

Изследване магнетизма на археологически структури. Практически указания при работа на терен

Мария Костадинова-Аврамова ^{a*}, Мери Ковачева ^b

^a Институт по геофизика, геодезия и география, Българска академия на науките, ул. Академик Г. Бончев, бл. 3, София 1113; miki4740@abv.bg

^b Институт по геофизика, геодезия и география, Българска академия на науките, ул. Академик Г. Бончев, бл. 3, София 1113; marykov@abv.bg

* Автор за кореспонденция

Study of the magnetism of archaeological structures. Fieldwork practical guidance

Maria Kostadinova-Avramova ^{a*}, Mary Kovacheva ^b

^a National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str., bl.3, 1113 Sofia, Bulgaria; miki4740@abv.bg

^b National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev Str., bl.3, 1113 Sofia, Bulgaria; marykov@abv.bg

* Corresponding author

ABSTRACT

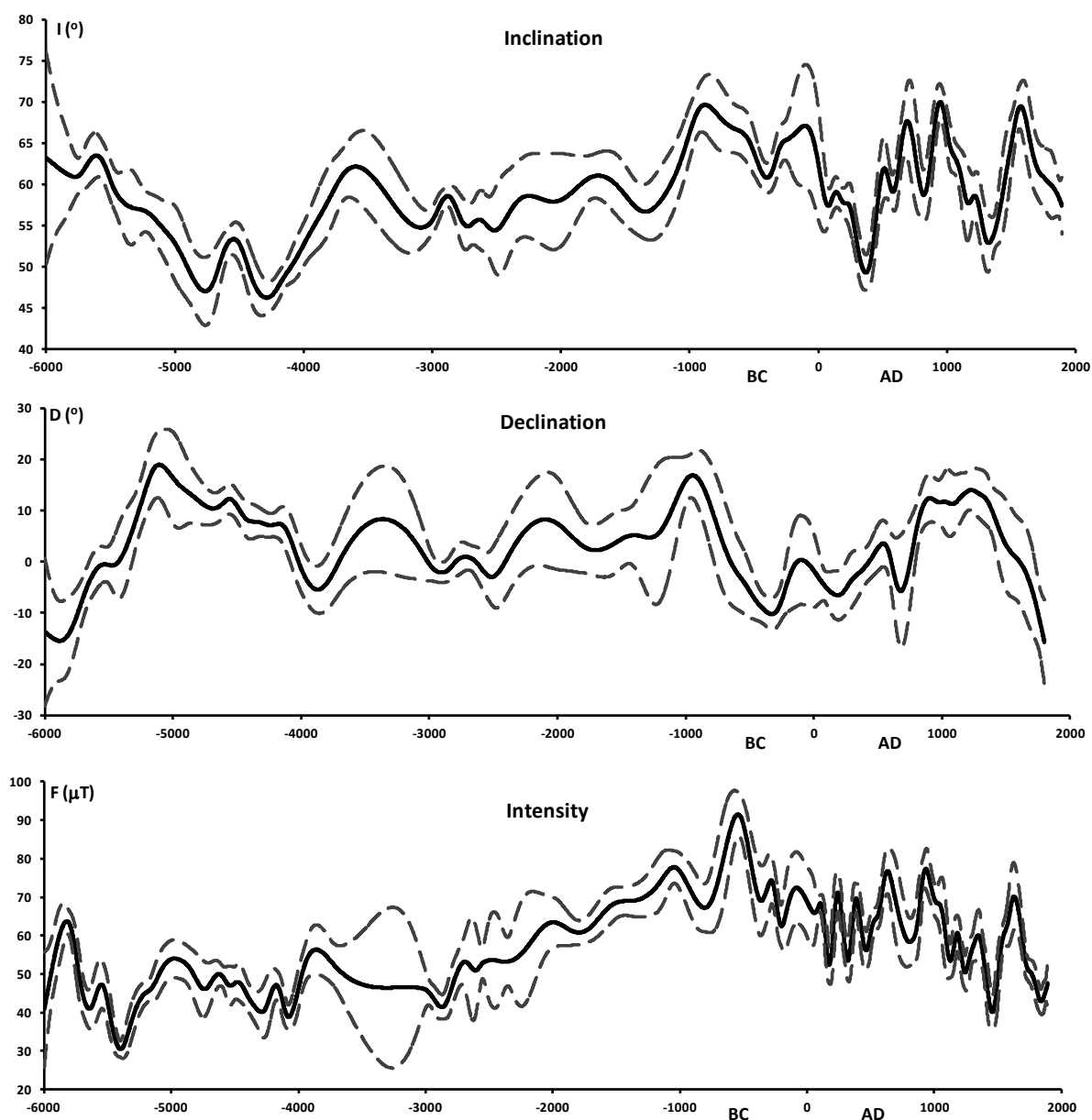
The application of archaeomagnetic method as a dating tool in archaeology has intensified considerably in the last few years. The successful use of archaeomagnetic methodology depends on different factors and many efforts have been made for their clarification. Sampling is the first stage of each archaeomagnetic study. The careful selection and accurate orientation of the collected materials in the field are crucial for the obtained archaeomagnetic results. That is why detailed description of the fieldwork techniques used in Palaeomagnetic laboratory in Sofia is given and the advantages and disadvantages of the different baked clay types of materials are summarized.

KEYWORDS

archaeomagnetism, fieldwork, dating

Археомagnetизмът е геофизичен метод, чиято основна задача е проследяването на измененията на земното магнитно поле (ЗМП) през различните исторически епохи. Тази информация е незаменима, тъй като не би могла да бъде получена чрез използване на други методи. Тя е от изключително значение за геофизиката при създаването на различни модели, свързани с произхода и поведението на магнитното поле на Земята. Във всяка точка от пространството, ЗМП може да се опише като вектор, характеризиращ се с големина и посока. Този вектор напълно се определя от три елемента – инклинация (I), деклинация (D) и интензитет (F), които биха могли да бъдат възстановени, чрез археомagnetното изследване на различни артефакти от изпечена глина.

Археомagnetизмът се основава на факта, че при изпичането на глината и изсти-



Обр. 1. Криви на времевите вариации за трите геомагнитни елемента за територията на България

Fig. 1. Secular variations curves of the three geomagnetic field elements for Bulgaria

ването ѝ в присъствието на слабо магнитно поле (каквото е земното) се създава т. нар. термоостатъчна намагнитеност, която носи информация за посоката и големината на магнитното поле, в което е станало придобиването ѝ. Археомагнитното изследване на голям брой археологически останки от изпечена глина за дадена територия, които имат известна датировка, води до натрупването на археомагнитна база данни. Тази база данни позволява да бъдат изработени т. нар. реперни криви за съответната територия, които представляват локален запис на времевите изменения на елементите на ЗМП (права задача на археомагнетизма). Наличието на археомагнитни реперни криви от друга страна, дава възможност за определянето на абсолютната възраст на новоразкрити археологически структури, което е обратната задача на археомагнетизма (Kovacheva *et al.* 2004, 1463-1479; Kostadinova, Kovacheva 2008, 511-522; Ben-Yosef *et al.* 2010, 7-9; Aidona, Kondopoulou 2011 839-842; Herve *et al.*, 2011, 153-154; Prevosti *et al.*

2013, 2696-2700; Casas *et al.* 2014, 861-864; Kostadinova-Avramova *et al.* 2014, 44-47). Точността на абсолютното археомагнитно датиране зависи както от точността на получаваните експериментални резултати (т. е. точността, с която са определени елементите на ЗМП по структурата за датиране), така и от точността на използваните за датирането реперни криви. Очевидно е, че колкото по-добре са дефинирани реперните криви, толкова по-точни ще бъдат получаваните археомагнитни датируеми интервали. Това налага едно непрекъснато обновяване и доуточняване на археомагнитните бази данни. Важно е да се отбележи, че ширината на получаваните археомагнитни датируеми интервали зависи също така и от скоростта на изменение на елементите на ЗМП в засегнатия период – колкото по-бърза е вариацията на тези елементи, толкова по-тесен археомагнитен датируем интервал би могъл да се получи и обратно.

Основно предимство на българските реперни криви е, че те обхващат и трите геомагнитни елемента и за момента това е най-дългият локален ред от археомагнитни определения в света (обр. 1). Този ред покрива почти непрекъснато последните 8000 години, като и трите геомагнитни елемента са определени от един и същ материал (Kovacheva 1980, 57-64; Kovacheva, Kanarchev 1986, 1297-1310; Kovacheva 1997, 145-151; Kovacheva *et al.* 1998, 413-460; 2009, 1-6; 2014, 79-94). Трябва да се отбележи, че все още има периоди, които са недобре изучени, поради малкото изследвани чрез археомагнитния метод обекти, както и такива, които се нуждаят от допълнително доизясняване и доуточняване, поради противоречия в експерименталните данни, свързани най-вече с неточности на подадените археологически датировки. Именно това е причина за широките канали на грешките, които се виждат на места по времевата скала на обр. 1.

Предпочитаните материали за археомагнитни изследвания са различни съоръжения от изпечена глина, които са намерени *in situ*, т. е. такива, които не са били разместени след последното им опалване в древността. От тях могат да бъдат определени и трите геомагнитни характеристики (инклинация, деклинация и интензитет), което е предпоставка за получаването на по-точни археомагнитни датируеми интервали, в сравнение със случаите, когато са използвани един или два геомагнитни елемента.

На второ място могат да бъдат използвани тухли, които при положение, че са включени в конструкцията на пещ, могат да се разглеждат като материали *in situ*. Трябва да се има предвид, че ако температурите, достигани в пещта, са били по-ниски от температурата, развивана по време на производството на тухлите, в тях ще бъде запечатана информация за двата момента от време – на тяхното производство и на последното използване на пещта. Това може значително да повлияе на археомагнитното изследване и да го усложни. Ако тухлите са били включени в строежа на негорели конструкции, в най-добрия случай позволяват определянето на два от елементите на ЗМП – инклинация и интензитет. Определянето на инклинацията е възможно единствено, при условие че предварително е известно положението на тухлата по време на изпичането ѝ по отношение на вертикалата – условие, което не винаги е изпълнимо. Други недостатъци на тухлите са, че независимо към кой от двата случая се отнасят, върху археомагнитните резултати могат да окажат влияние два фактора – магнитна анизотропия и скорост на изстиване. Това изисква провеждане на допълнителни анализи и въвеждане на корекции върху получените археомагнитни определения.

На трето място могат да се използват глинени съдове, керамични плочки и керемиди. Аналогично на тухлите, при известно положение на изпичане на тези мате-



Обр. 2. Избиране на участъци от опробваната структура, от които да се вземат образци най-подходящи за археомагнитно изследване
Fig. 2. Selecting sections of the sampled structure from which the most appropriate samples for archaeomagnetic study should be taken



Обр. 3. Оформяне на гипсови площадки върху предварително избраните участъци.
Fig. 3. Shaping of gypsum plasters over the pre-selected areas



Обр. 4. Хоризонтиране на гипсовите площадки с помощта на либели
Fig. 4. Leveling the gypsum plasters

Обр. 5. Ориентиране на образците с помощта на магнитен компас

Fig. 5. Orientation of the samples using a magnetic compass



Обр. 6. Ориентиране на образците с помощта на слънчев компас

Fig. 6. Orientation of the samples using a sun compass



Обр. 7. Нанасяне на подробно описание в полевия дневник

Fig. 7. Detailed description in the field-log





Обр. 8. Внимателно отделяне на образците заедно с ориентираните замазки

Fig. 8. Removing of the samples together with the oriented gypsum plasters

риали по отношение на вертикалата биха могли да бъдат определени древната инклинация и интензитет, а в противен случай – само древния интензитет.

За целите на археомагнитното изследване могат да бъдат използвани и камъни от древните огнища и пещи, при условие че същите съдържат в себе си магнитни минерали.

Особено място заемат обектите, които са били подложени на вторично обгаряне – пожари. При опожаряването се унищожават следите на ЗМП от времето на изработване на материала, който при повторното си изстиване запечатва следите на ЗМП от времето на пожара. Такива обекти са особено неблагоприятни при решаване на правата задача на археомагнетизма, освен, ако не се знае точното време на опожаряване на обекта. При решаването на обратната задача на археомагнетизма подобни обекти дават възможност за датиране на пожар в миналото или времето на възстановяване на обекта.

Събирането на образците е изключително важен етап от археомагнитното изследване, тъй като точността при определянето на посоката на древното магнитно поле до голяма степен зависи от прецизната ориентация по време на полевата работа, а получаването на достоверен резултат за палеоинтензитета – от избирането на подходящи за тази цел образци. Методиката, утвърдена в Палеомагнитната лаборатория в София (Ножаров, Ковачева-Ножарова 1967, 62-64), по която става събирането на ориентирани образци за изследване, включва следните процедури:

- Внимателно се избират местата, от които ще се събират образците – те трябва да са видимо добре обгорели, без пукнатини, с минимален наклон и с възможно най-голяма дебелина на обгорелия пласт (обр. 2). От тези места трябва да е възможно да се открият парчета с размери около 500 куб. см.

- Върху избраните места се правят хоризонтални гипсови площадки с помощта на плексигласова плочка, върху която са разположени две либели, перпендикулярни една на друга (обр. 3-4).

- Образците се ориентират с помощта на магнитен компас, като се внимава в момента на ориентирането в близост (на няколко метра от компаса) да няма големи железни предмети (колички, лопати, кирки, чукове и др.). За да се избегне влияние-

обект	Изследван материал	I (°)	D (°)	α_{95} (°)	N_{DIR}/N_{0DIR}	Fa (μT)	σ (μT)	N_{PI}/N_{0PI}
Обект 16 Шарков чифлик	Жилищни мазилки	59.7	9.9	2.9	16/23	40.89	2.23	5/5
Обект 14 с.Мурсалево	Жилищни мазилки	49.1	355.6	2.9	15/18	30.58	2.73	4/5
Чавдарова чешма	Жилищни мазилки и домакинска пещ	56.4	0.7	2.4	25/31	37.94	2.92	7/7

Таблица 1. Археомангнитни резултати за обект 16 (Шарков чифлик); обект 14 (Мурсалево) и Чавдарова чешма. Обозначения: I – получената средна стойност на магнитната инклинация в градуси; D – получената средна стойност за магнитната деклинация в градуси; α_{95} – оценка на точността, с която е определена посоката на древното геомагнитно поле; N_{DIR}/N_{0DIR} – брой приети към общия брой резултати за посоката; Fa – определена средна стойност за големината на древното геомагнитно поле в микротесла със съответната грешка (стандартно отклонение) – σ ; N_{PI}/N_{0PI} – брой приети към общия брой проведени експерименти, по които е определен древният интензитет

Table 1. Archaeomagnetic results for Site 16 (Sharkov chiflik); Site 14 (Mursalevo) and Chavdarova cheshma. Abbreviations: I – the determined mean value for the magnetic inclination in degrees, D – the determined mean value for the magnetic declination in degrees; α_{95} – accuracy assessment of the determined direction of the ancient geomagnetic field; N_{DIR}/N_{0DIR} – number of the accepted results in relation to the total number of directional results; Fa – the determined mean absolute value for intensity of the ancient geomagnetic field in microtesla with the corresponding error (standard deviation) – σ ; N_{PI}/N_{0PI} – number of the accepted results in relation to the total number of the experiments performed for the archaeointensity determination

то на самите образци върху компаса, той се издига с помощта на плексигласова или дървена рамка на 15-20 см над тяхната повърхност. Прието е посоката на магнитния меридиан да се означава с червена стрелка (обр. 5).

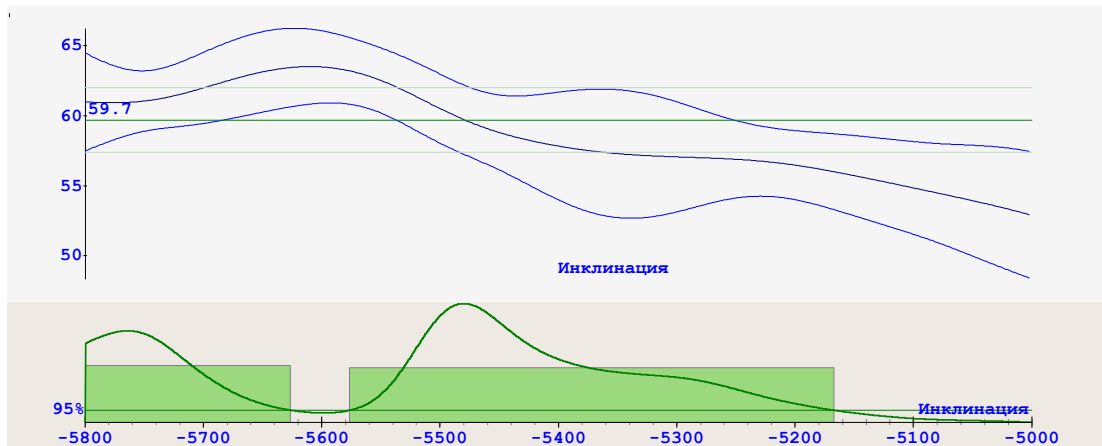
- Всеки образец се ориентира и с помощта на слънчев компас, като се маркира сянката на слънцето (със синя стрелка) в точно определен и записан час. Това се използва по-късно за поправка на магнитната деклинация на мястото и с цел да се избегне влиянието на локални магнитни аномалии (обр. 6).

- Така ориентираните образци се номерират и надписват. Прието е образците, събирани от обекти на възраст от преди новата ера (BC) да се означават с букви и цифри (обикновено се използва първата буква от името на обекта), а тези от обекти след новата ера (AD) – само с цифри.

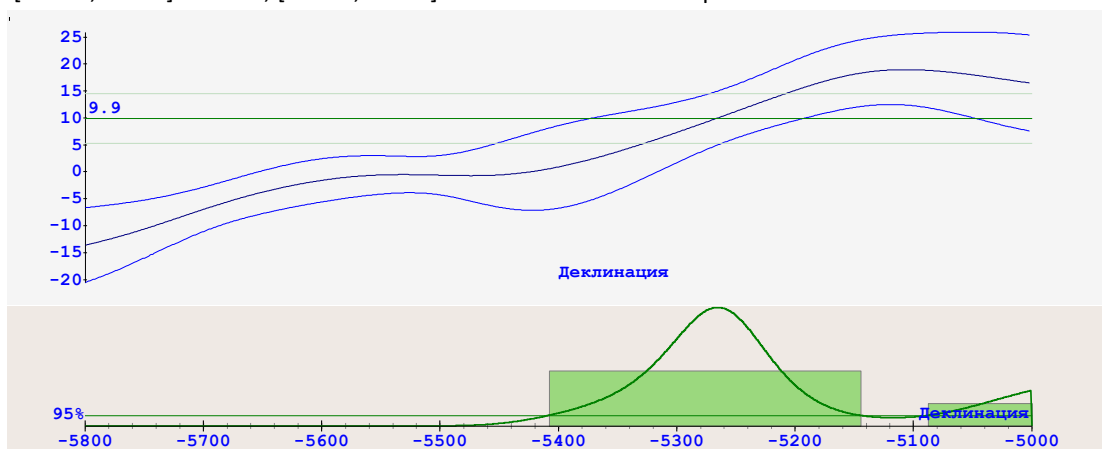
- Прави се скица на опробвания участък с местоположението на образците в полевия дневник (обр. 7).

- Ако повърхността на огнището има видим наклон, то той се измерва и записва в полевия дневник. Много често изследваните огнища имат наклон по посока на входа им, който се смята за естествен от археолозите. В някои случаи, когато наклонът е значителен, е трудно да се прецени дали той не е получен впоследствие, което би довело до значителна грешка при определянето на посоката на древното геомагнитно поле.

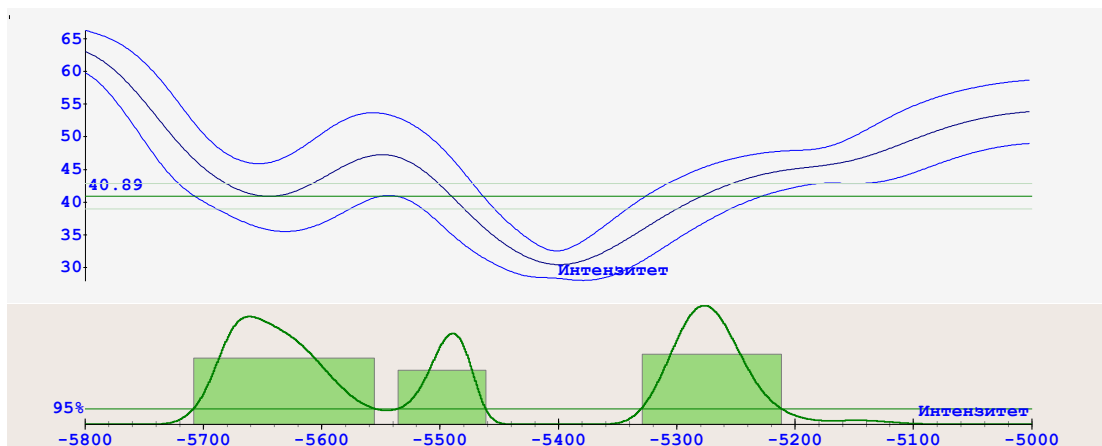
- След като образците са ориентирани и всичко е добре описано в полевия дневник, те се отделят от замазката с помощта на чук и длето, като се внимава да не се



[-5800 ; -5627] с 29.1%; [-5576 ; -5168] с 65.9% плътност на вероятността



[-5407 ; -5145] с 83.7%; [-5087 ; -5000] с 11.3% плътност на вероятността



[-5708 ; -5556] с 43.2%; [-5535 ; -5462] с 16.9% и [-5329 ; -5212] с 35% плътност на вероятността

Обр. 9. Сравнение на получените за обект 16 (Шарков чифлик) археомагнитни резултати (Таблица 1): инклинация, деклинация и интензитет със съответните реперни криви за България през неолитния период

Fig. 9. Comparison of the obtained archaeomagnetic results for Site 16 (Sharkov chflik) given in Table 1: inclination, declination and intensity with the corresponding Bulgarian reference curves for the Neolithic period

отлепи гипсовата площадка, и се завиват в мека хартия (обр. 8).

- В много случаи събраните образци не са добре изпечени и консолидирани и се налага импрегнирането им с водно стъкло в лабораторията, за да се избегне опасността от разтрошаването им по време на различните лабораторни процедури.

- От всеки независимо ориентиран къс се нарязват от три до осем куба с размери $2 \times 2 \times 2$ см, върху които е пренесена посоката на магнитния север, взета на обекта.

При събирането на образци, които са тухли от древни постройки трябва да се съблюдава следното:

- Тухлите да се вземат от такива места на постройката, за които е абсолютно сигурно, че не са преизползвани през следващите епохи.

- Да се вземат само такива тухли, за които е сигурно, че не са опожарявани или ако са били опожарени, да се знае времето, когато е станало това и археомагнитните резултати ще се отнасят към този момент.

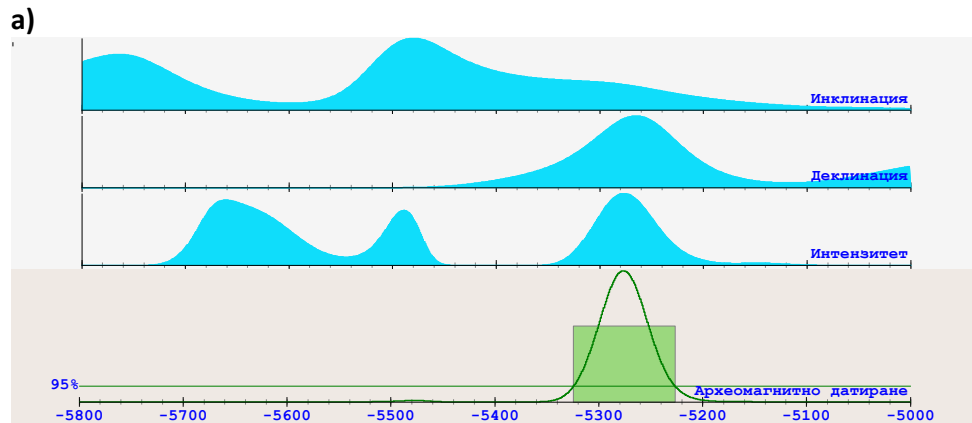
- Да се вземат предимно правоъгълни тухли, за които с възможно най-голяма сигурност се предполага, че по време на изпичането им са били разположени по посока на дългото си ребро, за да може да определи инклинацията на древното геомагнитно поле. Квадратните, секторните и тухлите с други форми могат да се използват само за определяне на древния интензитет, тъй като за тях не е известно как са били поставени при изпичането и определянето на древната инклинация е несигурно.

За успешното прилагане на археомагнитния метод, нашата препоръка към колегите археолози е, че ако дадена структура не може да бъде опробвана своевременно, то би било добре тя да бъде покрита. Продължителното излагане на материала на различни климатични въздействия може да доведе до промени в минералогията, а в последствие и до трудности при археомагнитното ѝ изследване. Колективът на Палеомагнитната лаборатория към НИПТГ се надява да получава своевременно информация за разкрити потенциални структури (особено огнища или пещи), за да продължи детайлизирането на реперните вариационни криви за страната ни, по които се провежда датирането.

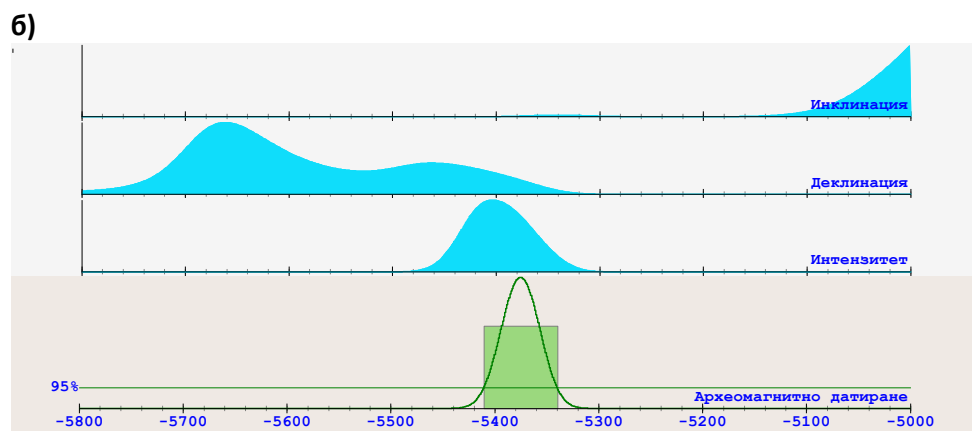
Възможностите на археомагнитния метод за абсолютно датиране са демонстрирани за три различни археологични обекта – Обект 16 (Шарков чифлик, гр. Кочериново) с ръководител на разкопките Румен Спасов (Спасов, Петков 2015, 54-56); Обект 14 (с. Мурсалево, м. Герена) с ръководител на разкопките Веселина Вандова (Вандова и др. 2015, 51-53) и Чавдарова чешма (гр. Симеоновград) с ръководител на разкопките Явор Бояджиев (Бояджиев и др. 2015, 70-72). Трите обекта се отнасят към късния неолит, което дава възможност да се види как тези обекти се съпоставят във времето.

Получените археомагнитни резултати за трите неолитни обекта са систематизирани в таблица 1, от която ясно се вижда, че за обектите Шарков чифлик и Чавдарова чешма са определени много близки стойности и за трите геомагнитни елемента, докато стойностите от Обект 14 (с. Мурсалево) се различават. Това показва, че най-вероятно Шарков чифлик и Чавдарова чешма са съществували по едно и също време, т.е. те са синхронни помежду си, но не са едновременни с обект 14 (с. Мурсалево). Следователно, само въз основа на получените археомагнитни резултати за стойностите на геомагнитните характеристики, може да се направи относително датиране (синхронизиране) на археологически обекти от една и съща култура без използването на реперни криви.

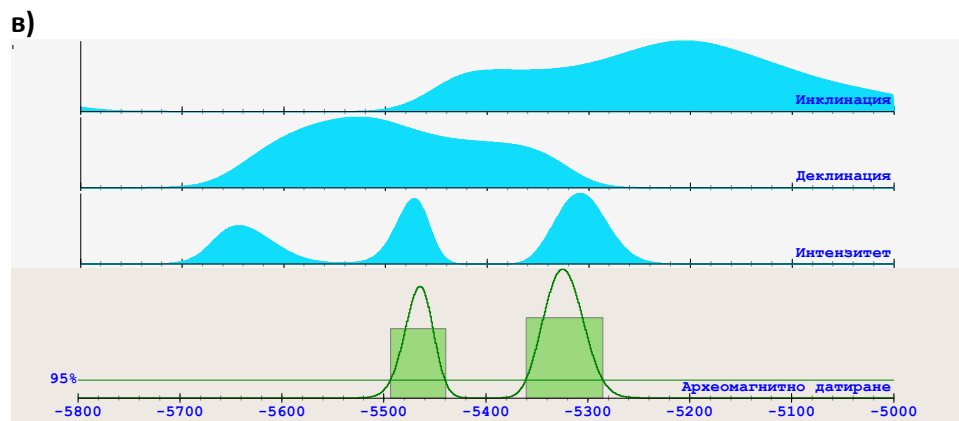
Абсолютното археомагнитно датиране включва два етапа. Първият етап е да се определят датируемите интервали по всички получени геомагнитни характеристики



Обект 16 (Шарков чифлик): [-5324 ; -5227] с :95.1% плътност на вероятността



Обект 14 (Мурсалево): [-5410 ; -5340] а :95.1% плътност на вероятността



Чавдарова чешма: [-5493 ; -5440] с 36.3%; [-5360 ; -5286] с 58.8% плътност на вероятността

Обр. 10. Окончателно археоманитно датиране на: а) обект 16 (Шарков чифлик); б) обект 14 (Мурсалево) и в) Чавдарова чешма след комбиниране на всички получени датируеми интервали за инклинацията, деклинацията и интензитета

Fig. 10. Final archaeomagnetic dating of: a) Site 16 (Sharkov chiflik); b) Site 14 (Mursalevo) and c) Chavdarova cheshma after the combination of the obtained dating intervals for the inclination, declination and intensity

ки. За целта определената стойност за всеки един геомагнитен елемент се съпоставя с вариационната му крива за съответния период (в случая неолит)(обр. 9 – използвана е последната версия на REN_DATE_MODEL, Lanos, 2004). Така определените датирани интервали са резултат от пресичането на получените в хода на археомагнитното изследване стойности на елементите на древното геомагнитно поле с вариационните криви. На обр. 9 хоризонталните плътни линии са получените стойности, а експерименталните им неточности са по-тънките хоризонтални линии. В получените датирани интервали освен експерименталните неточности се включва и неточността на вариационната крива. От обр. 9 се вижда, че за обект 16 (Шарков чифлик) са получени по два възможни датирани интервала за магнитната инклинация и деклинация и три – за големината на древното геомагнитно поле, което много ясно показва нееднозначността на решението при използването само на един геомагнитен елемент.

Вторият етап от датирането се състои в окончателното определяне на най-вероятния интервал от време, в който изследваните структури са били опалени в древността за последен път. За намирането на този интервал е необходимо да се съпоставят (комбинират) определените от първия етап многобройни датирани интервали за всички геомагнитни елементи (обр. 10). По този начин са получени следните окончателните датирани интервали за трите изследвани неолитни обекта:

- Обект 16 (Шарков чифлик): (5324–5227) ВС с 95.1% плътност на вероятността;
- Обект 14 (с. Мурсалево): (5410–5340) ВС с 95.1% плътност на вероятността;
- Чавдарова чешма: (5493–5440) ВС с 36.3% и (5360–5286) ВС с 58.8% плътност на вероятността.

В случаите, когато се получават повече от един възможни археомагнитни датирани интервали, археологическите данни са определящи за приемането или отхвърлянето им. За обекта Чавдарова чешма, вторият датирани интервал, който е определен с по-голяма плътност на вероятността, е по-вероятен съгласно археологическите съобщения. Достоверността на този интервал е потвърдена по независим път от факта, че той е много близък до този, определен за обект 16 (Шарков чифлик)(обр. 10), който, според получените археомагнитни резултати (таблица 1), най-вероятно е синхронен на обекта Чавдарова чешма.

Освен за относително и абсолютно датирание, археомагнитният метод може да се използва и за категорично доказване дали дадена структура е била опробвана и съответно разкрита в положението, в което е била използвана и горяла в древността, както и за определяне на максималните температури, достигани при изпичането на изследваните материали.

Успешното развитие на археомагнитните изследвания в България се дължи до голяма степен на отзивчивостта на археологическата колегия от цялата страна за събирането на многобройните колекции, въз основа на които са установени вариациите на геомагнитните елементи в миналото.

Благодарности

Това изследване е частично финансирано по Договор № ДФНИ-К-02/13 към Фонд „Научни изследвания“. Авторите изказват своята благодарност на всички археолози, които предоставиха възможност за събирането на изследваните материали.

Цитирана литература

- Бояджиев, Я., Андонова, А., Петров, В., Бояджиев, К. 2015. Обект „Чавдарова чешма“, Симеоновград. *Археологически открития и разкопки през 2014 г.* София, 70-72.
- Вандова, В., Мешеков, Ю., Спасов, Р., Анастасова, Е., Миткова, Р., Стефанова, Т., Тодоров, В., Атанасова-Тимева, Н., Гълъбова, Б., Боев, З. 2015. Спасителни археологически разкопки в м. Герена при с. Мурсалево. *Археологически открития и разкопки през 2014 г.* София, 51-53.
- Ножаров, П. Ковачева-Ножарова, М. 1967. Датиране на археологически обекти по археомагнитен метод. *Археология*, 2, 2-64.
- Спасов, Р., Петков, В. 2015. Спасителни археологически разкопки на обект No 16 АМ „Струма“, Лот 2, км 351+780 – км 351+970. *Археологически открития и разкопки през 2014 г.* София, 54-56.
- Aidona, E., Kondopoulou, D. 2012. First archaeomagnetic results and dating of Neolithic structures in northern Greece. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 56, 827-844.
- Ben-Yosef, E., Tauxe, L., Levy T.E. 2010. Archaeomagnetic dating of copper smelting site F2 in the Timna Valley (Israel) and its implications for the modeling of ancient technological developments. *Archaeometry*, 52.6, 1110-1121.
- Casas, L., Prevosti, M., Fouzai B., Álvarez, A. 2014. Archaeomagnetic study and dating at five sites from Catalonia (NE Spain). *Journal of Archaeological Science*, 41, 856-867.
- Herve, G., Schnepf, E., Chauvin, A., Lanos, Ph. and Nowaczyk, N., 2011. Archaeomagnetic results on three Early Iron Age salt-kilns from Moyenvic (France). *Geophysical Journal International*, 185.1, 144-156.
- Kostadinova, M., Kovacheva, M. 2008. Case study of the Bulgarian Neolithic Archaeological Site of Piperkov Chiflik and its archaeomagnetic dating. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 511-522.
- Kostadinova-Avramova, M., Lesigynski, D., M., Kovacheva, M. 2014. Archaeomagnetic study of two medieval ovens discovered in the Pliska Palace, North-eastern Bulgaria. *Bulgarian e-Journal of Archaeology*, 4.1, 35-50.
- Kovacheva, M. 1976. Archaeomagnetic Investigations of some Prehistoric sites in Bulgaria. *Archaeometry*, 18.1, 99-106.
- Kovacheva, M. 1980. Summarized results of the archaeomagnetic investigations of the geomagnetic field variation for the last 8000 years in South-Eastern Europe. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 61, 57-64.
- Kovacheva, M. 1997. Archaeomagnetic database from Bulgaria: the last 8000 years. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 102, 145-151.
- Kovacheva, M. 1995. Bulgarian archaeomagnetic studies. In D. Bailey, D., Panajotov, I. (eds.) *Prehistoric Bulgaria* (Monographs in World Archaeology 22), Madison, Wisconsin: Prehistory Press, 209-224.
- Kovacheva, M., Kanarchev, M. 1986. Revised archaeointensity data from Bulgaria. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, 38, 1297-1310.
- Kovacheva, M., Jordanova, N., Karloukovski, V. 1998. Geomagnetic field variation as determined from Bulgarian archaeomagnetic data. Part II: the last 8000 years. *Surveys in Geophysics*, 19, 413-460.
- Kovacheva, M., Hedley, I., Jordanova, N., Kostadinova, M., Gigov, V. 2004 Archaeomagnetic dating of archaeological sites from Switzerland and Bulgaria. *Journal of Archaeological Science*, 31, 1463-1479.

- Kovacheva, M., Boyadziev, Y., Kostadinova-Avramova, M., Jordanova, N., Donadini, F. 2009. Updated archeomagnetic dataset of the past 8 millennia from the Sofia laboratory, Bulgaria, *Geochemistry Geophysics Geosystems (G3)* 10, Q05002 (doi:10.1029/2008GC002347)
- Kovacheva, M., Kostadinova-Avramova, M., Jordanova N., Lanos, Ph., Boyadzhiev, Y. 2014. Extended and Revised Archaeomagnetic Database and Secular Variation Curves from Bulgaria for the Last Eight Millennia. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 23, 79-94.
- Lanos Ph. 2004. Bayesian inference of calibration curves, application to archaeomagnetism (Chapter 3). In Buck C.E., Millard A.R. (eds.) *Tools for Constructing Chronologies, Crossing Disciplinary Boundaries* (Lecture Notes in Statistics, 177), London: Springer, 43-82.
- Prevosti, M., Casas, L., Francesc R.P., Fouzai, B., Álvarez, A., Pitarch, À. 2013. Archaeological and archaeomagnetic dating at a site from the ager Terraconensis (Tarragona, Spain): El Vila-sec Roman pottery. *Journal of Archaeological Science*, 41, 856-867.

Study of the magnetism of archaeological structures. Fieldwork practical guidance

Maria Kostadinova-Avramova, Mary Kovacheva

(summary)

The application of archaeomagnetic method as a dating tool in archaeology has intensified considerably in the last few years. The successful use of archaeomagnetic methodology depends on different factors and many efforts have been made for their clarification. Sampling is the first stage of each archaeomagnetic study. The careful selection and accurate orientation of the collected materials in the field are crucial for the obtained archaeomagnetic results. That is why detailed description of the fieldwork techniques used in Palaeomagnetic laboratory in Sofia is given and the advantages and disadvantages of the different baked clay types of materials are summarized. The capabilities of the archaeomagnetic dating method are demonstrated by three different archaeological sites belonging to the Late Neolithic period – Site 16 (Sharkov chiflik), Site 14 (Mursalevo) and Chavdarova cheshma. The obtained archaeomagnetic dating intervals for the represented sites are: Site 16 (Sharkov chiflik) – (5324–5227) BC; Site 14 (Mursalevo) – (5410–5340) BC and Chavdarova cheshma – (5493–5440) BC, (5360–5286) BC. According to the archaeological evidence the second dating interval has to be considered as the most probable for the site Chavdarova cheshma. This is independently confirmed by the obtained archaeomagnetic results, which pointed that Site 16 (Sharkov chiflik) and Chavdarova cheshma are contemporary. Other applications of the study of the magnetism of archeological structures made of baked clay are indicated.