картины вариаций поля очень важно, чтобы была известна последовательность временных интервалов приобретения намагниченности исследуемых материалов. Многослойные археологические памятники дают возможность послойного отбора материала и, следовательно, получения ряда следующих друг за другом определений напряженности поля. При послойном отборе материала из многослойных культурных отложений археологических памятников можно датировать слои, разбив

временной интервал существования поселения на число слоев, тем самым резко повысив точность датирования исследуемого материала. Правомочность такого способа датирования материала была показана при исследовании напряженности геомагнитного поля, проведенном на материалах ряда многослойных памятников [Начасова, Бураков, 1994; 1995 а; б; 1997; Начасова, 1998]. Таким образом, использование тонкостенной керамики, которая является основным обожженным материалом многослойных археологических памятников, в качестве материала исследований, не только резко увеличило количество объектов исследования и расширило временные рамки получения данных о напряженности геомагнитного поля, но и позволило существенно повысить точность датирования исследуемого материала.

Для получения независимой оценки временной привязки исследуемого материала археологических памятников был разработан метод датирования по пористости. В основе метода лежит увеличение пористости керамики со временем. Он успешно применялся при исследовании материалов памятников Пиренейского полуострова [Бураков и др., 2005; Начасова, Бураков, 2009 б; Начасова и др., 2002 б; 2007].

Создание прецизионной измерительной аппаратуры, авторской установки для проведения лабораторных исследований по методике Телье, разработка и внедрение метода коррекции для учета возмущающих факторов при определении параметров древнего геомагнитного поля

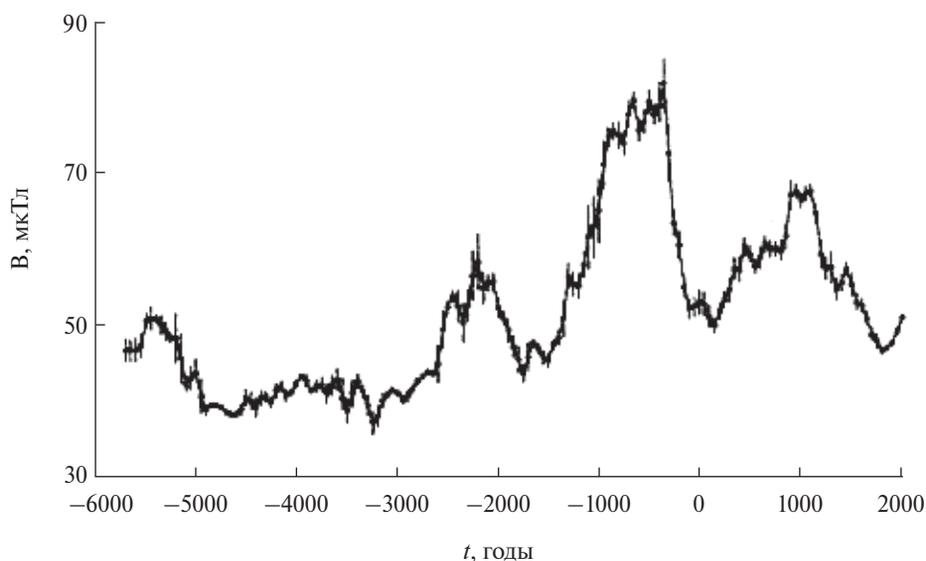


Рис. 1. Изменение напряженности геомагнитного поля в Средней Азии в последние 8 тысячелетий. Средне-75-летний ряд данных. Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные ошибки определений по временным интервалам осреднения.

и методики временной привязки исследуемого материала многослойных археологических памятников с помощью послойного отбора дало возможность построить временные ряды данных о напряженности геомагнитного поля в последние несколько тысячелетий в районе Кавказа и Средней Азии (рис. 1) с наиболее высокой представительностью (наиболее подробные и имеющие наибольшую равномерность распределения данных по шкале времени) и точностью (с наименьшим разбросом определений, полученных по одновозрастному материалу), достигнутой в мировых археомагнитных исследованиях к концу XX в.

2.2. «Быстрые» вариации напряженности геомагнитного поля

Коллективом сотрудников ИФЗ РАН были проведены уникальные исследования «быстрых» вариаций напряженности геомагнитного поля (с характерным временем от нескольких десятков до 150 лет), не имеющие аналогов в мировых исследованиях [Начасова, 1998]. Возможность исследования вариаций с такими характерными временами обусловлена подробностью полученных рядов данных на временных отрезках достаточной длины. Ряды данных уникальной подробности удалось получить для района Москвы для временного интервала XV – XIX вв. н. э. [Начасова, 1972], Месопотамии – для V тыс. до н. э. [Начасова, Бураков, 1995 а] и Средней Азии – для последних двух тысячелетий [Начасова,

Бураков, 1995 б]. Были построены для Москвы средне-10-летние, для Месопотамии и Средней Азии (рис. 2). – средне-15-летние кривые изменения напряженности геомагнитного поля.

Было получено, что спектр «быстрых» вариаций напряженности геомагнитного поля содержит три колебания 30, 65, 115 лет, характерные времена колебаний определены с точностью 10%. Существование «тридцати» – и «шестидесятилетних» вариаций было известно по результатам прямых наблюдений, «столетние» вариации были обнаружены впервые по данным, полученным в результате проведения археомагнитных исследований. По результатам археомагнитных исследований «тридцатилетние» вариации удалось выделить только по данным, полученным для района Москвы, «шестидесятилетние» и «столетние» вариации были получены в результате анализа данных, полученных для всех трех районов. Проявление «быстрых» вариаций напряженности геомагнитного поля на разных временных интервалах последних восьми тысячелетий свидетельствует об устойчивости этих вариаций во времени.

2.3. Аномальное поведение геомагнитного поля

Впервые аномальное поведение геомагнитного поля в первой половине I тыс. до н. э. было обнаружено Фольгерайтером [Folgheraiter, 1896; 1899] еще в XIX веке при исследовании

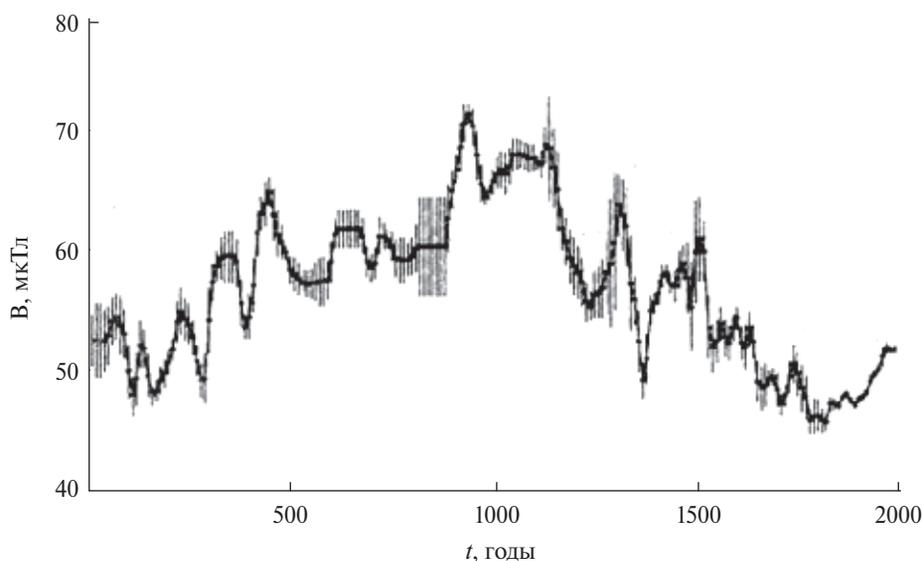


Рис. 2. Изменение напряженности геомагнитного поля в Средней Азии в последние 2 тысячелетия. Средне-15-летний ряд данных. Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные ошибки определений по временным интервалам осреднения.

намагниченности керамических изделий из Италии, датированных VIII–VI вв. до н. э. Им было установлено резкое изменение наклона геомагнитного поля, вплоть до обратного современному, в VIII–VII вв. до н. э.. Вывод о резком изменении наклона геомагнитного поля в первой половине I тыс. до н. э. был подтвержден в работе [Merkanton, 1906] по результатам исследования намагниченности керамических ваз. Он заключил, что резкое изменение наклона магнитного поля было на территории Германии в IX–VII вв. до н. э. и на территории Швейцарии около 1000 г. до н. э. Исследование [Телье, Телье, 1959] намагниченности пунических ваз VIII–VII вв. до н. э. также привело к получению отрицательных значений наклона намагниченности, однако они полагали, что только изучение намагниченности обожженного материала, ориентация которого оставалась неизменной во времени может дать ответ на вопрос: есть ли такие быстрые резкие изменения направления геомагнитного поля?

Впервые такое исследование геомагнитного поля было проведено в результате исследования намагниченности обожженного материала из культового холма Намчедури в Грузии [Burakov, Nachasova, 1990]. Культурные отложения холма состоят из 7 горизонтов, мощность изученных отложений – 5 метров. Обожженные площадки имеются во всех слоях, но только намагниченность площадок из верхней части 3-го культурного горизонта, датированного IX–VI вв. до н. э., имеет аномальное направление. Мощность этой части культурных отложений 0.5 метра, время накопления можно оценить примерно в 200 лет. Учитывая соотношение мощности всего культурного горизонта и его части, из которой были отобраны образцы, направление намагниченности которых оказалось аномальным, можно отнести время накопления этих слоев примерно к VII–VI вв. до н. э. То, что экскурс (изменение наклона геомагнитного поля вплоть до обратного) был обнаружен в результате исследования термонамагниченности материала, позволило с высокой достоверностью получить определения напряженности поля во время экскурса. Было обнаружено, что этот экскурс (в отличие от ранее изученных) протекает на фоне высоких значений напряженности поля. Таким образом, был обнаружен очень быстрый экскурс, проходящий на фоне повышенной напряженности геомагнитного поля, что свидетельствует о существовании экскурсов ранее неизвестного вида.

2.4. Основные результаты археомагнитных исследований

Получены данные о напряженности геомагнитного поля в районе Кавказа и Средней Азии в последние восемь тысячелетий. Исследование «быстрых» вариаций напряженности геомагнитного поля позволило установить вид спектра «быстрых» вариаций, обнаружить «столетнюю» вариацию. В результате исследования намагниченности обожженных площадок из культового холма Намчедури (Грузия) был обнаружен очень быстрый (200 лет) экскурс, проходящий на фоне повышенной напряженности геомагнитного поля, что свидетельствует о существовании экскурсов ранее неизвестного вида.

Был проведен анализ совокупности мировых данных о напряженности геомагнитного поля для последних восьми тысячелетий [Начасова, 1998]. Ряды данных, полученных для разных регионов, были проанализированы при помощи методики и техники анализа временных рядов, разработанных Н.М. Ротановой и С.В. Филипповым [Ротанова и др., 1979; Филиппов, 1985; Филиппов, Ротанова, 1987]. Анализ привел к выводу о том, что картина изменения напряженности поля в основном может быть представлена суперпозицией ряда колебаний, имеющих периоды от 300 до 8000 лет, характерной чертой которых является дрейф. Скорость дрейфа для всех колебаний можно принять равной 0.2° в год. Обнаружено, что колебания с разными характерными временами имеют разнонаправленный дрейф. «Пятисотлетние», «тысячелетние» и «тысячестисотлетние» колебания имеют западный дрейф, а «семисотлетние» и «восемьтысячелетнее» – восточный. Прослежена долготная зависимость амплитуд вариаций разных периодов и изменение амплитуд вариаций со временем. Результаты проведенных исследований привели к пересмотру представления о дрейфе геомагнитного поля как отражении проскальзывания мантии относительно ядра.

Основные результаты проведенных исследований были представлены в обобщающих работах [Бурлацкая, 1965; 1987; Начасова, 1998; Бураков, 2000].

За достижения в области археомагнитных исследований К.С. Бураков, С.П. Бурлацкая и И.Е. Начасова в составе коллектива исследователей главного геомагнитного поля были удостоены Государственной премии Российской Федерации 2000 г. в области науки и техники за работу «Геомагнитные циклы в истории Земли».

3. АРХЕОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Наиболее активно археомагнитные исследования проводятся на территории Европы и Ближнего Востока [Chauvin et al., 2000; Zannaniri et al., 2007; Genevey et al., 2009; Gomez-Paccard et al., 2008; Schnepf, Lanos, 2005; 2006; De Marco et al., 2008; Tema, Kondopoulou, 2011; Tema et al., 2012; Gallet et al., 2014; 2015]. Разрабатываются новые методики датирования [Wilson, 2009] и проведения лабораторных исследований намагниченности материалов археологических памятников [Le Goff, Gallet, 2004]. В ИФЗ РАН были продолжены, начатые в 90-х годах исследования древнего геомагнитного поля в Сибири [Бураков, Начасова, 1992; Бураков и др., 2000; Начасова, 1998], проведены исследования намагниченности многослойного археологического памятника Таманского п-ова Гермонасса и памятников Пиренейского п-ова. Для получения данных о древнем геомагнитном поле с наименьшим отклонением от истинных значений были продолжены методические исследования, направленные на усовершенствование методики введения коррекции влияния искажающих факторов при проведении исследований с помощью метода Телье [Бураков и др., 2005; Начасова, Бураков, 2009 а] и разработан метод датирования исследуемого материала по его пористости [Начасова и др., 2002 б].

3.1. Исследование напряженности древнего геомагнитного поля на территории Пиренейского полуострова и Сибири

3.1.1. Напряженность древнего геомагнитного поля в последние тысячелетия на территории пиренейского полуострова

Исследование напряженности древнего геомагнитного поля в последние тысячелетия на территории Пиренейского полуострова было проведено на материалах археологических памятников, датированных временными интервалами от VI тыс. до н. э. до II тыс. н. э. [Бураков, 2000; Бураков и др., 2005; 2006; 2007; Начасова, Бураков 2009 б; 2011; 2012; Начасова и др., 2002 а; б; 2007; 2015 б].

По полученным данным была построена кривая вариаций напряженности поля в регионе Пиренейского полуострова на временном интервале от середины VI тыс. до н. э. до рубежа эр [Начасова, Акимова, 2015] (рис. 3). Данные для построения кривой представляют собой средние значения по определенным временным отрезкам. Величина временных интервалов осреднения различна на различных временных этапах. Она зависит от представительности полученных определений: точности датировки (величины временного интервала, которым датирован исследуемый материал) и распределения полученных определений по шкале времени (величины временных отрезков между полученными

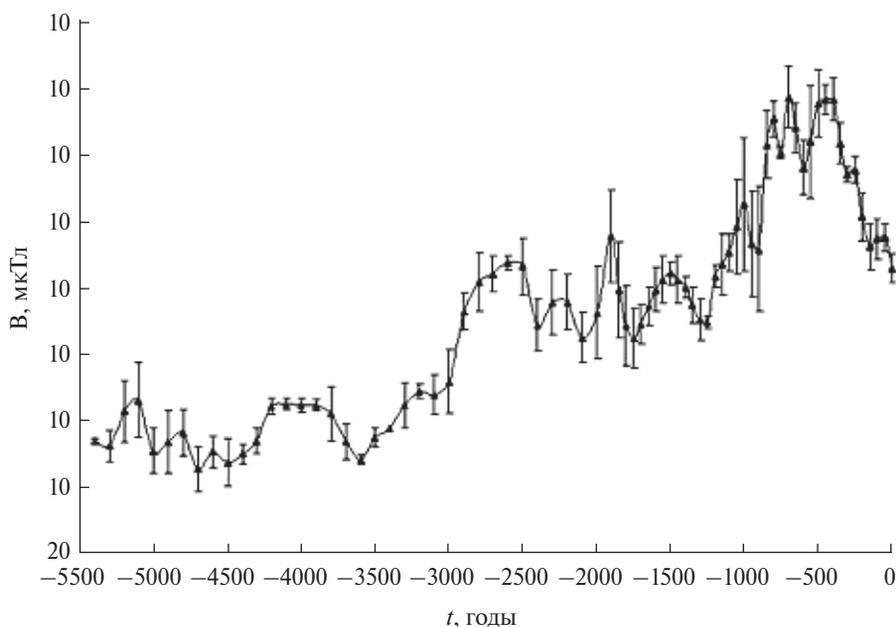


Рис. 3. Напряженность геомагнитного поля в районе Пиренейского полуострова с VI тыс. до н. э. по рубеж эр. Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные ошибки определений по временным интервалам осреднения.

определениями). Для интервала VI–III тыс. до н. э. интервал осреднения – 200 лет, на временном интервале II тыс. до н. э. – рубеж эр интервал осреднения – 100 лет.

Полученный ряд данных о напряженности геомагнитного поля дает возможность выделить два типа вариаций: резкие колебания продолжительностью примерно 200 лет и квазигармонические колебания с характерным временем около 600 лет. Особенно ярко резкое, быстрое колебание напряженности геомагнитного поля выделяется во временном интервале рубеж III и II – первая четверть II тыс. до н. э. Вариации подобного вида на этом временном интервале выделяются и по данным для других регионов. Быстрое резкое изменение напряженности поля на рубеже III и II – первой четверти II тыс. до н. э. отмечается по данным Кавказа, Средней Азии и Сибири [Начасова, 1998; Начасова, Бураков, 2008] и Ближнего Востока [Gallet et al., 2014; 2015]. К сожалению, трудности датирования материалов исследований пока не дают возможности сделать вывод об одновременности или некотором временном сдвиге проявления вариации этого типа в разных регионах. Очевидно, что для продвижения в понимании механизма генерации главного магнитного поля Земли необходимо дальнейшее получение данных о напряженности геомагнитного поля в прошлом,

повышение их подробности и представительности.

3.1.2. Напряженность геомагнитного поля в последние тысячелетия в Сибири

Исследованию изменения напряженности геомагнитного поля в Сибири в последние тысячелетия были посвящены археомагнитные исследования, проведенные на керамическом материале многослойных археологических памятников Казачка, Усть-Каренга и ряда памятников Прибайкалья [Начасова и др., 2015 а]. В результате исследования обожженного материала из культурных отложений уникального многослойного археологического памятника Казачка получен ряд данных о напряженности геомагнитного поля в Сибири во временном интервале X–I тыс. до н. э. (рис. 4). С VII по середину IV тыс. до н. э. происходит падение, а затем на протяжении III – I тыс. до н. э. – повышение напряженности геомагнитного поля. Впервые «основное» колебание напряженности геомагнитного поля прослежено в результате исследования намагниченности материалов культурных отложений одного памятника. Рассмотрение совокупности новых и полученных ранее данных о напряженности геомагнитного поля в Сибири в последние 13 тысячелетий [Бураков, Начасова, 1992; Бураков и др., 2000; Начасова, Бураков,

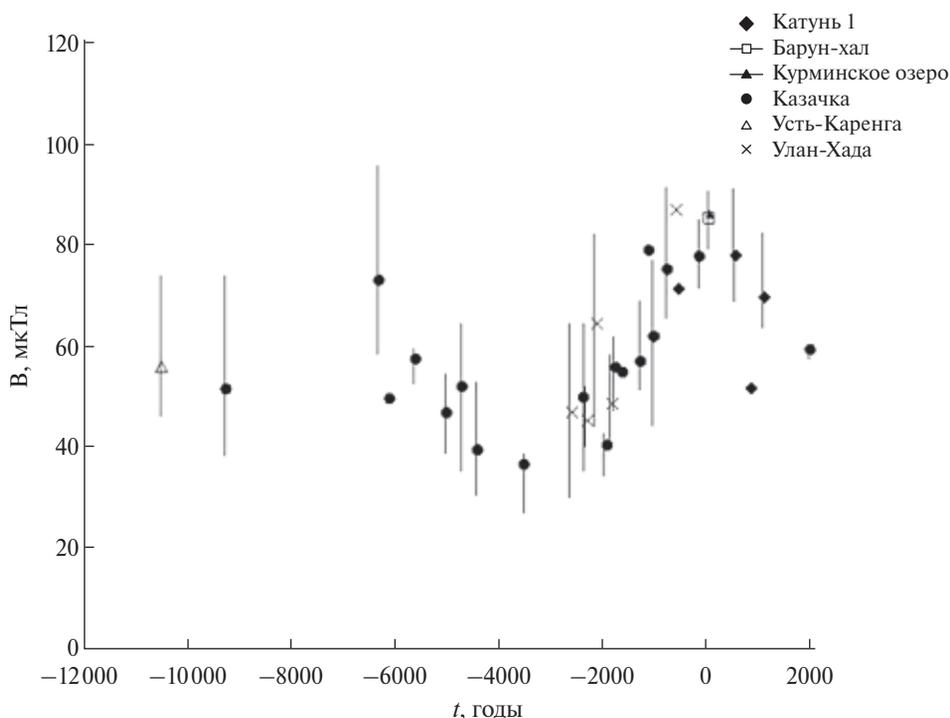


Рис. 4. Напряженность геомагнитного поля в Сибири в последние тысячелетия. Вертикальными линиями показан разброс единичных определений напряженности геомагнитного поля.

2008] позволяет определить характерное время длиннопериодного колебания напряженности геомагнитного поля примерно в 8 тысячелетий, максимум этого колебания приходится на рубеж эр. Таким образом, получено подтверждение восточного дрейфа «основного» колебания напряженности геомагнитного поля.

3.2. Напряженность геомагнитного поля в последнее тысячелетие на территории Пиренейского п-ова и п-ова Тамань

3.2.1. Исследование напряженности геомагнитного поля в последнее тысячелетие на территории Пиренейского п-ва

Для получения данных о напряженности геомагнитного поля в последнем тысячелетии проведены исследования керамического материала из коллекции образцов эмалированной керамики археологического памятника Испании провинции Куэнка Альбаррасин ($\lambda \sim 1^\circ$ з.д., $\varphi \sim 40^\circ$ с.ш.), датированных IX–XX вв. [Начасова и др., 2015 б]. В результате проведенных исследований получена картина изменения напряженности геомагнитного поля в Испании с конца I тыс. н. э. по XX век нашей эры. По полученным определениям была построена средне-75-летняя кривая изменения напряженности геомагнитного поля (рис. 5). Картина изменения напряженности геомагнитного поля позволила заключить, что наиболее яркой

особенностью этого изменения является вариация с характерным временем в несколько столетий, основной тенденцией изменения напряженности поля — падение напряженности с рубежа IX–X вв. н. э. по современность.

Рассмотрение данных об изменении напряженности геомагнитного поля, полученных для последнего тысячелетия по материалам археологических памятников других территорий Евразии [Начасова, 1998] показало, что для этого временного интервала по данным, полученным для Грузии и Средней Азии, прослеживается как основная тенденция падение напряженности геомагнитного поля, на которое накладывается колебание в 2–3 столетия. Сравнение построенной по испанским данным кривой изменения напряженности геомагнитного поля с кривой, построенной по результатам, полученным для последних 800 лет в работе [Genevey et al., 2009] для Парижа, показало, что общий ход кривых похож. Практически полная сходимость этих кривых наблюдается для второй половины II тыс. н. э., но в предыдущие 300 лет имеется некоторое расхождение. На этом временном отрезке по французским данным прослеживается вариация с характерным временем примерно 300 лет, максимум которой приходится на середину — вторую половину XIV в.

Отсутствие вариации напряженности геомагнитного поля на временном интервале XI–XIV в. по данным, полученным по материалу

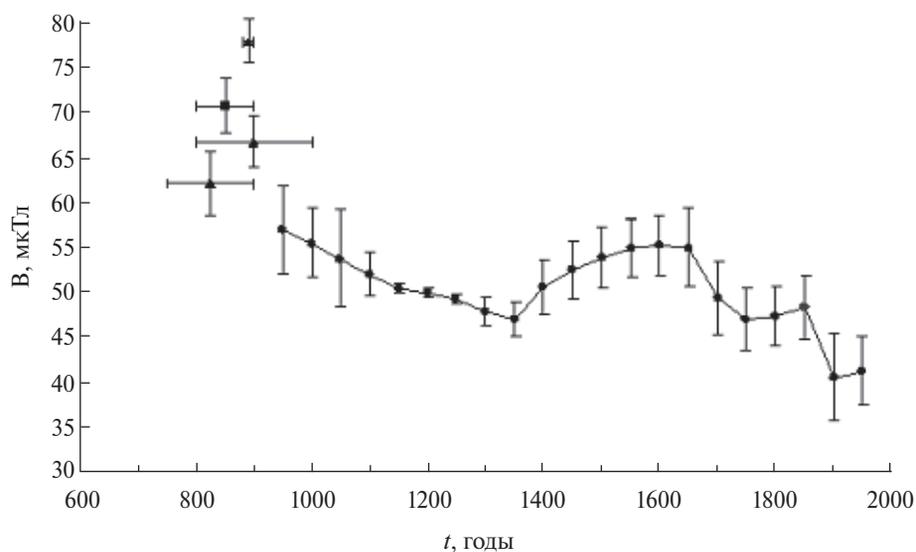


Рис. 5. Напряженность геомагнитного поля в Испании в последнее тысячелетие. Средне-75-летняя кривая изменения напряженности геомагнитного поля, построенная по результатам исследования керамического материала памятника Альбаррасин, дополненная данными, полученными в результате исследования керамического материала, датированного VIII – X вв. н. э., из Франции (квадрат) и Испании (треугольники). Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные погрешности определений.

памятника Альбаррасин, скорее всего связано с небольшим количеством полученных для этого временного отрезка данных и с довольно широкой (± 50 и ± 100 лет) датировкой исследованного материала, что приводит к сглаживанию конечных результатов. Очевидно, что для обнаружения вариаций с характерным временем в первые столетия необходимо увеличивать количество определений и уточнять датировку исследуемого материала.

3.2.2. Исследование напряженности геомагнитного поля в последнее тысячелетие на территории п-ва Тамань

Исследование напряженности геомагнитного поля во временном интервале последняя четверть I–II тыс. н. э. было проведено на материале, отобранном из разреза в южной стенке и в районе площадки 34 северного раскопа памятника Гермонасса [Начасова и др., 2016]. Отбирался керамический материал послойно, последовательно по мощности. Подробность отбора определялась наличием керамического материала в культурных отложениях. Керамика ряда слоев была датирована археологически. Для проведения исследований были взяты также фрагменты керамики, предоставленные археологами – исследователями памятника как типичные образцы керамики определенных временных интервалов. На рис. 6. представлены данные о напряженности геомагнитного поля в районе Таманского п-ова в последние 13 столетий, полученные в результате исследования материалов памятника Гермонасса.

Основной тенденцией изменения напряженности геомагнитного поля в последнее тысячелетие является ее уменьшение. На плавное изменение напряженности накладывается квазипериодические колебания с характерным временем, которое можно оценить примерно в 500 и 300 лет. Вариации подобной продолжительности были отмечены ранее при рассмотрении вариаций напряженности геомагнитного поля в разных регионах на разных временных интервалах [Начасова, 1998].

Исследование напряженности геомагнитного поля в последние четыре тысячелетия в долгом секторе от Болгарии до Восточной Сибири [Начасова, 1998] показало, что картины изменения напряженности поля в разных регионах несколько сдвинуты относительно друг друга. Максимальные значения напряженности геомагнитного поля на временном интервале последних полутора тысячелетий на Кавказе и в Средней

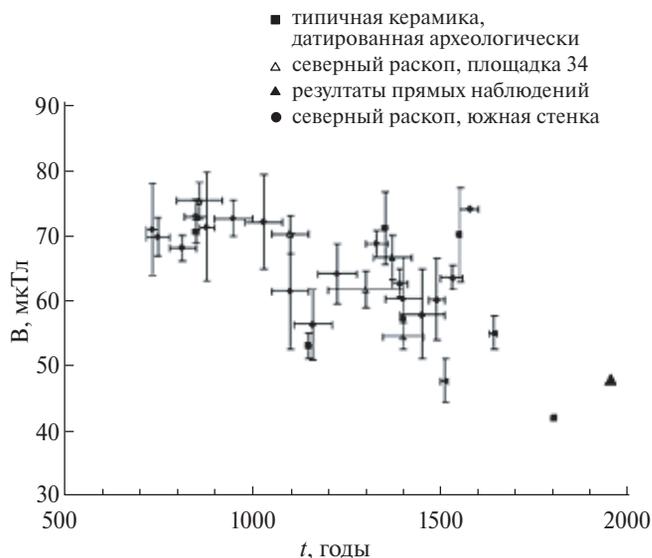


Рис. 6. Напряженность геомагнитного поля в районе Таманского п-ова в последние 13 столетий. Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные погрешности средних значений, горизонтальными линиями – пределы датировок исследованного материала.

Азии приходится на начало II тыс. н.э., а в Болгарии – на более ранний временной отрезок (конец I тыс. н.э.). К сожалению, точность датировки исследованных материалов позволяла отнести это расхождение к результату ошибок датировки. Исследования, проведенные в последние годы на материалах археологических памятников Испании [Начасова и др., 2015 б], дали основание заключить, что максимальные значения напряженности поля так же, как и в Болгарии, приходятся на IX – начало X в. н. э. Данное исследование показало, что на территории Таманского п-ова максимальные значения напряженности поля приходятся на конец X – XI вв. н. э. Таким образом, данные, полученные для Пиренейского п-ова и п-ова Тамань, подтвердили наличие восточного сдвига времени наступления максимума изменения напряженности геомагнитного поля во временной интервал двух последних тысячелетий в долгом секторе Пиренейский полуостров – Средняя Азия.

3.3. Исследование «быстрых» вариаций напряженности геомагнитного поля в Испании во II тыс. до н.э.

Исследование намагниченности материала многослойного археологического памятника эпохи бронзы Motilla del Azuer [Бураков и др., 2005] позволило построить ряд данных

о напряженности геомагнитного поля с детальностью, предоставившей возможность исследовать вариации напряженности поля с характерными временами в несколько десятилетий. Ряды данных такой подробности — большая редкость. Ранее были получены всего три ряда, позволяющие исследовать «быстрые» вариации напряженности геомагнитного поля. Это данные, полученные для регионов Москвы, Средней Азии и Месопотамии [Начасова, 1998].

Разрез памятника Азуер, из которого был отобран исследованный материал, имел уникальные характеристики — большую мощность (7.2 метра от вершины холма до коренных пород) и большую наполненность культурных отложений керамическим материалом. Образцы отбирались послойно через 20 см. Для временной привязки полученного ряда данных были использованы результаты радиоуглеродного датирования культурных горизонтов памятника и метод датирования по пористости керамики [Начасова и др., 2002 б]. Весь временной интервал функционирования поселения был оценен примерно в 700 лет. По полученным данным о напряженности геомагнитного поля построен средне-20-летний ряд (рис. 7). Анализ построенной кривой изменения напряженности геомагнитного поля, показал, что выделяются вариации в 66 и 120 лет.

Таким образом, получены данные об изменении напряженности геомагнитного поля в Испании во II тыс. до н. э. с подробностью, давшей

уникальную возможность определить характеристики вариаций напряженности древнего геомагнитного поля с характерными временами несколько десятков лет. Полученные оценки характерного времени выделенных вариаций 66 и 120 лет хорошо согласуются с результатами, проведенных ранее исследований для разных временных интервалов голоцена, что подтверждает устойчивость «быстрых» вариаций напряженности геомагнитного поля во времени.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Археомагнитные исследования, проводившиеся в ИФЗ РАН, внесли весомый вклад в мировые исследования магнитного поля Земли в прошлом. Были построены представительные и длинные ряды данных о напряженности геомагнитного поля в последние восемь тысячелетий для Пиренейского п-ова, Кавказа, Средней Азии и Сибири. Создание авторского аппаратно-методического комплекса для проведения археомагнитных исследований позволило повысить точность получаемых данных о вариациях напряженности геомагнитного поля.

Создание прецизионной измерительной аппаратуры, авторской установки для проведения лабораторных исследований по методике Телье, разработка и внедрение метода коррекции для учета возмущающих факторов при определении параметров древнего геомагнитного поля и временной привязки исследуемого материала

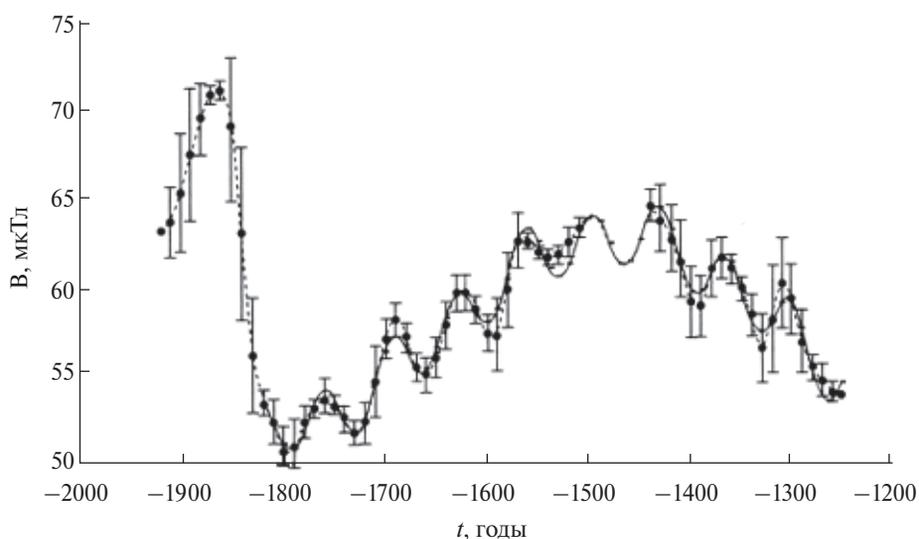


Рис. 7. Изменение напряженности геомагнитного поля в Испании (средне-20-летние данные) во II тыс. до н. э. Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные ошибки среднего значения напряженности поля, сплошной линией — аппроксимация полученного ряда данных суммой трех синусоид (с периодами 675, 120 и 66 лет) во временном интервале 1840–1250 гг. до н. э.

многослойных археологических памятников с помощью послойного отбора дало возможность построить временные ряды данных о напряженности геомагнитного поля в последние несколько тысячелетий с высокой представительностью и точностью.

Были проведены уникальные исследования «быстрых» вариаций напряженности геомагнитного поля (с характерными временами от нескольких десятков лет), не имеющие аналогов в мировых исследованиях. Существование «тридцати»- и «шестидесятилетних» колебаний было известно по результатам прямых наблюдений, «столетние» колебания были обнаружены по результатам археомагнитных исследований. Существование «быстрых» вариаций было обнаружено на различных временных интервалах от VI тыс. до н. э. до последних столетий, что позволяет заключить об устойчивости этих вариаций во времени.

Исследование намагниченности обожженных материалов археологического памятника Грузии Намчедури, датированных первой половиной I тыс. до н. э., привело к обнаружению экскурса геомагнитного поля с аномальными характеристиками. Был обнаружен очень быстрый экскурс (продолжительностью примерно 200 лет), проходящий на фоне повышенной напряженности геомагнитного поля, что свидетельствует о существовании экскурсов ранее неизвестного вида.

Проведенный анализ мировых данных о древнем геомагнитном поле позволил получить спектр вариаций напряженности геомагнитного поля, определить характеристики вариаций, суперпозицией которых может быть представлена картина изменения напряженности геомагнитного поля. Было показано, что характерной чертой вариаций является дрейф, определена скорость дрейфа (которую для всех колебаний можно принять равной 0.2° в год), обнаружено, что колебания с разными характерными временами имеют разнонаправленный дрейф. Установлено, что «основное» (8-тысячелетнее) колебание имеет восточный дрейф. Результаты проведенных исследований привели к пересмотру взгляда на природу дрейфа геомагнитного поля, который ранее объяснялся проскальзыванием ядра Земли по отношению к мантии.

Получение новых данных о геомагнитном поле даст возможность продвигаться в изучении вариаций геомагнитного поля, уточнять закономерности их протекания, определять ключевые моменты процесса генерации геомагнитного поля. Сопоставление характеристик вариаций

главного геомагнитного поля с характеристиками изменчивости процессов, протекающих в различных земных оболочках, позволяет развивать представления о причинно-следственных связях этих процессов и, следовательно, продвигаться в решении проблемы функционирования системы планета Земля.

Работа выполнена в рамках Гос. задания ИФЗ РАН и при финансовой поддержке РФФИ: грант 16-05-00378.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бураков К.С.* Определение древнего геомагнитного поля на магнитоанизотропных образцах // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1981. № 11. С. 116–120.
- Бураков К.С.* Аппаратурный комплекс для архео- и палеомагнитных исследований. Препринт. ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН. М. 1999. 26 с.
- Бураков К.С.* Древнее геомагнитное поле по результатам исследования разных видов намагниченности пород и материалов археологических памятников. Автореф. дисс. д-ра физ.-мат. наук. М.: ОИФЗ РАН. 2000. 42 с.
- Бураков К.С., Бурлацкая С.П., Начасова И.Е., Челидзе З.А.* Напряженность геомагнитного поля на Кавказе за последние 2000 лет // Геомагнетизм и аэрономия. 1982. № 3. С. 523–524.
- Бураков К.С., Начасова И.Е.* Методика и результаты изучения геомагнитного поля Хивы с середины XVI века // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1978. № 11. С. 93–99.
- Бураков К.С., Начасова И.Е.* Введение поправки на химические изменения во время нагревов при определении напряженности древнего геомагнитного поля // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1985. № 10. С. 93–96.
- Бураков К.С., Начасова И.Е.* Палеомагнитное исследование археологического памятника «Большой Якорь» // Геомагнетизм и аэрономия. 1992. Т. 32. № 6. С. 153–159.
- Бураков К.С., Начасова И.Е., Мата К.* Напряженность геомагнитного поля в I тысячелетии до нашей эры по результатам исследования керамики археологического памятника Испании “Los Villares” // Физика Земли. 2006. № 11. С. 84–92.
- Бураков К.С., Начасова И.Е., Нахейра Т., Молина Ф., Камара Х.А.* Напряженность геомагнитного поля в Испании во втором тысячелетии до нашей эры // Физика Земли. 2005. № 8. С. 28–40.
- Бураков К.С., Начасова И.Е., Нахейра Т., Молина Ф., Камара Х.А.* Археомагнитные исследования керамики из многослойного неолитического поселения “Los Castillejos” (Монтефрио, Испания) // Физика Земли. 2007. № 2. С. 75–82.
- Бураков К.С., Начасова И.Е., Петрова Г.Н.* Напряженность геомагнитного поля в Прибайкалье в последние

- тысячелетия // Геомагнетизм и аэрономия. 2000. Т. 40. № 2. С. 90–95.
- Бурлацкая С.П.* Археомагнетизм. Исследование магнитного поля Земли в прошлые эпохи. 1965. М.: Наука. 127 с.
- Бурлацкая С.П.* Археомагнетизм. Изучение древнего геомагнитного поля. 1987. М.: ИФЗ АН СССР. 246 с.
- Бурлацкая С.П., Буха В.В., Бураков К.С.* О погрешности определения напряженности геомагнитного поля методом Телье // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1983. № 2. С. 110–115.
- Бурлацкая С.П., Начасова И.Е.* Археомагнитные определения элементов геомагнитного поля. Мировые данные. Материалы мирового центра данных / Отв.ред. Г.Н. Петрова. М. 1977. 111 с.
- Бурлацкая С.П., Начасова И.Е., Бураков К.С.* Новые определения параметров древнего геомагнитного поля для Монголии, Средней Азии и Абхазии // Геомагнетизм и аэрономия. 1976. № 4. С. 914–918.
- Бурлацкая С.П., Нечаева Т.Б., Петрова Г.Н.* Напряженность геомагнитного поля за последние 2000 лет по мировым данным // Геомагнетизм и аэрономия. 1970. № 5. С. 878.
- Загний Г.Ф., Русаков О.М.* Археовековые вариации геомагнитного поля юго-запада СССР. 1982. Киев: Наукова Думка. 126 с.
- Начасова И.Е.* Магнитное поле в районе Москвы с 1480 по 1840 гг. // Геомагнетизм и аэрономия. 1972. № 2. С. 316–320.
- Начасова И.Е.* Характеристики вариаций напряженности геомагнитного поля по археомагнитным данным. Автореф. докт. дисс. М.: ОИФЗ РАН. 1998. 65 с.
- Начасова, И.Е., Акимова С.В.* Вариации напряженности геомагнитного поля на Пиренейском п-ове в последние тысячелетия // Физика Земли. 2015. № 5. С. 100–106.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Изменение напряженности геомагнитного поля во втором тысячелетии до нашей эры на территории Грузии // Геомагнетизм и аэрономия. 1987. Т. 27. № 5. С. 869–872.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Интенсивность геомагнитного поля с III в. до н.э. по VI в.н.э. в Термезе (Узбекистан) // Геомагнетизм и аэрономия. 1994. Т. 34. № 3. С. 178–181.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Археоинтенсивность древнего геомагнитного поля в пятом тысячелетии до нашей эры в северной Месопотамии // Геомагнетизм и аэрономия. 1995а. № 3. С. 131–137.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Вариации геомагнитного поля в Средней Азии в последние две тысячи лет. Анализ мировых данных // Геомагнетизм и аэрономия. 1995б. № 6. С. 150–157.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Напряженность геомагнитного поля в Средней Азии во втором-первом тысячелетиях до нашей эры // Физика Земли. 1997. № 7. С. 33–38.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Археомагнитные исследования материалов памятников Восточной Сибири Горный лес и Усть-Хайта // Физика Земли. 2008. № 3. С. 84–91.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Определение элементов древнего геомагнитного поля по термоостаточной намагниченности с коррекцией на магнитную анизотропию // Физика Земли. 2009 а. № 1. С. 44–50.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Вариации напряженности геомагнитного поля в Португалии в I тысячелетии до нашей эры // Физика Земли. 2009 б. № 7. С. 54–62.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Археомагнитные исследования керамического материала испанского археологического памятника Убеда // Физика Земли. 2011. № 12. С. 66–73.
- Начасова И.Е., Бураков К.С.* Изменение напряженности геомагнитного поля и температуры во втором тысячелетии до нашей эры в районе Испании // Физика Земли. 2012. № 5. С. 77–84.
- Начасова И.Е., Бураков К.С., Бернабеу Х.* Вариации напряженности геомагнитного поля в Испании // Физика Земли. 2002а. № 5. С. 24–29.
- Начасова И.Е., Бураков К.С., Бернабеу Х.* Археомагнитные исследования керамического материала многослойного неолитического памятника Испании “Cendres Cave” // Геомагнетизм и аэрономия. 2002б. Т. 42. № 6. С. 845–851.
- Начасова И.Е., Бураков К.С., Квирикадзе М.В.* Напряженность геомагнитного поля на территории Грузии в I тыс. до н.э. // Геомагнетизм и аэрономия. 1986. № 2. С. 356–358.
- Начасова И.Е., Бураков К.С., Лоррио Х.А.* Археомагнитные исследования керамики археологического памятника Испании «Эль Молон» // Физика Земли. 2007. № 10. С. 35–40.
- Начасова И.Е., Бураков К.С., Пилипенко О.В.* Вариации напряженности геомагнитного поля в Сибири в последние тринадцать тысячелетий // Физика Земли. 2015 б. № 1. С. 46–53.
- Начасова И.Е., Бураков К.С., Пилипенко О.В., Марков Г.П.* Вариации геомагнитного поля и температуры в Испании в последнее тысячелетие // Физика Земли. 2015 а. № 4. С. 119–127.
- Начасова И.Е., Диденко Е.Ю., Шелестун Н.К.* Археомагнитные определения элементов геомагнитного поля. Мировые данные. Материалы Мирового центра данных Б/Отв.ред. С.П. Бурлацкая. 1986. М. 169 с.
- Начасова И.Е., Пилипенко О.В., Марков Г.П.* Вариации напряженности главного геомагнитного поля в районе Таманского п-ова в последние 13 столетий // Физика Земли. 2016. № 6. С. 105–111.
- Нечаева Т.Б.* Основные черты вековых вариаций геомагнитного поля на Украине за последние 2000 лет. Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. М. 1970. 17 с.
- Ротанова Н.М., Папаташвили Н.Е., Пушков А.Н.* О спектральном анализе временных рядов геомагнитного поля методом максимальной энтропии // Геомагнетизм и аэрономия. 1979. № 6. С. 1091–1096.

- Телье Е., Телье О.* Об интенсивности магнитного поля Земли в историческом и геологическом прошлом // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1959. № 9. С. 1296–1331.
- Филиппов С.В.* Применение методов градиентного спуска и регуляризации для определения параметров сигнала и тренда. 1985. Препринт. М.: ИзмирАН. № 57 (590). 9 с.
- Филиппов С.В., Ротанова Н.М.* Методика выделения и пространственно-временная структура 20-летних вариаций геомагнитного поля по данным мировой сети обсерваторий. Препринт № 3 (692). М.: ИЗМИРАН. 1987. 22 с.
- Bucha V.* Results of archaeomagnetic research in Czechoslovakia for the epoch from 4400 B.C. to the present // J. Geomagn. Geoelectr. 1965. V. 17. № 3–4. P. 407–412.
- Burakov K.S., Nachasova I.E.* Anomalous behavior of the geomagnetic field in the I-st thousand years B.C. // Geomagnetic field in Quaternary. Potsdam. 1990. № 62. P. 135–138.
- Chauvin A., Carcia Y., Lanos Ph., Laubenheimer F.* Paleointensity of the geomagnetic field recovered on archaeomagnetic sites from France // Phys. Earth Planet. In. 2000. V. 120. P. 111–136.
- Coe R.S.* The determination of paleointensities of the Earth's magnetic field with emphasis on mechanisms which could cause nonideal behavior in Thelliers' method // J. Geomag. Geoelectr. 1967. V. 19. P. 157.
- De Marco E., Spatharas V., Gormez-Paccard M., Chauvin A., Kondopoulou D.* New archaeointensity results from archaeological sites and variation of the geomagnetic field intensity for the last 7 millennia in Greece // Physics and Chemistry of the Earth. 2008. V. 33. P. 578–595.
- Folgheraiter G.* Ricerche sull'inclinazione magnetica all'epoca etrusca. Atti della Reale Accademia dei Lincei, Serrie Quinta. 1896. Roma.: Rendiconti. V. 5. 2-sem. P. 293–300.
- Folgheraiter G.* Recerche sulla variazione secolare dell'inclinazione magnetica tra il VII secolo a Cr. // Atti della Real Acad. dei Lincei, Ser V. 1899. Roma.: Rendiconti. V. 8. P. 8, 69–76, 121–129, 176–183, 270–275.
- Gallet Y., D'Andrea M., Genevey A., Pinnock F., Le Goff M., Matthiae P.* Archaeomagnetism at Ebla (Tell Mardikh, Syria). New data on geomagnetic field intensity variations in the Near East during the Bronze Age // Journal of Archaeological Science. 01/2014; V. 42. P. 295–304
- Gallet Y., Molist M., Genevey A., Garcia X.C., Thebault E., Gomez A., Le Goff M., Robert B., Nachasova I.* New Late Neolithic (c. 7000–5000 BC) archeointensity data from Syria. Reconstructing 9000 years of archeomagnetic field intensity variations in the Middle East // Phys. Earth Plan. Int. 2015. V. 328. P. 89–103.
- Genevey A., Gallet Y., Rosen J., Le Goff M.* Evidence for rapid geomagnetic field intensity variations in Western Europe over past 800 years from new archeointensity French data // Earth Plan. Sci. Lett. 2009. V. 284. P. 132–143.
- Gomez-Paccard M., Chauvin A., Lanos P., Thiriot J.* New archeointensity data from Spain and the geomagnetic dipole moment in western Europe over the past 2000 years // J. Geophys. Res. 2008. V. 113. B09103. doi:10.1029/2008 JB005582.
- Kovacheva M.* Summarized results of the archaeomagnetic investigations of the geomagnetic field variation for the last 8000 yr in south-eastern Europe // Geophys. J.R. Astr. Soc. 1980. V. 61. P. 57–64.
- Le Goff, Gallet Y.* A new three-axis vibrating sample magnetometer for continuous high-temperature magnetization measurements: applications to paleo- and archeointensity-determinations // Earth Plan. Lett. 2004. V. 229. P. 31–43.
- Merkanton P.L.* Sur l'inclinaison magnetique terrestre aux epoques prehistoriques // C.R. Ac. Sci. 1906. Paris. V. 143. P. 139–140.
- Nagata T., Arai Y., Momose K.* Secular variation of the geomagnetic total force during the last 5000 years // J. Geophys. Res. 1963. V. 68. P. 5277–5281.
- Rogers J., Fox J.M.W., Aitken M.J.* Magnetic anisotropy in ancient pottery // Nature. 1979. V. 277. № 5698. P. 644–646.
- Sakai H., Hirooka K.* Archaeointensity determinations from Western Japan // J. Geomagn. and Geoelectr. 1986. V. 38. № 12. P. 1323–1329.
- Schnepf E., Lanos P.* Archaeomagnetic secular variation in Germany during the past 2500 // Geophys. J. Int. 2005. V. 163. P. 479–490.
- Schnepf E., Lanos P.* A preliminary secular variation reference curve for archaeomagnetic dating in Austria // Geophys. J. Int. 2006. V. 166. P. 91–96.
- Tema E., Kondopoulou D.* Secular variation of the Earth's magnetic field in the Balkan region during the last 8 millennia based on archaeomagnetic data // Geophys. J. Int. 2011. V. 186. P. 603–614. doi: 10.1111/j.1365-246 X.2011.05088.x.
- Tema E., Gormez-Paccard M., Kondopoulou D., Almar Y.* Intensity of the Earth's magnetic field in Greece during the last five millennia: New data from Greek pottery // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2012. V. 202–203. P. 14–26.
- Walton D.* Geomagnetic intensities in Athens between 2000 BC and 400 AD // Nature. 1979. V. 277. P. 643–644.
- Wei Q.Y., Zhang W.X., Lie D.J., Aitken M.J. et al.* Geomagnetic intensity as determined from ancient Chinese pottery // Nature. 1987. V. 328. P. 330–333.
- Wilson M.A., Carter M.A., Hall C., Hoff W.D., Ince C., Savage S.D., McKay, Betts I.M.* Dating fired-clay ceramics using long-term power law rehydroxylation kinetics // Proc. R. Soc. A. 2009. P. 1–9. doi: 10.1098/rspa.2009.0117
- Zanani I., Batt C.M., Lanos P., Tarling D.H., Linford P.* Archaeomagnetic secular variation in the UK during the past 4000 years and its application to archaeomagnetic dating // Phys. Earth Planet. Inter. 2007. V. 160. P. 97–107.

Archaeomagnetic Studies at Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences: History and Main Results

I. E. Nachasova^{a,*} and O. V. Pilipenko^a

^aSchmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, 123242 Russia

**E-mail: inachasova@mail.ru*

Received May 7, 2018

The archaeomagnetic studies carried out at the Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IPE RAS) provided an important contribution to the international studies of the main magnetic field of the Earth for the past few thousand years. Extensive data on the intensity of geomagnetic field in the past 8000 years were obtained. Four most representative and long time series of the data have been constructed for Eurasia for the Iberian Peninsula, the Caucasus, Central Asia, and Siberia. Unique studies having no analogues in international research have been carried out into rapid variations in the geomagnetic field intensity with characteristic times starting from several tens of years. Based on the analysis of the international data on the ancient geomagnetic field, the spectrum of the variations in the geomagnetic field intensity with the periods ranging from decades to millennia was established and the characteristics of the variations whose superposition can describe the pattern of the changes of the geomagnetic field intensity were determined. It was found out that variations with different characteristic times have a differently directed drift, and the “main oscillation” with a characteristic time of 8000 years has an eastern drift.

Keywords: intensity, geomagnetic field, variations, archaeomagnetism