

УДК 550.383.32

НАПРЯЖЕННОСТЬ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАЙОНЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ В V–III ТЫС. ДО Н. Э.

© 2020 г. И. Е. Начасова¹, О. В. Пилипенко^{1,*}, Г. П. Марков¹, Н. Г. Недомолкина^{2,**}

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

²Вологодский государственный историко-культурный и художественный музей-заповедник, г. Вологда, Россия

*E-mail: pilipenko@ifz.ru

**E-mail: nedomolkina_ljv@mail.ru

Поступила в редакцию 12.12.2018 г.

После доработки 11.02.2019 г.

Принята к публикации 25.03.2019 г.

Получены данные о напряженности геомагнитного поля в V–III тыс. до н. э. в районе Русской равнины в результате археомагнитного исследования керамического материала археологического памятника Векса III ($\varphi = 59^{\circ}17' \text{ N}$, $\lambda = 40^{\circ}10' \text{ E}$). Рассмотрение совокупности данных, полученных по материалам памятников Векса III и Сахтыш I ($\varphi = 56^{\circ}48' \text{ N}$, $\lambda = 40^{\circ}33' \text{ E}$) показало, что в исследуемый временной интервал напряженность геомагнитного поля изменялась в основном в пределах 30–50 мкТл. На плавное изменение напряженности поля накладывается вариации продолжительностью примерно 1000 лет. Данные о напряженности геомагнитного поля, полученные для территории Русской равнины для временного интервала V–III тыс. до н. э., существенно увеличивают объем данных о напряженности поля для этого временного интервала, что позволяет улучшить представление о вариациях напряженности геомагнитного поля в древности.

Ключевые слова: напряженность геомагнитного поля, археомагнитные исследования.

DOI: 10.31857/S0002333720020076

ВВЕДЕНИЕ

Наибольшее количество данных о напряженности геомагнитного поля в последние тысячелетия получено для Евразии преимущественно для регионов, лежащих в широтном поясе 40–45° с.ш. Распределение данных по временной шкале неравномерно, большая часть определений напряженности геомагнитного поля относится к двум последним тысячелетиям. В связи с этим задача пополнения археомагнитной базы данных для временного интервала до нашей эры весьма актуальна. Увеличение объема данных о напряженности древнего геомагнитного поля в разных регионах и на разных временных интервалах приближает представления о закономерностях и особенностях вариаций геомагнитного поля к истине.

Данная работа является частью исследований, цель которых — получение информации о напряженности главного геомагнитного поля в европейской части России на временном интервале от V тыс. до н. э. до рубежа эр. Особый интерес представляет получение данных о напряженности геомагнитного поля для временных интервалов V–II тыс. до н. э., для которых данных о напряженности поля мало по сравнению с

другими временными интервалами [Начасова, 1998; Gallet et al., 2015; Tema, Kondopoulou, 2011; Tema et al., 2012]. Настоящая работа посвящена получению данных о напряженности геомагнитного поля в V–III тыс. до н. э. в районе Русской равнины.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ДАТИРОВАНИЕ

Комплекс многослойных неолитических поселений Векса расположен в бассейне реки Верхняя Сухона (Вологодская обл., ~17 км северо-восточнее от г. Вологда) [Недомолкина, 2000б]. Археологические памятники расположены вдоль левого берега р. Вологда при впадении в него небольшого притока реки Векса (рис. 1). Неолитическое поселение Векса III располагается в нижней части комплекса к востоку от устья р. Векса ($\varphi = 59^{\circ}17'$, $\lambda = 40^{\circ}10'$). Важность поселения Векса III связана с хорошо стратифицированной последовательно археологических слоев, мощность которых достигает трех метров и охватывает все периоды от раннего неолита до средневековья [Недомолкина, 2000а; б]. На поселении Векса III выделено девять стратиграфических культурных слоев, сре-

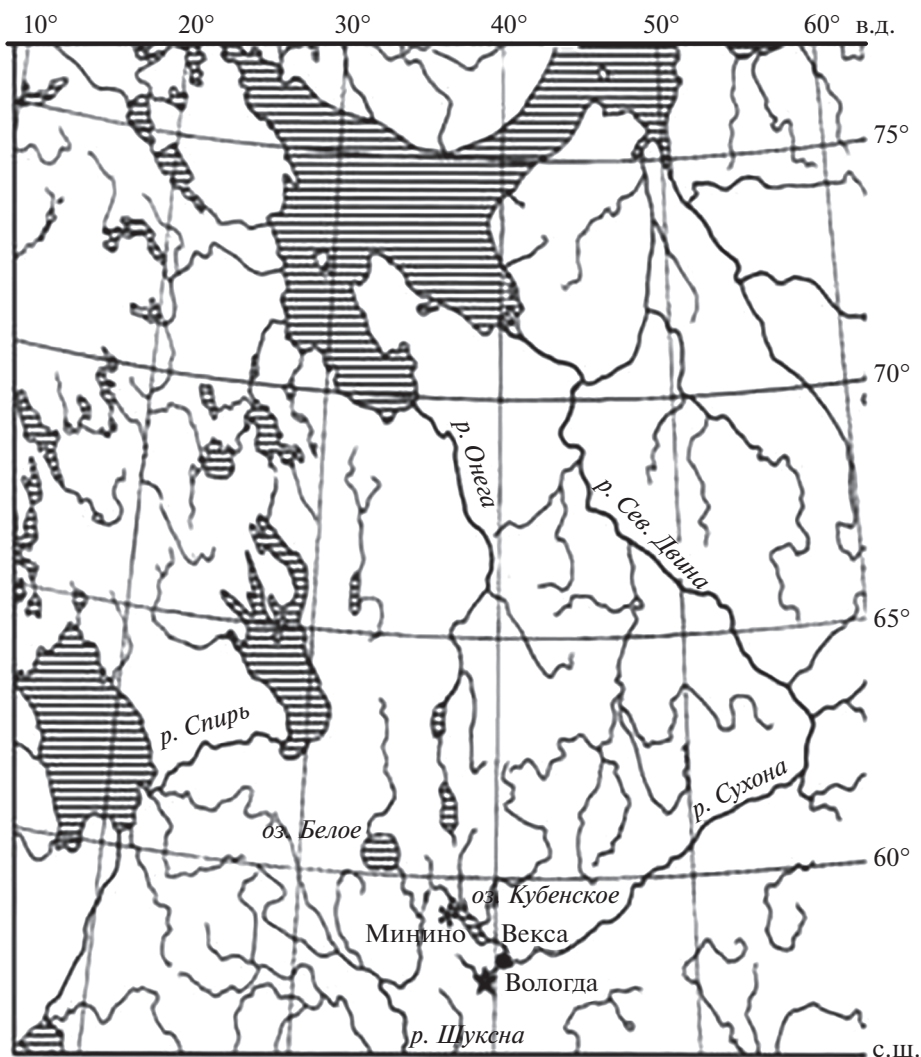


Рис. 1. Географическое местоположение комплекса неолитических поселений Векса.

ди которых пять соотносятся с неолитическим и энеолитическим периодами (рис. 2). Фрагменты керамики для проведения исследований были отобраны из этих культурных слоев.

По археологическим данным территория р. Верхняя Сухона начинает осваиваться в раннем неолите, в VI тыс. до н. э. В этот период складываются благоприятные условия для заселения ранее затопленной территории.

Датирование древней керамики, обжиг которой относится к временному интервалу до нашей эры, весьма затруднен. Археологическая датировка проводится по виду артефактов, типичных для разных этапов развития человеческих культур в определенном регионе. Разнообразные керамические комплексы позволяют выделять и проследить развитие археологических культур во времени. Радиоуглеродный анализ материалов из

слоев культурных отложений археологических памятников дает возможность получения независимой оценки возраста слоев культурных отложений археологических памятников для повышения достоверности археологической датировки накопления культурных отложений исследуемого памятника. Временная привязка полученных данных о напряженности геомагнитного поля делается на основании датировки исследованного керамического материала, сделанной археологами — исследователями археологического памятника.

Датирование керамического материала, исследованного в данной работе с целью получения данных о напряженности геомагнитного поля, было осуществлено с помощью результатов многолетних исследований комплекса материалов многослойных неолитических поселений Векса

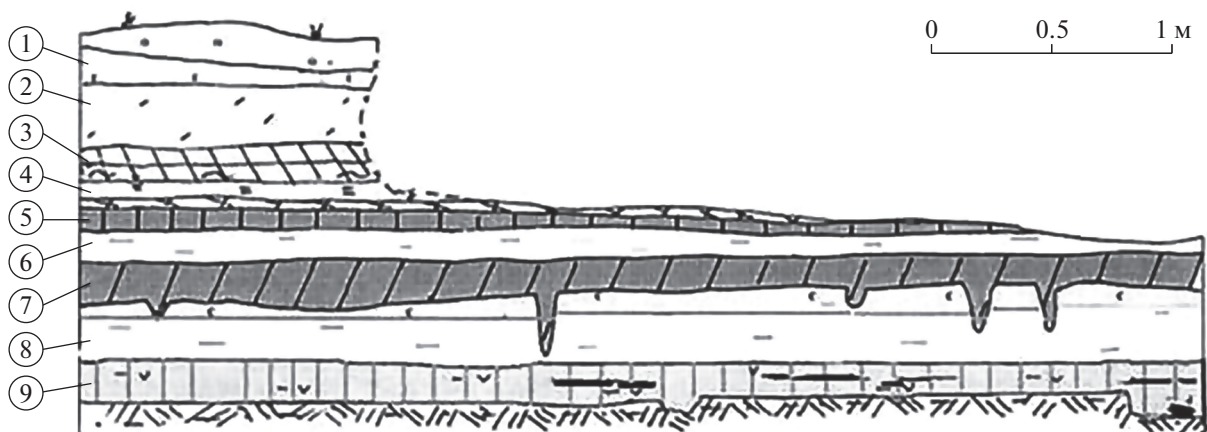


Рис. 2. Стратиграфия восточной стенки раскопа 2005 г. поселения Векса III с номерами культурных слоев.

[Недомолкина, 2000а; 2000б; 2004; Недомолкина, Пицонка, 2016].

Самый древний культурный слой 9 поселения Векса III залегает на глубине $\sim 1.9\text{--}3$ м от поверхности и содержит материал эпохи раннего неолита (рис. 2). Это подтверждено радиоуглеродным датированием по углю и почве $\sim 6950 \pm 150$ BP (Ле-5866), 6730 ± 150 BP (Ле-5864) [Недомолкина, Пицонка, 2016]. В это время в этом регионе получила распространение керамика верхне-волжской культуры.

Вышележащий слой 8 располагается на глубине $\sim 1.6\text{--}1.9$ м от поверхности. В нижней части слоя 8 содержится материал “второго гребенчатого комплекса”, для которого получен узкий диапазон дат по углю от 6220 ± 150 BP (Ле-5868) до $\sim 6200 \pm 170$ BP (Ле-5856), [Недомолкина, Пицонка, 2016]. На другом участке поселения в этом же слое на глубине $1.6\text{--}1.8$ м был выявлен слой с материалом, возраст которого определен по нагару на керамике 5843 ± 80 BP (SPb-1691) [Недомолкина, Пицонка, 2016]. Слой 8 морфологически слабо выражен и сильно нарушен вышележащим культурным слоем 7.

Слой 7 располагается на глубине $\sim 1.4\text{--}1.6$ м и приурочен к периоду развитого неолита. Неолитический комплекс представлен ямочно-гребенчатой керамикой, аналогичной так называемой керамике “северных” типов на стоянках Верхнего Поволжья (рис. 3). Наиболее вероятные даты слоя 7 с “северной” керамикой, определенные по нагару на керамическом материале, 5650 ± 150 BP (ГИН-10182) и 5700 ± 700 BP (Ле-5857) [Недомолкина, Пицонка, 2016].

Слой 6 располагается на глубине $1.3\text{--}1.4$ м. Материал слоя эпохи неолита представлен ямочной керамикой каргопольского комплекса. Радиоуглеродная дата для каргопольского комплекса

определена по почве с углями, $\sim 5220 \pm 320$ BP (ГИН-10180) [Недомолкина, Пицонка, 2016].

Слой 5 располагается на глубине $1.2\text{--}1.3$ м и датируется энеолитическим периодом с пористой керамикой типа Модлона-II, возраст которой определен радиоуглеродным методом по деревянным сваям как 4410 ± 35 BP (Poz-51486) – 4155 ± 35 BP (Poz-51484) и по нагару на керамике, как $\sim 5425 \pm 30$ BP (KIA – 33926) [Недомолкина, Пицонка, 2016]. Исследовался керамический материал из слоев 5–9 археологического памятника Векса-III (результаты представлены в таблице и на рис. 7).

МЕТОДЫ ПЕТРОМАГНИТНЫХ И АРХЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе петромагнитных и археоманитных исследований было изучено 58 фрагментов обожженной керамики, из которых были выпилены кубические образцы объемом ~ 1 см³. В зависимости от величины отобранного фрагмента керамики выпиливался один или два кубика. Всего было исследовано 88 образцов. Все эксперименты выполнялись в лаборатории “Главного геомагнитного поля и петромагнетизма” Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

На пилотной коллекции, состоящей из 31 фрагмента керамики, на магнитных весах Кюри (ОРИОН, Россия) был проведен терромагнитный анализ (ТМА) на воздухе по температурной зависимости магнитного момента $M(T)$ в постоянном магнитном поле ~ 0.4 Тл. Терромагнитный анализ представлял собою серию циклов пошаговых нагревов (с шагом 100°C) и охлаждения образцов в магнитном поле с целью выявления тех фрагментов керамики, у которых в результате нагрева происходит изменение состава ферромагнитной фракции, и определения точек Кюри об-

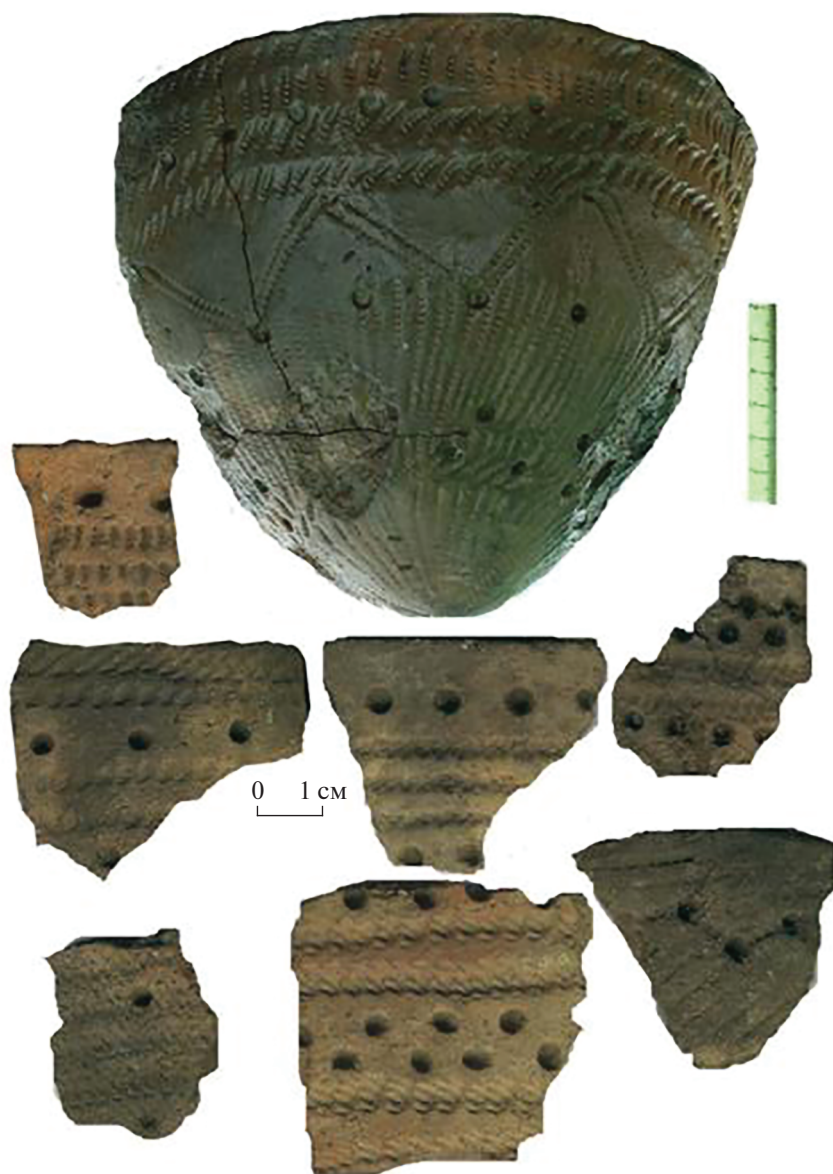


Рис. 3. Находки из слоя 7 поселения Векса III.

разцов, которые определялись по кривой последнего нагрева до 600°C (рис. 4).

Измерения остаточной намагниченности образцов проводились на магнитометре JR-6 (AGICO, Чехия), в трех ортогональных положениях вращения образца, чувствительность прибора $\sim 2.4 \times 10^{-6}$ А/м. Перед началом цикла нагревов были выполнены измерения естественной остаточной намагниченности (NRM). Весь эксперимент проводился по модифицированному методу Телье [Thellier, Thellier, 1959; Сое, 1967] с применением критериев, разработанных в работе [Сое et al., 1978]. Образцы нагревались в немагнитной печи ММТD80 (Magnetic Measurements, Великобритания), оста-

точное магнитное поле в которой не более 10 нТл. При охлаждении образцов в печи создавалось постоянное магнитное поле ($B_{\text{лаб}} = 50$ мкТл). Циклы нагрев–охлаждение без поля и нагрев – охлаждение в поле проводились от 150 до 550°C с шагом 50°C на всех образцах керамики. Для уменьшения влияния магнитной анизотропии образцы в печи выкладывались максимальной компонентой NRM параллельно направлению магнитного поля в печи. Для исключения влияния скорости охлаждения на приобретение термоостаточной намагниченности (TRM) образцы в печи остывали с естественной скоростью без включенного фена. По результатам измерений для каждого образца

строилась диаграмма Араи–Нагаты ([Nagata et al., 1963], рис. 5).

С учетом критериев, разработанных в работе [Сое et al., 1978], для расчета величины палеонапряженности древнего геомагнитного поля использовался прямолинейный участок диаграммы Араи–Нагаты, состоящий из не менее 4 точек, принадлежащих, как правило, температурному интервалу 200–450°C с шагом нагрева 50°C. В соответствии с рекомендациями в работе [Сое et al., 1978] низкотемпературный интервал, содержащий возможную вязкую компоненту намагниченности, и высокотемпературный интервал отсекались.

Для того чтобы контролировать возможные изменения в способности образца приобретать TRM при температурах проверки ниже температуры блокирования на всех образцах повторно создавались и измерялись так называемые pTRM check points при температурах 200, 300, 400 и 500°C [Paterson et al., 2014]. Те образцы, у которых отклонения значений pTRM check points превышали 10% от величины парциальной термоостаточной намагниченности pTRM на данном температурном шаге, исключались из дальнейшего исследования.

Также на образцах коллекции были проведены повторные нагревы без поля, так называемые, pTRM tail checks при температурах 150, 250, 350, 450 и 550°C для исключения возможных изменений в составе носителей намагниченности при температурах ниже температуры блокирования [Большаков, Щербакова, 1979; Riisager, Riisager, 2001; Щербаков, Щербакова, 2002]. Те образцы, у которых отклонения значений pTRM tail checks превышали 10% от величины остатка NRM на данном температурном шаге, также исключались из дальнейшего исследования.

Как правило, у исключенных из дальнейшего исследования образцов фрагментов керамики термомагнитные кривые $M(T)$ после ~200°C не были обратимы вследствие протекающих химических изменений. Пример диаграммы Араи–Нагата образца, продемонстрировавшего высокие значения отклонений pTRM check points и pTRM tail checks, и диаграмма термомагнитного анализа $M(T)$ приведены на рис. 6. Как видно из рис. 6б, величина M заметно уменьшается в ходе нагрева в силу магнетоминералогических изменений, протекающих в образце при нагреве, поэтому данный фрагмент керамики не участвовал в оценке палеонапряженности.

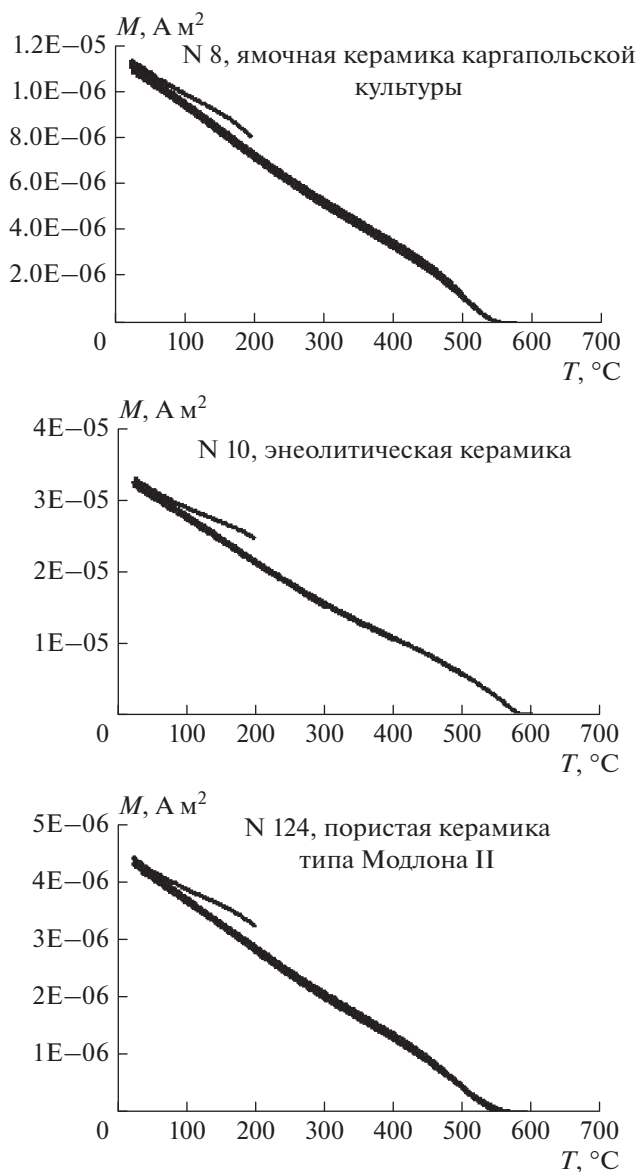


Рис. 4. Результаты термомагнитного анализа по зависимости магнитного момента в поле от температуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕТРОМАГНИТНЫХ И АРХЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как правило, кривые $M(T)$ имеют вид, представленный на рис. 4. Обычно вязкая компонента намагниченности снималась до 200°C. После нагрева до 200°C кривые $M(T)$ были обратимы. На кривой последнего нагрева, образцов присутствует единственная точка Кюри $T_c \sim 550\text{--}580^\circ\text{C}$, по-видимому, отвечающая магнетиту. Точки Кюри исследуемых образцов после нагрева практически не смещаются, что говорит о стабильности образцов к нагревам.

В результате проведенных исследований получены данные о напряженности геомагнитного

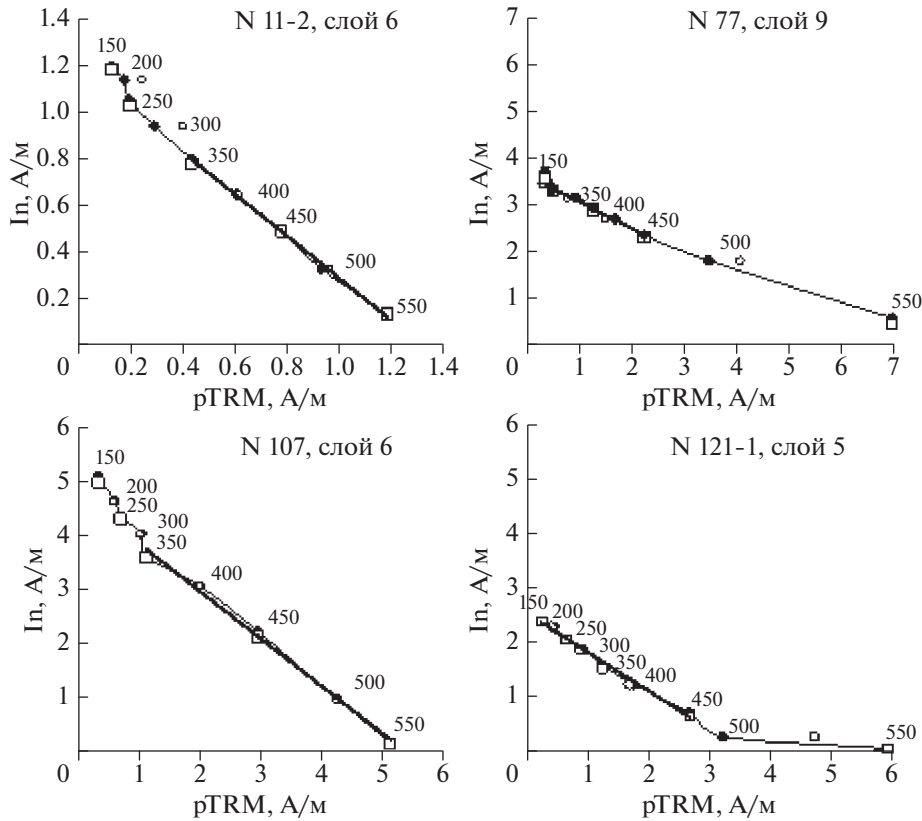


Рис. 5. Диаграммы Араи–Нагаты: ● – обозначены результаты исследований по модифицированному методу Телье; ○ – pTRM check point; □ – pTRM check tail. Цифры около символов обозначают температуры нагрева.

поля, записанного в 88 образцах керамики, найденной в археологическом памятнике Векса III, которая датируется V–III тыс. до н. э. После применения критериев “pTRM check point” и “pTRM tail check” и исключения образцов, не удовлетворяющих вышеупомянутым критериям, к рассмотрению было принято 61 определение напряженности древнего геомагнитного поля (табл. 1). Полученные определения напряженности геомагнитного поля располагаются в пределах ~30–50 мкТл. Среднее значение напряженности геомагнитного поля – ~40 мкТл.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разброс единичных определений резко увеличивается в четвертой четверти V тыс. до н. э., свидетельствуя о быстром изменении напряженности геомагнитного поля в этом временном интервале, появляются отдельные высокие значения напряженности поля до 65 мкТл (рис. 7). Общая картина изменения напряженности геомагнитного поля в V–III тыс. до н. э. – повышение в V тыс. до н. э. и понижение в IV тыс. до н. э. Значение, полученное для второй половины III тыс.

до н. э., также пониженное. По материалу, отнесенному к 2000 г. до н. э., получено более высокое значение палеонапряженности. На плавное изменение напряженности поля накладываются вариации, продолжительность которых можно оценить примерно в 1000 лет.

Рассмотрение совокупности данных о напряженности геомагнитного поля в районе Русской равнины, полученных в результате исследования керамического материала памятника Векса III и памятника Сахтыш I ($\varphi = 56^{\circ}48' N$, $\lambda = 40^{\circ}33' E$) [Начасова и др., 2018], расположенного на той же долготе, но примерно на 250 км южнее, показало хорошее согласие картин изменения напряженности поля во времени (рис. 7). Таким образом, данные о напряженности геомагнитного поля, полученные для двух районов Русской равнины, расположенных практически на одной и той же долготе и близких по широте, свидетельствуют о наличии плавного изменения напряженности поля в интервале V–III тыс. до н. э., на которое накладывается вариация, продолжительностью примерно 1000 лет. Вариации такой продолжительности отмечаются в изменении напряженности поля

на протяжении последних восьми тысячелетий во всех районах Евразии [Начасова, 1998].

Полученные данные о напряженности геомагнитного поля могут быть использованы для уточнения временной привязки керамического материала, который археологически датируется в широких пределах. Так все единичные определения, полученные по материалу памятника Векса III, датированному интервалом 3200 ± 300 гг. до н. э., ниже 40 мкТл, среднее значение составляет 31.4 ± 3.3 мкТл. Все определения напряженности поля, полученные по материалу, датированному 3300 ± 100 гг. до н. э., выше 40 мкТл. На этом основании можно сделать вывод, что столь широкая датировка не отражает действительную величину временного интервала, к которому относится момент обжига материала, а связана с ошибкой датирования. Среднее значение, полученное по широко датированному материалу, близко к значению 33.5 ± 10.6 мкТл, полученному по ямочно-гребенчатой керамике памятника Сахтыш I, отнесенному к временному интервалу 3050 ± 100 гг. до н. э., но ошибка определения значительно меньше, что позволяет заключить, что временной интервал, в котором был изготовлен материал памятника Векса III с широкой датировкой, может быть даже уже, чем 200 лет, и в соответствии с картиной изменения напряженности поля может быть отнесен к 3050 ± 50 гг. до н. э. (рис. 7).

Мировые данные об изменении напряженности геомагнитного поля в последние восемь тысячелетий, полученные для Евразии [Начасова, 1998; Начасова, Акимова, 2015; Начасова и др., 2015; Gallet et al., 2015; Kovacheva, 1980, Kovacheva et al., 2009] показали, что картина изменения напряженности поля, в основном, имеет похожие черты. “Основное” колебание имеет характерное время около восьми тысячелетий. Минимум “основного” колебания приходится на временной интервал V–III тыс. до н. э. Максимальных значений напряженность поля достигает на временном интервале I тыс. до н. э. – рубеж эр. На “основное” колебание накладываются колебания разной продолжительности.

Анализ рядов данных о напряженности геомагнитного поля показал, что изменение напряженности поля может быть аппроксимировано суперпозицией ряда дрейфующих волн различных периодов и с разным направлением дрейфа (западным и восточным) [Начасова, 1998]. Это говорит о том, что общая картина изменения напряженности геомагнитного поля изменяется с долготой. Прямое сопоставление данных о напряженности геомагнитного поля для эпох, весьма удаленных от современности, полученных для различных по долготе районов, в настоящее время не дает возможности сделать обоснованный

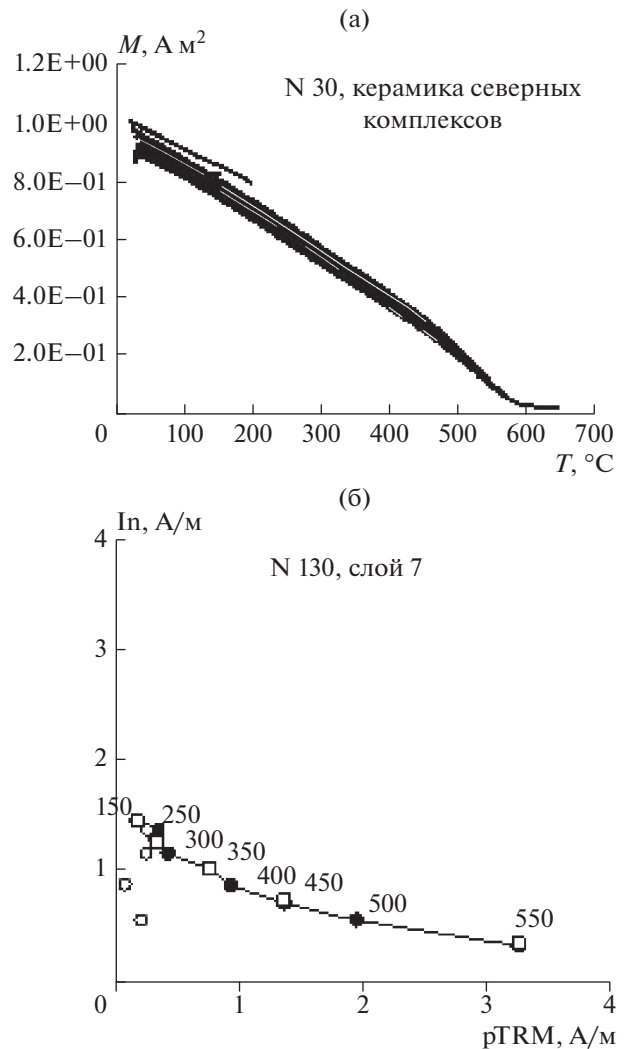


Рис. 6. Диаграмма Арай–Нагата (а) и диаграмма термомагнитного анализа для образца фрагмента керамики, не участвовавшего в оценке палеонапряженности. Условные обозначения соответствуют рис. 5.

вывод о причинах возможных расхождений в картинах изменения напряженности поля в связи с особенностью изменения картины напряженности геомагнитного поля, а также недостаточным объемом материалов, что приводит к неравномерности расположения исследованного материала (а, следовательно, и данных о напряженности поля) на временной шкале, и с недостаточной точностью датировок. На данном этапе необходимо увеличивать объем данных, полученных для эпох до нашей эры.

На рис. 8 представлены данные, полученные по материалам памятников Русской равнины и Кавказа [Бураков, Начасова, 1988]. Пределы датировок полученных данных не показаны, так как это затруднило бы восприятие картины изменения напряженности поля. Ошибки датировки ма-

Таблица 1. Результаты определения геомагнитного поля по фрагментам керамики неолитического поселения Векса III

Характеристика керамики	№ образцов	Дата t до н.э., годы	$\pm \Delta t$, годы	B , мкТл	$\pm \sigma$, мкТл
Самая древняя неолитическая ямочно-гребенчатая керамика верхневолжской культуры, слой 9	35, 44	–4800	100	40.4	1.1
Древняя неолитическая керамика, слой 9	77,81, 83, 85, 86	–4600	100	37.7	4.2
Керамика с гребенкой с добавлением дресвы, слой 9	36, 40, 46, 66, 70	–4400	100	38.0	4.4
Толстостенная керамика, слой 9	41, 42, 43	–4100	100	41.8	12.2
Гребенчатая керамика культуры льялово, слой 8	9 _{1,2} , 9а, 32 _{1,2}	–4000	150	34.4	3.9
Ямочно-гребенчатая керамика “северных” типов, слой 7	95, 100, 101, 102, 104, 106, 107, 109	–3800	200	41.5	6.6
Ямочная керамика каргапольской культуры, слой 6	8 _{1,2} , 11 _{1,2}	–3300	100	47.7	3.8
Пористая керамика типа Модлона –II, слой 6	16 _{1,2}	–3250		39.9	3.4
Ямочная керамика Каргапольской культуры, слой 6	29 _{1,2} , 132, 133	–3220	320	31.4	3.3
Энеолитическая керамика, слой 5	10 _{1,2}	–3000		36.3	3.2
Пористая керамика культуры Модлона -II, слой 5	119 _{1,2} , 120 _{1,2} , 121 _{1,2} , 122 _{1,2} , 123 _{1,2} , 124 _{1,2} , 125 _{1,2} , 126 _{1,2} , 127, 130, 131	–2283	163	31.0	1.4
Асбестовая керамика, слой 5	6 _{1,2}	–2000		42.8	0.3

териала памятников Грузии составляют от ± 50 до ± 300 лет. Сопоставление картины изменения напряженности геомагнитного поля, полученной для Русской равнины, с имеющимися данными для Кавказа обнаруживает хорошее согласие во временном интервале IV–начало III тыс. до н. э. Некоторое расхождение в начале V тыс. до н. э. скорее всего связано с тем, что определение, по материалу, датированному 5000 ± 100 гг. до н. э., полученное для Кавказа, может относиться к несколько более раннему временному интервалу, на котором напряженность поля была выше [Начасова, 1998; Gallet et al., 2015], (рис. 8). По данным, полученным для Кавказа, в III тыс. до н. э. происходят быстрые изменения напряженности поля, особенно резкие в середине тысячелетия. В четвертой четверти III тысячелетия напряженность геомагнитного поля существенно возрастает. Изменение напряженности поля по всем полученным данным лежит примерно в одних пределах, повышение напряженности поля происходит в районе конца V, конца IV и конца III тыс. до н. э., на

временном интервале IV–середина III тыс. до н. э. средний уровень напряженности поля изменяется мало.

К тому же долготному сектору, в котором находятся археологические памятники Векса III и Сахтыш I, относится Сирия. В результате исследования керамического материала археологического памятника Халула ($\varphi = 36^{\circ}25' N$, $\lambda = 38^{\circ}10' E$, Сирия) были получены данные о напряженности геомагнитного поля VII–VI тыс. до н. э. [Gallet et al., 2015]. Данных о напряженности поля в V тыс. до н. э. для территории Ближнего Востока нет. Для IV тыс. до н. э. получено очень небольшое количество определений. Используя данные о напряженности геомагнитного поля для Сирии и Русской равнины, можно получить картину изменения напряженности геомагнитного поля в VII–IV тыс. до н. э. На рис. 9 представлены значения виртуального аксиального дипольного момента VADM по данным о напряженности геомагнитного поля по материалам археологического памятника Халула в

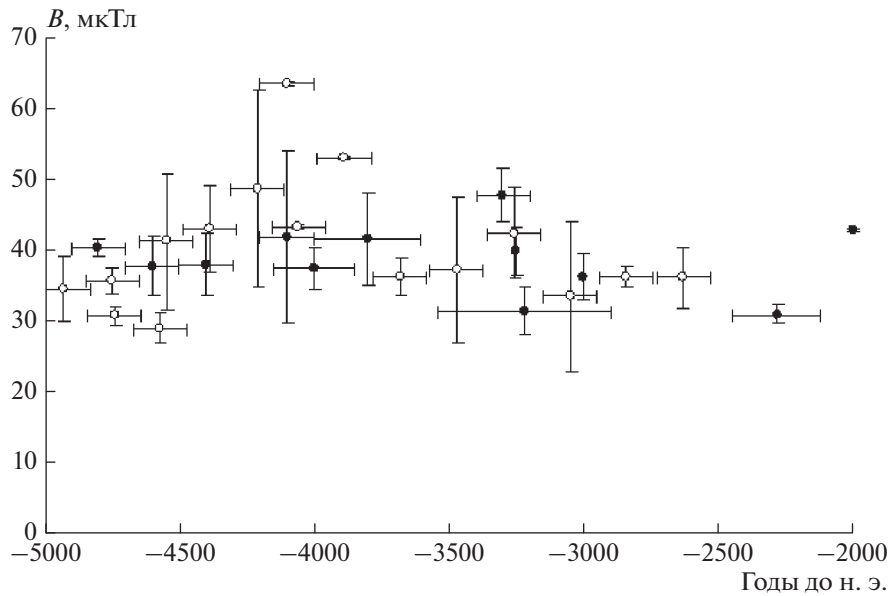


Рис. 7. Значения напряженности геомагнитного поля: вертикальные линии – среднеквадратичные ошибки определения напряженности геомагнитного поля; горизонтальные линии – ошибки определения возраста; черными кружками обозначены данные, полученные по материалу памятника Векса III; полыми кружками – по материалу памятника Сахтыш I [Начасова и др., 2018].

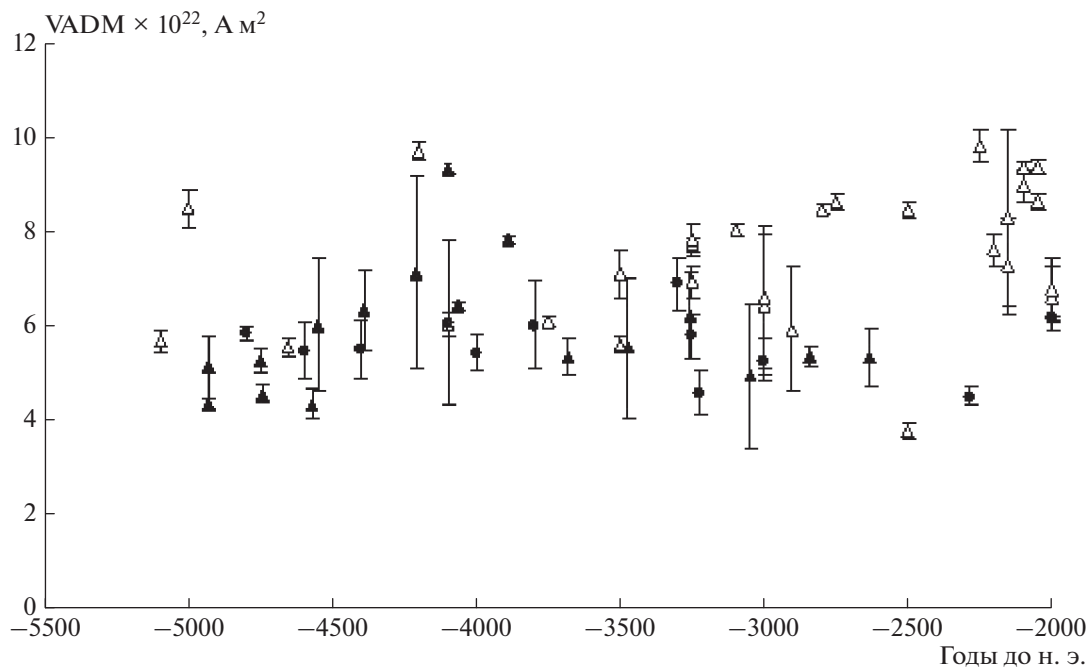


Рис. 8. Значения виртуального аксиального дипольного момента VADM: вертикальные линии – среднеквадратичные ошибки определения VADM; черными кружками обозначены данные, полученные по материалу памятника Векса III; черными треугольниками – по материалу памятника Сахтыш I [Начасова и др., 2018]; полыми треугольниками – по материалу памятников Грузии [Бураков, Начасова, 1988].

Сирии (полые кружки), осредненные по временным интервалам, величина которых указана горизонтальными линиями, и значения для Русской равнины (залитые кружки), полученные в

результате осреднения определений по материалам археологических памятников Русской равнины (Векса III и Сахтыш I) на 200-летних временных интервалах, для которых есть определения по

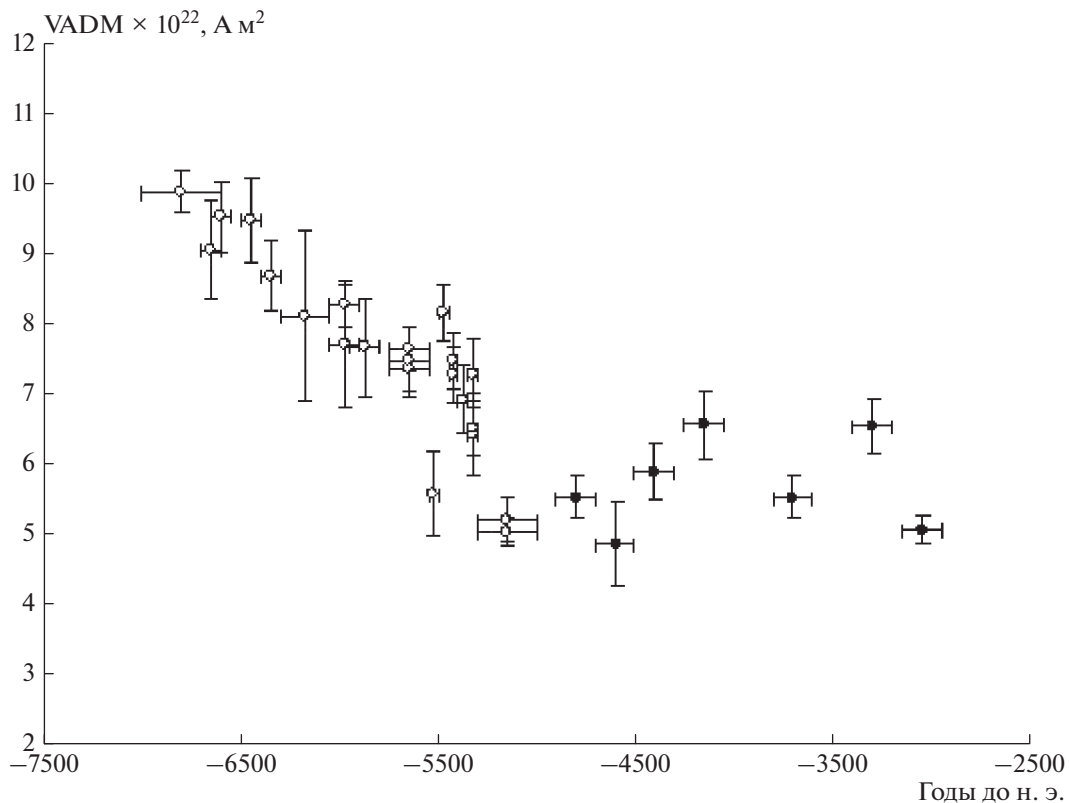


Рис. 9. Значения виртуального аксиального дипольного момента VADM с ошибкой определения возраста и среднеквадратичной ошибкой определения VADM: черными кружками обозначены значения VADM, полученные в результате осреднения определений по материалам археологических памятников Русской равнины (Векса III и Сахтыш I), отнесенных к одним и тем же 200-летним временным отрезкам; серыми кружками обозначены значения VADM, полученные по материалу памятника Халула, Сирия [Gallet et al., 2015].

материалам обоих памятников. Вертикальными линиями показаны среднеквадратичные ошибки определений

Характер вариаций напряженности поля практически одинаков на всем протяжении четырех тысячелетий. На основное плавное изменение напряженности геомагнитного поля накладываются вариации, характерное время которых можно оценить примерно в 1000 лет, что согласуется с результатами исследований, проведенных ранее для более позднего периода, указывая на стабильность вариаций с этим характерным временем [Начасова, 1998]. В районе рубежа VI–V тысячелетий меняется направление основного изменения напряженности поля. Основной тенденцией в VII–VI тысячелетиях является уменьшение напряженности поля, а в V–IV тысячелетиях средний уровень напряженности поля меняется мало.

Данные о напряженности геомагнитного поля, полученные для территории Русской равнины для временного интервала V–III тыс. до н. э., существенно увеличивают объем данных о напряженности поля для этого временного интервала,

позволяя подтвердить стабильность вариаций на всех этапах длиннопериодного (“основного”) колебания, определить временной интервал смены тренда изменения напряженности геомагнитного поля, повысить достоверность представления об амплитуде “основного” колебания напряженности поля. Средний уровень напряженности поля в рассматриваемый временной интервал примерно в два раза меньше, чем средний уровень в максимуме 8-тысячелетнего колебания.

ВЫВОДЫ

Получены данные о напряженности геомагнитного поля в районе Русской равнины в V–III тыс. до н. э. в результате исследования керамического материала археологического памятника Векса III. Рассмотрение совокупности данных, полученных по материалам памятников Русской равнины Векса III и Сахтыш I, показало, что в исследуемый временной интервал напряженность геомагнитного поля изменялась в основном в пределах 30–50 мкТл, вариации проходили на фоне относительно мало меняющегося среднего уровня напряженности

поля. Данные о напряженности геомагнитного поля, полученные для двух районов, имеющих близкие координаты, свидетельствуют о наличии плавного изменения напряженности поля в интервале V—III тыс. до н. э., на которое накладывается вариация продолжительностью примерно 1000 лет. Вариации такой продолжительности отмечаются в изменении напряженности поля на протяжении последних восьми тысячелетий во всех районах Евразии.

Данные о напряженности геомагнитного поля, полученные для территории Русской равнины для временного интервала V—III тыс. до н. э., существенно увеличивают объем данных о напряженности поля для этого временного интервала, позволяя, уточнить временной интервал, на который приходится минимум “основного” колебания напряженности поля.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 16-05-00378 и государственного задания ИФЗ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Большаков А.С., Шербакова В.В.* Термомагнитный критерий определения доменной структуры ферромагнетиков // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1979. № 2. С. 38–47.
- Бураков К.С., Начасова И.Е.* Изменение интенсивности геомагнитного поля на территории Грузии в V—III тысячелетиях до н. э. // Геомагнетизм и аэрономия. 1988. № 6. С. 1033–1035.
- Начасова И.Е.* Характеристики вариаций напряженности геомагнитного поля по археомангнитным данным. Реферат дис. докт. физ.-мат. наук. ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН. 1998. 65 с.
- Начасова И.Е., Бураков К.С., Пилипенко О.В.* Вариации напряженности геомагнитного поля в Сибири в последние тринадцать тысячелетий // Физика Земли. 2015. № 1. С. 46–53.
- 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., Пилипенко О.В., Марков Г.П., Грибов С.К., Цетлин Ю.Б.* Напряженность геомагнитного поля в неолите в центре Русской равнины // Геомагнетизм и аэрономия. 2018. Т. 58. № 3. С. 1–10.
- Недомолкина Н.Г.* Поселение Векса III (Устье-Вологодское III). Традиции в контексте русской культуры. 2000а. Вып. IV. Череповец: ЧГПИ. С. 3–5.
- Недомолкина Н., Пицонка Х.* Регион Верхней Сухоны в раннем и среднем неолите по результатам радиоуглеродной хронологии (по материалам поселений Векса I, Векса III). Радиоуглеродная хронология эпохи неолита Восточной Европы VII—III тысячелетия до н. э. / Сост. Зайцева Г.И., Лозовская О.В., Выборнов А.А., Мазуркевич А.Н. Смоленск: Свиток. 2016. 456 с.
- Недомолкина Н.Г.* Многослойное поселение Векса. Тверской археологический сборник. 2000б. Вып. 4. Т. 1. Тверь: Тверской объединенный гос. музей. С. 277–283.
- Недомолкина Н.Г.* Неолитические комплексы поселения Векса и Векса III бассейна Верхней Сухоны и их хронология / В.И. Тимофеев, Г.И. Зайцева (ред.). Проблемы хронологии и этнокультурных взаимодействий в неолите Евразии (хронология неолита, особенности культур и неолитизация регионов, взаимодействия неолитических культур в Восточной и Средней Европе). СПб.: ИИМК РАН. 2004. С. 265–279.
- Шербаков В.П., Шербакова В.В.* О зависимости ошибок определения палеонаправлений от доменной структуры ферромагнитных зерен горных пород // Физика Земли. 2002. № 5. С. 57–64.
- Coe R.S.* Paleointensities of the Earth's magnetic field determined from tertiary and quaternary rocks // J. Geophys. Res. 1967. V. 72. P. 3247–3262.
- Coe R.S., Gromme S., Mankinen E.A.* Geomagnetic paleointensity from radiocarbon -dated flows on Hawaii and the question of the Pacific nondipole low // J. Geophys. Res. 1978. V. 83. № B4. P. 1740–1756.
- 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. 238. P. 89–103.
- 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.
- Kovacheva M., Boyadziev Y., Kostadinova-Avramova M., Jordanova N., Donadini F.* Updated archaeomagnetic data set of the past 8 millenia from the Sofia laboratory, Bulgaria // Geochem. Geophys. Geosyst. 2009. V. 10. <https://doi.org/10.1029/2008GC002347>
- Nagata T., Arai Y., Momose K.* Secular variation of the geomagnetic total force during the last 5000 years // J. Geophys. Res. 1963. V. 68. № 18. P. 5277–5281.
- Paterson G.A., Tauxe L., Biggin A.J., Shaar R., Jonestrask L.C.* Standard Paleointensity Definitions. 2014. V. 1.0. 43 p. https://earthref.org/PmagPy/SPD/DL/SPD_v1.0.pdf
- Riisager P., Riisager J.* Detecting multidomain magnetic grains in Thellier palaeointensity experiments // Phys. Earth Plan. Int. 2001. V. 125. P. 111–117.
- Tema E., Gomez-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 // Phys. Earth and Plan. Int. 2012. V. 202–203. P. 14–26.
- Tema E., Kondopoulou D.* Secular variation of the Earth's magnetic field in the Balkan region during the last 8 millenia based on archaeomagnetic data // Geophys. J. Int. 2011. V. 186. P. 603–614. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2011.05088x>
- Thellier E., Thellier O.* Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique // Ann. Geophys. 1959. V. 15. P. 285–378.

Geomagnetic Field Strength in the Region of the Russian Plain in V to III Millennia B.C.

I. E. Nachasova^a, O. V. Pilipenko^{a,*}, G. P. Markov^a, and N. G. Nedomolkina^{b,**}

^a*Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, 123242 Russia*

^b*Vologda State Historical, Cultural and Art Museum-Reserve, Vologda, 160035 Russia*

**e-mail: pilipenko@ifz.ru*

***e-mail: nedomolkiny_ljv@mail.ru*

Received December 12, 2018; revised February 11, 2019; accepted March 25, 2019

The data on the geomagnetic field strength in the V–III millennia B.C. in the region of the Russian Plain are obtained by the archaeomagnetic study of the ceramic material from Veksa III archaeological site ($\varphi = 59^{\circ}17' \text{ N}$, $\lambda = 40^{\circ}10' \text{ E}$). The analysis of the total data obtained from the material of the Veksa III and Sakhtysh I sites ($\varphi = 56^{\circ}48' \text{ N}$, $\lambda = 40^{\circ}33' \text{ E}$) has shown that in the time interval under study, the geomagnetic field strength mainly varied within 30 to 50 μT . The smooth change in the strength of the field is superimposed by a variation which lasted approximately 1000 years. The determinations of the geomagnetic field strength obtained for the territory of the Russian Plain for the time interval from V to III millennia B.C. significantly expand the data on the field strength for this time interval, which makes it possible to improve understanding of the variations in the strength of the ancient geomagnetic field.

Keywords: geomagnetic field strength, archaeomagnetic studies.