

METODA ARHEOMAGNETICĂ ȘI DATAREA SITURILOR ARHEOLOGICE

DE

CORNELIA—MAGDA MANTU

Printre metodele moderne de datare în arheologie, arheomagnetismul se bucură de un loc aparte, chiar dacă cercetările în acest domeniu au demarat mai greu și au fost mai lipsite de spectaculos, în comparație cu alte metode, ca de pildă, radiocarbonul.

În domeniul arheomagnetismului, o contribuție deosebită a adus-o prof. E. Thellier prin activitatea desfășurată pe o perioadă de peste 40 de ani. Pe baza cercetărilor sale s-a ajuns la concluzia că, arheomagnetismul se bazează pe principiul fizic că un corp ars păstrează după răcire caracteristicile magnetice ale mediului în care a avut loc arderea, adică înregistrează intensitatea și direcția cîmpului magnetic respectiv (al pămîntului) ¹.

Același cercetător a constatat că valorile caracteristicilor cîmpului magnetic terestru, intensitate și direcție (înclinație și declinație), nu sînt constante nici în timp și nici în spațiu.

În legătură cu variațiile în timp ale cîmpului magnetic terestru, specialiștii care lucrează în acest domeniu consideră că există următoarele tipuri: variații legate de ciclul de 11 ani a activității soarelui; variații pe termen scurt și variații seculare.

Variațiile pe termen scurt se prezintă ca cicluri neregulate, de diferite lungimi, depășesc rar 1° în direcție și doar 1% în intensitate, motiv pentru care pot fi ignorate ². Variația seculară, apreciază profesorul E. Thellier ³, este legată de fenomene necunoscute încă ce se petrec în interiorul scoarței. Ea are în aparență o periodicitate de cîteva sute de ani, dar cea pentru ultimele două milenii nu este încă cunoscută. Cercetările efectuate asupra variației seculare au permis efectuarea unor observații interesante. Astfel, deși ea este lentă, nu este în același timp și constantă: viteza sa, gradul de variație anual al fiecărui element se modifică încet, fără ca să se poată face o previziune pe o perioadă mai îndelungată, și pot apare chiar inversări în cursul secolelor ⁴.

R. M. Cook consideră că în cazul variației seculare pot apare și perturbări regionale ⁵. Acestea au o perioadă limitată de fluctuație și se mișcă de la est la vest, (conform cu latitudinea) cu o rată de 1° la cinci ani. Din această cauză direcția și intensitatea cîmpului magnetic într-un loc nu are aceleași valori cu cea provenind de la o distanță de cîteva mii ⁶.

Cercetătorii sovietici au adus alte precizări interesante în același domeniu al variațiilor seculare ⁷. S-a stabilit astfel, că, curbele variațiilor seculare au un caracter regional și ele descriu schimbările cîmpului numai în interiorul unei regiuni limitate. Această situație vine în contradicție cu cea de pe teren, cînd trebuie să se recolteze probe de pe o suprafață foarte mare. În acest caz trebuie verificat dacă teritoriul dat reprezintă una și aceeași regiune a mersului solar, iar dacă nu, trebuie uniformizate rezultatele (aceeași latitudine și longitudine) ⁸.

În ceea ce privește legile care determină distribuția elementelor magnetice pe suprafața pămîntului și schimbarea lor în timp, pînă acum se cunosc doar puține date. S-a stabilit caracterul planetar al schimbării intensității cîmpului geomagnetic (ceea ce o face universală pentru datarea pe întregul

¹ E. Thellier, *Le champ magnétique terrestre fossile*, in *Nucleus*, 7, 1966, 1, p. 103.

² *Ibidem*.

³ R. M. Cook, *Archaeomagnetism*, in *Science in archaeology*, Bristol, 1969, p. 78.

⁴ E. Thellier, *Méthode archéomagnétique de datation*, in *Colloque I, UISPP, IX^e Congrès*, p. 133—159.

⁵ *Ibidem*.

⁶ R. M. Cook, *op. cit.*, p. 78.

⁷ *Ibidem*.

⁸ S. P. Budlatskaja, T. B. Nečaeva, *Datirovanie obrazov Cerneachovskoj kultury archeomagnetnim metodom*, in *SA*, 4, 1968, p. 258—263.

⁹ *Ibidem*.

glob); s-a arătat că în ultimii 700 de ani a existat o derivă apuseană în câmpul magnetic, cu o viteză de $0,2^\circ$ într-un an (pe înclinație; se permite astfel o corectare în lungime la construirea variațiilor curbei) și s-a constatat că dependența mărimii medii a înclinației de latitudinea geografică are un caracter bipolar¹⁰.

Multă vreme s-a crezut că schimbarea înclinației este ciclică și în oval. Pe baza măsurătorilor directe efectuate la Paris, Londra și Roma, deci pentru o regiune foarte mică a globului, s-a realizat graficul valorilor câmpului magnetic terestru pentru ultimii 400 de ani, care este de forma unui oval. De aici s-a născut ideea unei variații periodice a câmpului magnetic terestru, generalizată apoi pentru tot globul și pentru toate secolele. Generalizarea variației în curbă, consideră prof. E. Thellier a fost demonstrată de arheomagnetism ca fiind falsă, ea reprezentând doar o particularitate a țărilor vest-europene pentru ultimele secole. Analizele nepublicate pentru aceeași zonă, pentru ultimii 2 000 de ani resping hotărât această teorie. Direcția câmpului magnetic în această perioadă a divagat foarte tare spre nordul și estul curbei¹¹.

Pentru acest fel de datare este bine să se înregistreze în afară de intensitate și celelalte două elemente, înclinație și declinație: pe baza acestora, datarea eșantioanelor are un grad mai mare de siguranță¹². Din păcate, datele referitoare la I , D și F/F_0 sunt recente (au apărut după secolul al XIII-lea e. n., de când știm că se folosește busola în navigație) și nu sunt totdeauna sigure.

Cele mai vechi informații despre înclinație și declinație sunt din 1540 și se referă la Italia¹³. Tot pentru Italia menționăm activitatea lui Folgheraiter, ce a studiat diferite vase ceramice, datate între secolele 6 î. c. n.—2 e. n., dar ale cărui rezultate sunt considerate nesigure de către Thellier, care afirmă că măsurătorile cu magnetometrul sunt imprecise și pune la îndoială și ipotezele emise de acesta asupra poziției vaselor la ardere¹⁴.

R. Chevallier a analizat lavele erupte de Etna pentru perioada 1284—1911¹⁵.

Amintim și cercetările întreprinse de P. Mercanton, Brunhes și David, care au analizat arheomagnetismul remanent provenind de pe diferite pământuri arse, sau au verificat doar rezultatele unor predecesori, ca de pildă J. Koenigsberger¹⁶.

Un număr mare de studii datorate în primul rând lui E. Thellier, se referă la componentele câmpului magnetic terestru în Franța. În această țară declinația este cunoscută după 1550, înclinația după 1770, iar intensitatea câmpului magnetic abia după 1840¹⁷. Prof. E. Thellier îi revine meritul, de a fi primul care a adus o contribuție remarcabilă în domeniul arheomagnetismului. Meritul său nu se referă doar la cercetările arheomagnetice în sine și ci la unele probleme de detaliu. În primul rând el a pus la punct așa zisa „probă orientată”, pe care sunt trasate atât înclinația cât și declinația magnetică¹⁸, adoptată apoi în totalitate de cercetătorii din domeniul arheomagnetismului.

Același E. Thellier, împreună cu O. Thellier, a realizat și aparatura necesară măsurării în laborator a magnetismului remanent. Este vorba de un magnetometru și un aparat de inducție. Magnetometrul este ușor utilizabil și folosește la studierea magnetizărilor uniforme. Are meritul de a fi în același timp foarte sensibil, stabil și comod. Aparatul permite studierea magnetizării permanente, susceptibilitatea și proprietățile feromagnetice. Cel de al doilea, aparatul de inducție, permite determinarea magnetizării permanente în mărime și direcție, pe corpuri de diferite forme.

Cercetările efectuate de E. Thellier încă din anul 1938, au arătat că direcția momentului magnetic terestru permanent, măsurat la aparatul de inducție, coincide exact cu cea a câmpului magnetic care a acționat la răcire, chiar pentru corpurile foarte eterogene¹⁹.

Rezultatele cercetărilor întreprinse de E. și O. Thellier în domeniul arheomagnetismului remanent dau posibilitatea determinării intensității și direcției câmpului geomagnetic în epocile trecute. Conform cu observațiile acestui cercetător, după curățirea termomagnetică probele sunt așezate în laborator în „poziție directă”, iar orientarea lor magnetică urmărește câmpul magnetic al laboratorului. De fapt probele se găsesc aproape în aceeași poziție ca pe teren. Sunt lăsate astfel 15 zile, timp în care ele își recapătă magnetizarea viscoasă și devine astfel posibilă măsurarea componentelor M_x , M_y , M_z ²⁰.

După acest repaos, piesele sunt așezate într-o poziție răsturnată în raport cu cea precedentă, prin rotații cu 180° în jurul normalei la meridianul magnetic al laboratorului. Se lasă astfel câteva luni și se măsoară din nou componentele M_x , M_y , M_z , care dau valorile înclinației și declinației²¹. Tot în laborator se poate afla și intensitatea câmpului magnetic. Valorile mijlocii obținute pentru înclinație

¹⁰ *Ibidem*; V. Buchá, *Changes of the earth magnetic field and Radiocarbon Dating*, în *PA*, LVII, 2, 1967, p. 605.

¹¹ E. Thellier, *op. cit.*, p. 143; idem, *Le champ magnétique terrestre fossile*, p. 108.

¹² S. P. Burlatskaja, *O dativovanii archeologičeskikh arhemagnitnim metodom*, în *SA*, 3, 1967, p. 99.

¹³ R. M. Cook, *op. cit.*, p. 79.

¹⁴ E. Thellier, *Sur l'aimantation des terres cuites et ses applications géophysiques*, în *AIPHG*, Paris, 1938, p. 265.

¹⁵ A. Laming, *La découverte du passé*, Paris, 1932, p. 232—233; E. Thellier, *op. cit.*, p. 278—279.

¹⁶ A. Laming, *op. cit.*, p. 221.

¹⁷ E. Thellier, *op. cit.*, p. 263; A. Laming, *op. cit.*, p. 220.

¹⁸ E. Thellier, *op. cit.*, p. 299—300.

¹⁹ Idem, *Méthode archéomagnétique...*, p. 141.

²⁰ *Ibidem*.

²¹ *Ibidem*.

și declinație corespund ultimei răcirii și locului de ardere. Pentru a se trasa curbe de variație ale înclinației și declinației în funcție de timp și pentru a fi utilizate, având în vedere dispersarea geografică a probelor analizate, este necesar să se aleagă un loc standard. E. Thellier a ales în acest fel Parisul, atât pentru valorile obținute de pe structuri din Franța cit și din alte zone apropiate. În acest caz se impunea o corecție geografică pentru înclinație și declinație, transferându-le la Paris. E. Thellier consideră că, corecția geografică pentru înclinație poate fi făcută dacă stațiunile nu sînt prea îndepărtate de Paris. Înclinația se pare că a crescut mereu cu latitudinea ²².

Declinația în Europa de vest este vestică și crește de la vest spre est (devine estică pentru $D=0$ cînd trece prin Polonia). Hărțile magnetice indică o valoare constantă pentru ultimele două secole, dar pentru perioade mai îndepărtate este greu să se facă precizări ²³. Cei ce lucrează în domeniul magnetismului terestru consideră că ea și-a schimbat valoarea și chiar sensul. Pentru datarea magnetică se folosește curba înclinației. Se poate ca pentru aceeași valoare să apară mai multe puncte posibile (la Paris valoarea înclinației este de 65° și se întilnește pentru anii 50, 180, 270, 470, 1520 și 1900). Dacă se studiază și curba declinației, se limitează numărul punctelor cu aceeași valoare. În funcție de calitatea curbelor arheomagnetice și de structura care trebuie datată, se poate ajunge la o dată unică. În cazul în care se realizează și o curbă a intensității cîmpului magnetic, atunci pe baza acestor trei coordonate, cu toate condițiile de prelevare și analiză de laborator respectate, se pot obține rezultate interesante.

Franța reprezintă țara cu cea mai veche tradiție în cercetarea arheomagnetice și cu cele mai vechi înregistrări ale componentelor cîmpului magnetic terestru. Prof. E. Thellier își susținea încă în anul 1938 teza de doctorat cu tema „Sur l'aimantation des terres cuites et ses applications géophysiques” ²⁴. Cu această ocazie, autorul, pe baza analizei cărămizilor care proveneau de la monumente franceze de vîrstă cunoscută, a realizat prima curbă a înclinației la Paris din anul 1950 și pînă în 1400. Curba are un maximum de $70^\circ 30'$ spre 1730 și este în concordanță cu măsurătorile făcute la Londra, unde maximumul este în jur de 1732 (fig. 1/1). Aceste valori nu concordă cu variația actuală care este de 2° ²⁵. Începînd din 1951 Thellier a făcut cercetări și pentru perioada 1400—200 e. n., analizînd de la Paris diferite structuri *in situ*. Autorul consideră că rezultatele nu sînt mulțumitoare și că analizele trebuie repetate pe materiale cu o datare mai sigură. El notează că valoarea declinației din primele secole ale erei noastre este foarte slabă, iar în epoca carolingiană atinge valoarea de 20° și este estică. În legătură cu variația ei se cunosc puține date ²⁶.

În alte studii, același autor face precizări referitoare la stadiul arheomagnetismului în Franța. Între 1951—1966 s-au strîns multe probe pentru înclinație de pe ceramică punică și romană, rezultatele nefiînd publicate, ci doar discutate cu fizicienii. Din aceste date reiese că înclinația a scăzut la Paris foarte repede de la 70° la 5° spre începutul erei noastre. Un minimum de 54° este observat spre 150 e. n., după care urmează o creștere spre 67° în jur de 250 e. n. ²⁷. E. Thellier consideră că formațiile arheologice de pe care s-au luat probe pentru perioada preistorică sînt în număr prea mic, și că rezultatele obținute nu alcătuiesc o curbă a acestor variații. Au fost abandonate unele probe din perioada 700—400 i. e. n., deoarece păreau a fi alterate. Cu această ocazie s-a constatat că intensitatea cîmpului magnetic în epocile vechi era cu aproximativ 60% mai mare decît astăzi. Pentru Evul Mediu, deși există un număr mare de probe, datările rămîn încă incerte, motiv pentru care cercetătorii francezi preferă să nu publice încă oficial rezultatele, dar afirmă că înclinația pentru Franța a fost totdeauna boreală, fluctuantă cu aproximativ 20° , cu ritm fortuit și neregulat, de ordinul a mii de ani ²⁸.

Analizîndu-se variația valorilor înclinației și declinației în ultimele secole pentru Europa de vest s-a observat că formează un oval. E. Thellier consideră astăzi că variația acestor valori este neregulată, iar ovalul reprezintă un accident statistic și el nu arată de fapt repartiția curbei corespunzătoare ultimelor două milenii. Valoarea actuală a înclinației este de $64^\circ 30'$, adică este plasată cam la jumătatea drumului de variație indicată de analize (20°) ²⁹. În ceea ce privește variația înclinației, din cercetările întreprinse s-a observat că este neregulată, iar duratele care separă un minim de un maxim vecin sînt net variabile și extremele au coordonatele diferite. Valoarea înclinației actuale staționează, dar măsurătorile au arătat că ea descrește cu aproximativ $30'$ în 25 ani ³⁰. Thellier a demonstrat că declinația a divagat mai mult decît înclinația, cu aproape 45° ³¹.

Cercetătorii francezi au făcut prelevări de probe arheomagnetice și în afara granițelor Franței (Cartagina, Algeria, Maroc, Cambogia, Turcia și Sicilia). Din Sicilia s-au recoltat probe pentru datare din mai multe straturi ale vulcanului Etna. Rezultatele au fost cercetate și interpretate de J. C. Tanguy,

²² *Ibidem*.

²³ *Ibidem*.

²⁴ *Idem*, *Sur l'aimantation des terres cuites...*, p. 260.

²⁵ *Ibidem*, p. 263; A. Laming, *op. cit.*, p. 232—233.

²⁶ *Idem*, *Le champ magnétique terrestre*, p. 109.

²⁷ *Idem*, *Sur la direction du champ magnétique terrestre, en*

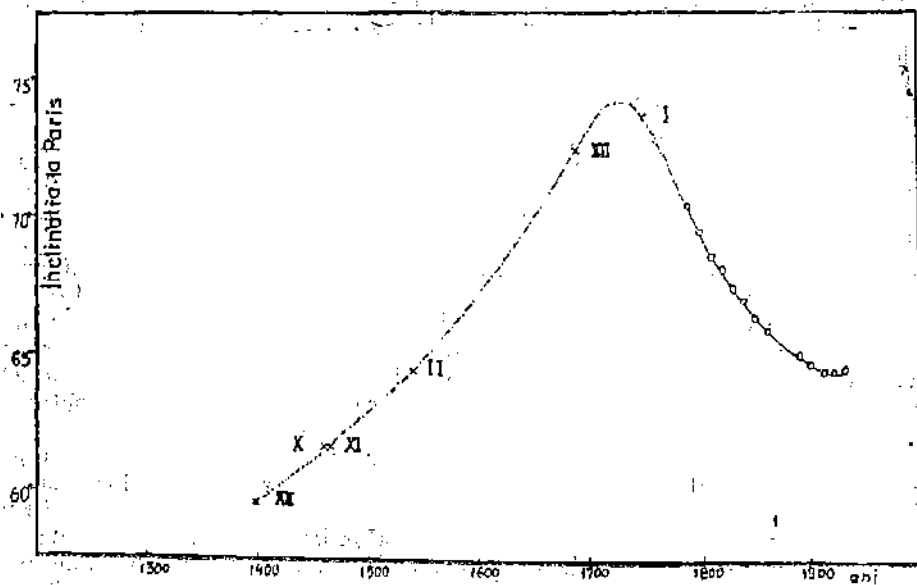
France durant les deux derniers millénaires, în *PhEPI*, 24, 1981, p. 89—132.

²⁸ *Idem*, *Le champ magnétique terrestre*, p. 108.

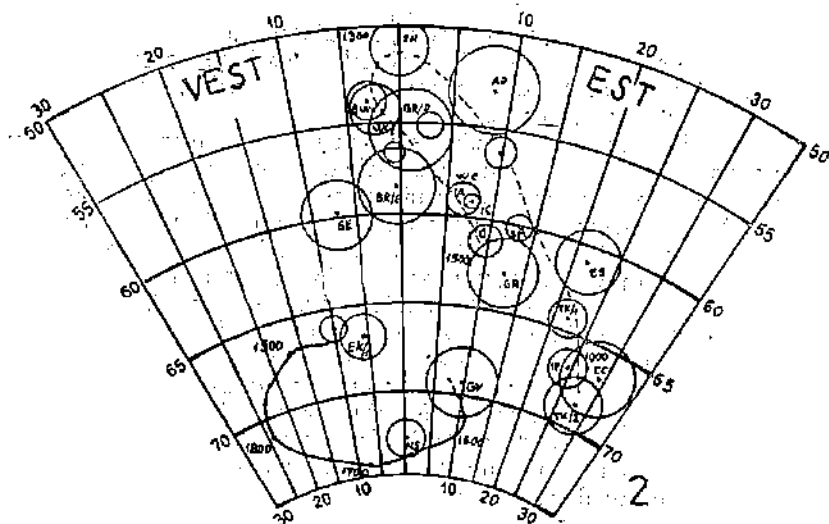
²⁹ *Ibidem*.

³⁰ *Idem*, *Sur la direction du champ magnétique...*, p. 95.

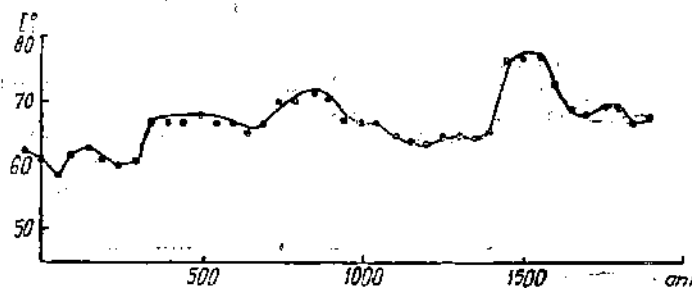
³¹ *Ibidem*, p. 112, 116—126.



1



2



3

Fig. 1. 1 — după E. Thellier; 2 — după M. J. Aitken, H. N. Hawley și G. H. Weaver; 3 — după S. P. Burlatskaja.

care a stabilit o curbă a înclinației și declinației. Înclinația atinge un maxim spre 1680, este descrescândă spre 1300, după care crește din nou. Declinația este puternic occidentală în jurul anului 1800, se anulează spre 1640 și devine încet puternic orientală ³².

Cea de-a doua țară europeană cu tradiție în cercetarea arheomagnetică este Marea Britanie, unde primele observații directe asupra înclinației și declinației sînt din 1586. Școala engleză, reprezentată în mod special de M. J. Aitken, care este și inițiatorul publicației „Archaeometry”, are rezultate remarcabile. S-au analizat probe din situri arheologice aparținînd perioadei preromane, datate prin C₁₄ între 1700 BC și perioada fierului (Big Moor, Bury Camp, Easington, Rainsborough, Weeming Croos, Weston Wood) ³³. Toate probele provin de pe vetre. Rezultatele obținute (fig. 2/1 — linia continuă este luată după Bauer), consideră Aitken și Hawley, indică faptul că așezările din care provin aceste probe sînt prea distanțate în timp și greu se poate schița o curbă a elementelor geomagnetice. Ei cred totuși că ele sînt interesante de reținut, deoarece demonstrează că direcția cîmpului magnetic în trecut era total diferită de ceea ce se cunoaște în perioade apropiate ³⁴. Cei doi aduc în discuție chiar presupunerea lui Folgheraiter, că direcția cîmpului magnetic s-a schimbat în timpul primului sau celui de-al doilea mileniu î.e.n., observație sugerată și de unele înregistrări paleomagnetice. În Anglia s-au făcut investigații și asupra cîmpului magnetic din perioada romană. S-au recoltat mai multe probe provenind din cuptoare de ars ceramică, care au furnizat însă rezultate eronate. Anomaliile arheomagnetice sesizate se datoresc răcirii neuniforme a cuptoarelor. Weaver, care a efectuat analizele, crede că magnetismul acumulat de părțile care s-au răcit mai întîi a cauzat disturbarea direcțiilor magnetice ³⁵.

Aitken și Hawley au analizat materiale magnetice provenind din perioada postromană și au ajuns la concluzia că variația seculară este mult mai complexă decît s-a crezut (fig. 1/2) ³⁶. Astfel, ei au observat în jurul anului 1000 o puternică mișcare în contra acelor de ceasornic, ca în jur de 1300 mișcarea să se reorienteze în sensul acelor de ceasornic și să atingă curba stabilită de Bauer în preajma anului 1600. Rezultatele obținute de cercetătorii englezi, prin analiza unor materiale provenind din obiective de ev mediu, sînt uneori neconcludente sau se contrazic, motiv pentru care s-a recomandat reluarea cercetării ³⁷.

În Japonia cercetarea arheomagnetică a început mai tîrziu decît în Europa occidentală. Ymamiti, pe baza măsurărilor directe, făcute cu busolele de navigație după 1600, a încercat să facă aprecieri asupra variației seculare a declinației și variației acesteia. Kato, Nagata și Yukutake au analizat lave vulcanice datate. Ultimul, Yukutake a oferit chiar și date asupra înclinației ³⁸. Avînd însă în vedere imprecizia măsurărilor pe lave, ca și numărul mic de puncte reținute ca valori, rezultatele publicate de ei, consideră E. Thellier, pot constitui doar indicații asupra divagației în Japonia a direcției cîmpului magnetic, a cărui valoare este mai slabă decît în Europa ³⁹. Rezultatelor obținute de N. Watanabe, deși numeroase, nuli se poate acorda încredere, afirmă prof. Thellier, deoarece cercetătorul japonez a pornit de la presupunerea dovedită a fi greșită, potrivit căreia curba variațiilor cîmpului magnetic terestru este ciclică ⁴⁰. Tot Yukutake a făcut cercetări asupra cîmpului magnetic din insula Oshima ⁴¹. Relativ recent au fost publicate cercetările efectuate de Kawai pentru secolele V—XIV și de Asami pentru așezări din perioada 500—1800 e. n. Mai amintim încercările făcute de Hirooka pentru a completa curba ce se întinde spre 2000 î. e. n. și contribuția sa la completarea curbei dintre 600—1400, pusă la punct de către Domen și Muncoka ⁴².

Cercetările arheomagnetice din U.R.S.S. au fost inițiate de S.P. Burlatskaya începînd din 1960, care a analizat cărămizi provenite din Caucaz ⁴³. Mostrele se plasau din punct de vedere cronologic între secolele IX—XVIII e. n. Rezultatele obținute (fig. 2/2) arată că viteza de schimbare a vectorului cîmpului geomagnetic în timp permite o datare pentru aceste locuri cu aproximație de 50 de ani ⁴⁴. Aceeași cercetătoare prezintă și rezultatele oferite de gubernia Tbilisi pe o perioadă mare de timp, de la începutul erei noastre și pînă în 1962. Concluzia rezultatelor este aceea că viteza de schimbare a direcției cîmpului geomagnetic nu este uniformă, ci se schimbă de la un secol la altul, de unde se trage concluzia că și datarea probelor se face cu o exactitate diferită ⁴⁵. Astfel, pentru obiectele din sec. XVI—XIX, datarea are o exactitate de 1—5 ani, în timp ce pentru un obiect plasat între începutul erei noastre și secolul al XV-lea exactitatea de datare este de pînă la 100 de ani. Se consideră că pentru gubernia

³² *Ibidem*, p. 128.

³³ M. J. Aitken, H. N. Hawley, *Magnetic Dating III, Further archaeomagnetic measurement in Britain*, în *Archaeometry*, Oxford, 9, 1966, p. 187—188.

³⁴ *Ibidem*, p. 187.

³⁵ G. H. Weaver, *The firing of a pottery kiln of a romano-british type at Boston, Lincs. (Appendix III. Magnetic dating measurements)*, în *Archaeometry*, Oxford, 1961, p. 25.

³⁶ M. J. Aitken, H. N. Hawley, *op. cit.*, p. 188.

³⁷ M. J. Aitken, M. R. Harold, *Magnetic Dating II, Archaeometry*, Oxford, 2, 1959, p. 18.

³⁸ E. Thellier, *Le champ magnétique...*, p. 110.

³⁹ *Ibidem*.

⁴⁰ *Ibidem*.

⁴¹ Idem, *Sur la direction...*, p. 129.

⁴² K. Hirooka, *Archaeomagnetic study for the past 2000 years in Southwest Japan*, în *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of geology and Mineralogy*, 1971, 38, p. 167, 207.

⁴³ S. P. Burlatskaja, *Datirovanie archaeologičeskich ob'ektov archeomagnitnich metodom*, în *SA*, 4, 1963, p. 115.

⁴⁴ *Ibidem*, p. 100.

⁴⁵ *Ibidem*.

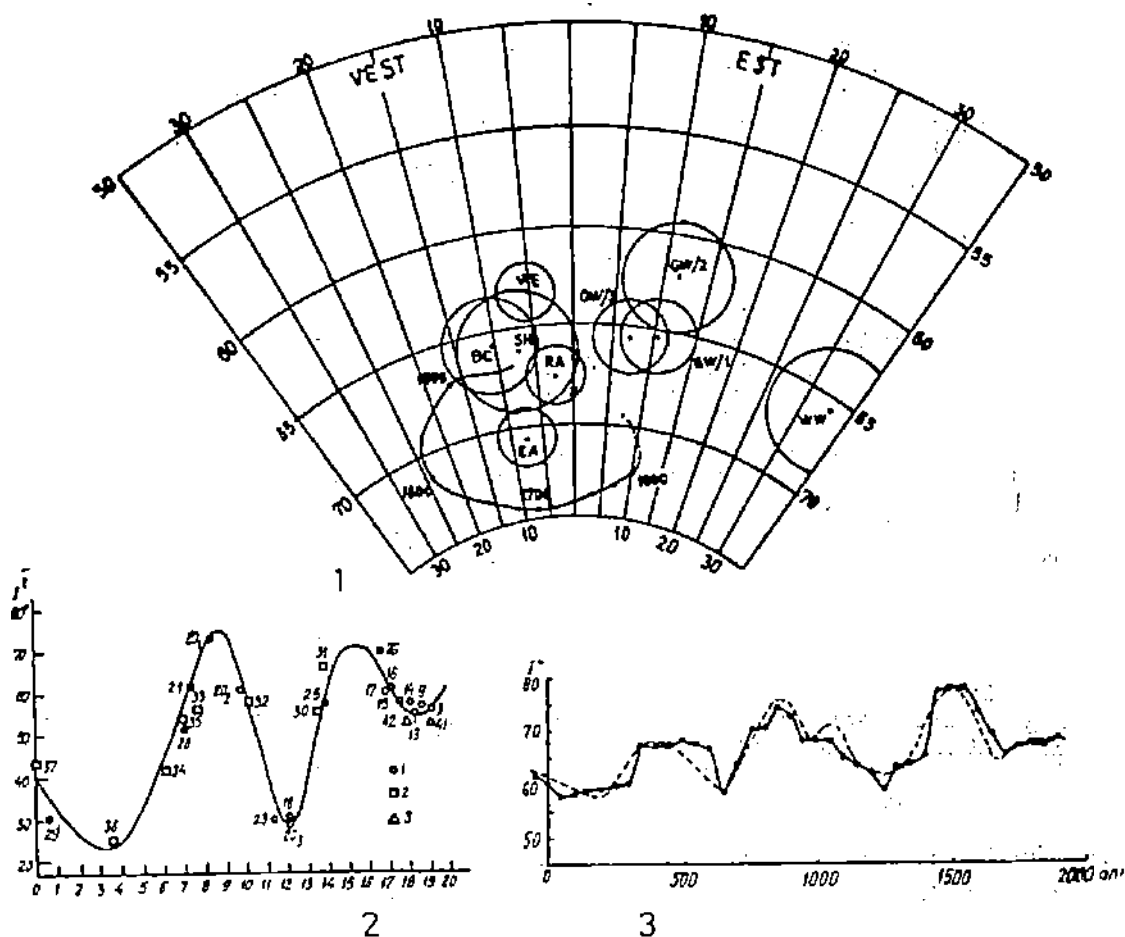


Fig. 2. 1 — după M. J. Aitken și H. N. Hawley ; 2 — după S. P. Burlatskaya ; 3 — după S. P. Burlatskaya, I. E. Načasova, T. B. Nečasova, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy, E. N. Tarhov, Z. A. Tselidze.

Tbilisi și Baku se poate folosi aceeași curbă a datării. Aceleași cercetătoare îi revine meritul de a fi analizat formațiuni arse din cultura Cerneahov de pe teritoriul Ucrainei și R.S.S. Moldovenești (zonă de nord a Mării Negre). Eșantioanele analizate provin din cuptoare pentru ars ceramică. Curbă datării care a rezultat, consideră autoarea, are însă câteva puncte nesigure situate între sec. VI—VIII, datorate insuficienței probelor⁴⁶. Folosind curbăle datării rezultate pentru diferite zone ale U.R.S.S., s-au făcut apoi încercări de precizare cronologică a unor mostre din alte zone. Astfel, o mostră datată între secolele V—VIII e. n., provenind din R.S.S. Azerbaidjană, a fost identificată ca aparținând secolului VII. Alte mostre provenind din Gruzia, după tratarea arheomagnetică, au indicat secolele IX și X e. n.⁴⁷ Înmulțirea cercetărilor arheologice, ca și îmbunătățirea tehnicilor metodei arheomagnetice, au permis recoltarea unor noi date referitoare la Ucraina, Moscova, și Caucaz⁴⁸. Deși s-au folosit numeroase probe, rezultatele obținute sînt dispersate. În fig. 2/3 se pot vedea rezultatele înclinației obținute în Ucraina de către Nečasova, care este deosebită de cea realizată de O. M. Rusakov și G. F. Zagniy (fig. 1/3), iar în fig. 3/1 se redă intensitatea cimpului magnetic pentru Ucraina, după analizele efectuate tot de Nečasova. În fig. 3/2 se poate urmări compararea curbăle înclinației și intensității cimpului magnetic pentru Ucraina⁴⁹.

Pentru zona Moscovei s-au analizat probe din obiective datate din perioada 1480—1870. Datele obținute sînt apreciate de geofizicienii sovietici ca fiind acceptabile. S-au construit curbe ale inten-

⁴⁶ *Ibidem*, p. 105.

⁴⁷ *Ibidem*, p. 105.

⁴⁸ S. P. Burlatskaya, I. E. Načasova, T. B. Nečasova, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy, E. N. Tarhov, Z. A. Tselidze,

Archaeomagnetic research in the U.S.S.R. Recent results and spectral analysis, in *Archaeometry*, Oxford, 12 1970, 1, p. 73.

⁴⁹ *Ibidem*, p. 74.

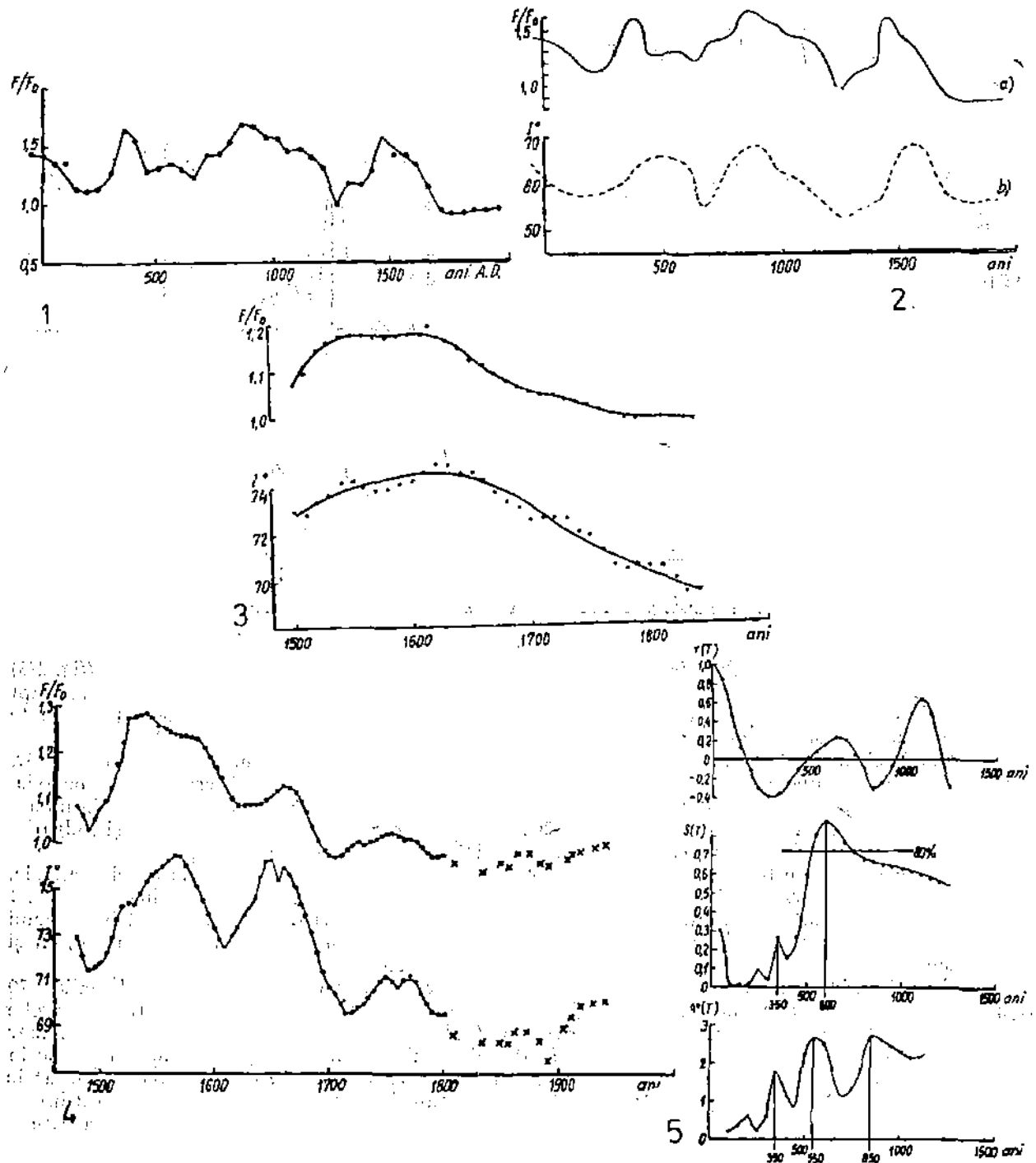


Fig. 3. 1-2 - după S. P. Burlatskaya, I. E. Načasova, T. B. Nečaeva, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy, E. N. Tarhov, Z. A. Tšelidze; 3-5 - după S. P. Burlatskaya, I. E. Načasova, T. B. Nečaeva, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy.

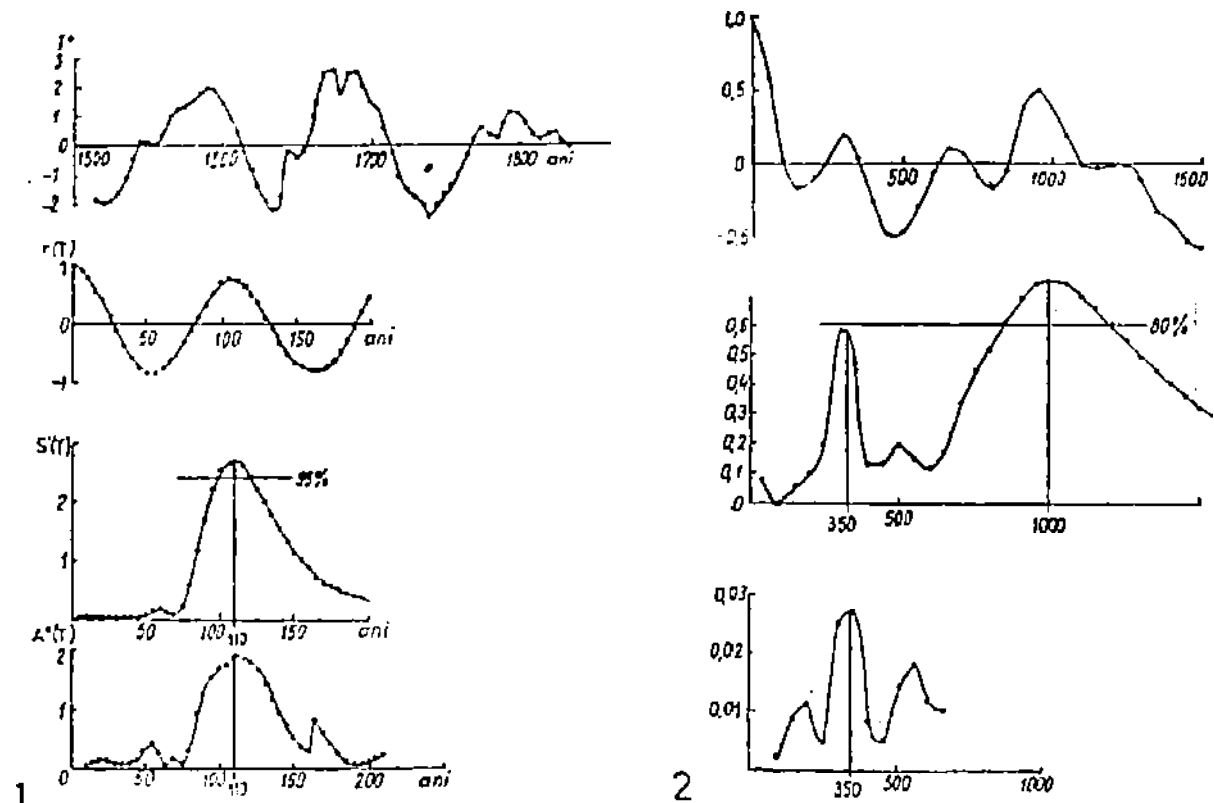


Fig. 4. 1-2 — după S. P. Burlatskaya, I. E. Načusova, T. B. Nečezna, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy.

sității cimpului magnetic și inclinației pentru Moscova, pentru o medie de datare de 150 de ani (fig. 3/3) sau pentru o medie de datare de doar 35 de ani (fig. 3/4) ²⁶. În ambele situații se apreciază ca un fapt semnificativ corelarea vizibilă dintre inclinație și intensitatea cimpului magnetic (valori determinate prin metode independente), verificată și prin rezultatele obținute în Ucraina ²⁷.

Datele obținute de cercetătorii sovietici pentru archeomagnetism sînt impresionante ca număr. Cele mai multe se grupează în perioada 0—1500 e. n. și provin din Georgia, Azerbaidjan, Mongolia, Ucraina, Rusia Mijlocie, Armenia, Crimeea, Polonia, R.S.F. Rusă și R.S.S. Moldovenească. Un număr însemnat de date se grupează în perioada 3000—2000 i.e.n. pentru zone ca Georgia, Ucraina și Bulgaria. Aceste date au fost prelucrate pe calculator, prin analiză spectrală, ceea ce a dat posibilitatea aflării unor perioade dintr-o curbă dată, fără a lua în considerație erorile de măsurare ale datei originale. În fig. 3/5 sînt redată rezultatele obținute în acest fel pentru curba inclinației în Ucraina, iar fig. 4/1 prezintă același element pentru Moscova, în timp ce fig. 4/2 ilustrează date ale intensității cimpului magnetic în lume ²⁸. Aceste analize arată că variația seculară alit pentru valori ale intensității, cît și ale inclinației, este de 110 ani pentru regiunea Moscovei și de 350 ani pentru Ucraina ²⁹.

Cercetătorii O. M. Rusakov și F. G. Zagniy au efectuat interesante analize în perioada anilor '70 asupra unor probe archeomagnetice din Ucraina și R.S.S. Moldovenească ³⁰. Au fost studiate probe orientate din cuptoare și vetre, care au fost *in situ* în timpul ultimei coaceri la care se adaugă un număr însemnat de probe de ceramică și cărămizi ³¹. Pentru determinarea intensității cimpului magnetic în această zonă au fost studiate un număr de 200 de probe, provenind din 59 de obiective. Rezultatele obținute sînt prezentate în fig. 5/1 ³². Interpretînd curba, autorii precizează că maximum valorii intensității cimpului geomagnetic ocupa o mie de ani, 500 de ani mai tîrziu se observă o descreștere a acesteia,

²⁶ *Ibidem*.

²⁷ *Ibidem*.

²⁸ *Ibidem*, p. 78.

²⁹ *Ibidem*, p. 82—85.

³⁰ O. M. Rusakov, G. F. Zagniy, *Archeomagnetism secular variation study in the Ukraine and Moldavia*, in *Archaeometry*, Oxford, 15, 1973, 1, p. 153—157.

³¹ *Ibidem*, *Intensity of the geomagnetic field in the Ukraine and Moldavia during the past 6000 years*, in *Archaeometry*, Oxford, 15, 1973, 2, p. 275—255.

³² *Ibidem*, p. 276.

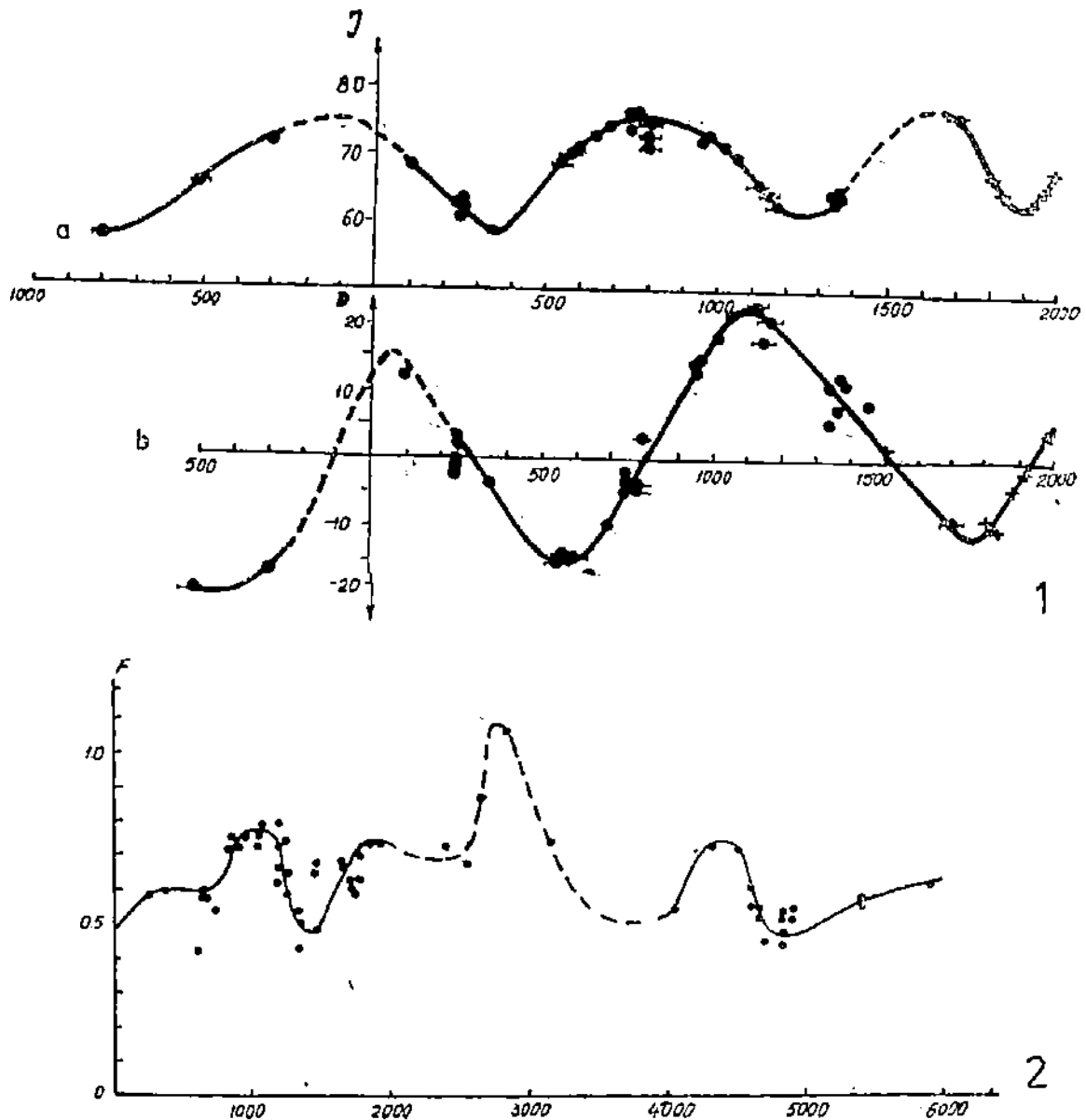


Fig. 5. 1-2 - după O. M. Rusakov, G. F. Zagniy.

în timp ce după 800 BC are loc o descreștere a intensității cîmpului magnetic, iar în jur de 300 BC intensitatea cîmpului magnetic era apropiată de cea observată în prezent la F_0 ⁵⁷. Ei consideră că în aceste condiții este foarte dificil să se detecteze o periodicitate în variația seculară a cîmpului magnetic. Rusakov și Zagniy afirmă că rezultatele obținute pentru înclinație și declinație demonstrează foarte clar că variația seculară în înclinație nu constă din cicluri repetate. Curba conține trei perioade de aproximativ 1 200, 900 și respectiv 600 ani, din care prima a fost determinată pe cale experimentală. Curba înclinației demonstrează schimbări periodice, timpul constant fiind de 1 200 ani⁵⁸. Ea este diferită de cea indicată de T. B. Nečeva și discrepanța este considerabilă mai ales pentru perioada 200—750 e. n. Curba cercetătoarei amintite arată un minimum în jur de 400 e. n., în timp ce curba din fig. 5/2 demonstrează doar minimumul (în jur de 300 e. n.) din timpul scurs⁵⁹.

⁵⁷ *Ibidem*, p. 284.

⁵⁸ *Ibidem*.

⁵⁹ *Ibidem*.

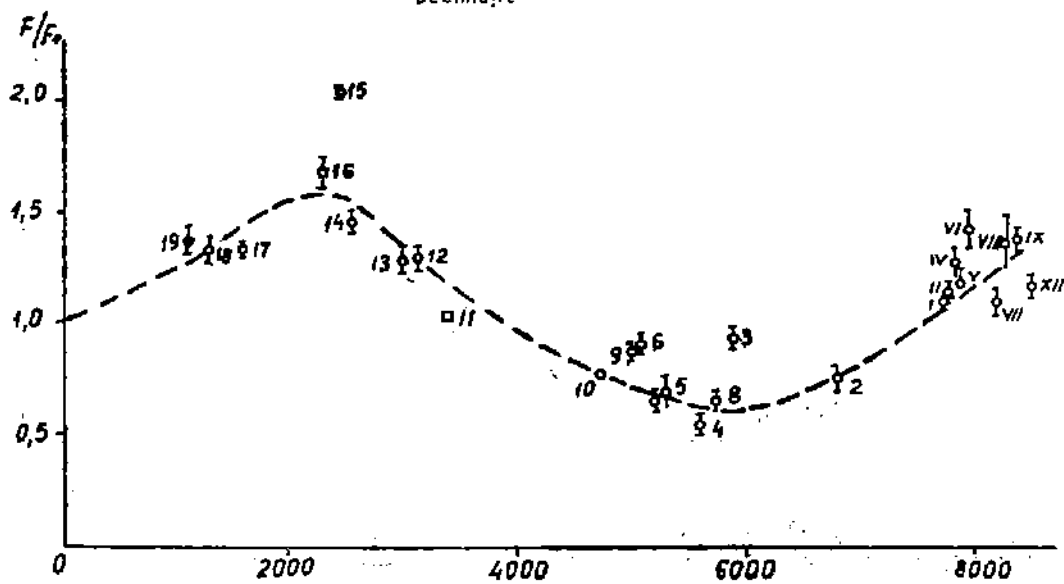
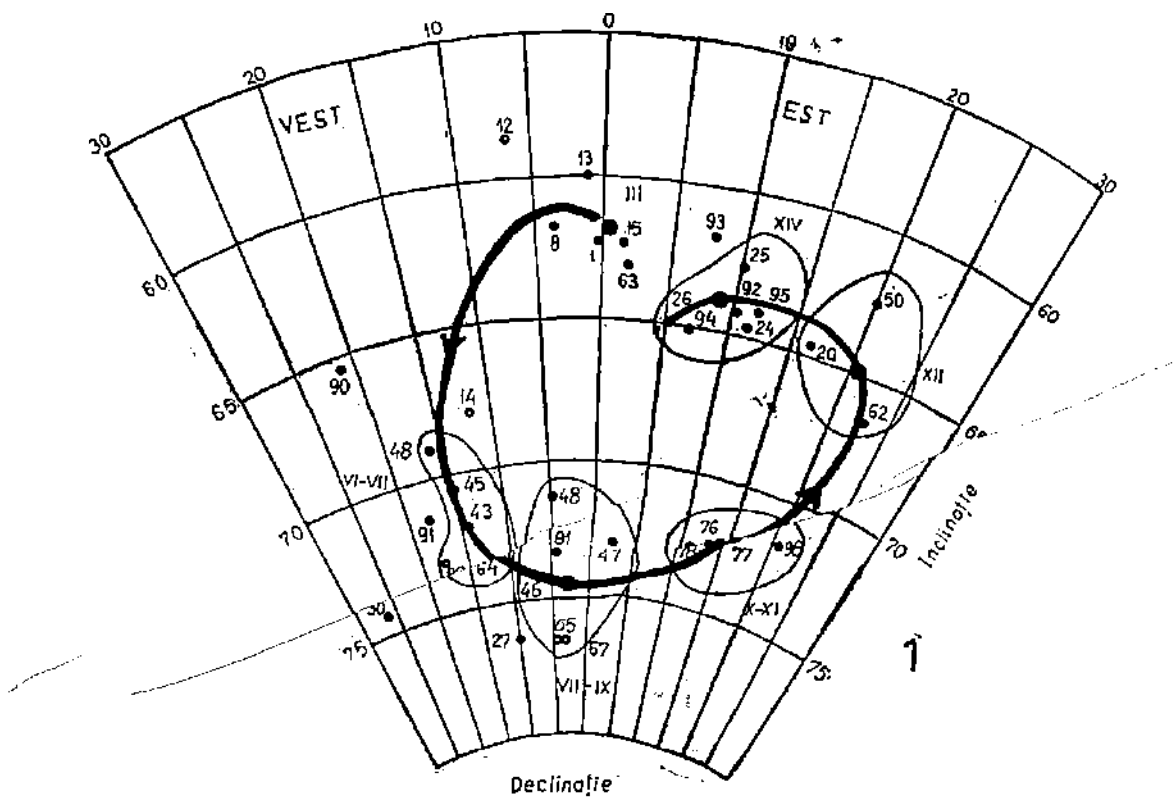


Fig. 6. 1. — după O. M. Rusakov, G. F. Zagniy; 2. — după V. Buchá.

Datele obținute de Rusakov și Zagniy sînt însă în total acord cu cele obținute de M. Kovačeva pentru Bulgaria⁶⁰. Datele despre înclinație și declinație au fost combinate pentru a se obține direcția curbei din fig. 6/1. Punctele și linia îngroșată reprezintă direcțiile medii ale magnetizării structurilor cu aceleași vârste, iar cele mici și linia subțire direcțiile medii ale magnetizării structurilor individuale⁶¹. Mișcarea curbei, distinct în contra sensului acelor de ceasornic este în acord cu rezultatele obținute de Aitken, primul care a relevat mișcări ale direcției arheomagnetice în perioada 950—1200 e.n.⁶². Cercetătorii sovietici reamintesc și rezultatele japoneze, care indică aceeași mișcare în contra acelor de ceasornic. Meritul lor este că au extins această observație pe o scară de timp de trei ori mai lungă decît cea stabilită de englezi. Rusakov și Zagniy consideră că aceste date, provenind din trei arii separate, sugerează că mișcarea contrară acelor de ceasornic a fost un fenomen global, de vreme ce în ultimele cîteva secole rotația curbei în sensul acelor de ceasornic a fost observată pentru o derivație îndreptată spre apus a cîmpului nondipol. Această mișcare se poate datora deviației spre est a cîmpului dipol⁶³.

Cercetări relativ recente atrag atenția de care se bucură arheomagnetismul și în Cehoslovacia. S-a recoltat un bogat material arheologic, care se întinde pe o perioadă de timp între 4400 î.e.n. și zilele noastre. Se încearcă ca prin intermediul rezultatelor obținute să se creeze o curbă proprie pentru valorile cîmpului geomagnetic. Pentru analize au fost folosite materiale de pe teritoriul Cehoslovaciei (neolitic și eneolitic), dar și din orientul apropiat, Çatal Hüyük, care au fost cercetate de V. Buchá în colaborare cu J. Mellart⁶⁴. Intensitatea cîmpului magnetic a fost analizată în Cehoslovacia pentru obiective arheologice datate între 22 800 BC-900 AD⁶⁵. Probele de la Çatal Hüyük provin dintr-o așezare neolitică cu ceramică, datată pe bază de carbon radioactiv la 5750—6500 î.e.n. Rezultatele obținute (fig. 6/2 : 2—19 localități din Cehoslovacia ; I—XII — nivelurile neolitice de la Çatal Hüyük) indică, după cercetătorii amintiți, cel mai vechi grup de valori pentru Çatal Hüyük, cu o intensitate de 1-1 față de valoarea cîmpului actual; iar pentru Cehoslovacia valori între 0-8 și 0-5. Se remarcă o creștere a acestor valori în timpul eneoliticului, continuîndu-se pe o perioadă mai lungă (1-5 în jur de 400 î.e.n.), după care urmează o descreștere a intensității ce se înregistrează și astăzi⁶⁶. V. Buchá consideră că schimbările cîmpului geomagnetic au un caracter periodic și că intervalul de timp dintre un maximum și un minimum reprezintă 3 500 ani (fig. 7/1). După același autor există porțiuni unde valoarea intensității nu atinge puncte prea mari de dezvoltare și acestea au fost interpretate ca posibile erori survenite la măsurători sau chiar în datarea arheologică a obiectelor folosite pentru analiză⁶⁷. Autorul a alcătuit o curbă pentru înclinație (fig. 7/2), pe care observă că în perioada 3500—2000 î.e.n. sînt schimbări rapide și diferențe între valorile minime și cele maxime. Amplitudinea înclinației crește de la 12° la 78°, iar intervalul de timp între valoarea maximă și cea minimă a fost apreciat la 700 ani⁶⁸. V. Buchá consideră că totuși pentru obiective arheologice mai vechi de 2 000 BC, cea mai sigură metodă de datare rămîne totuși cea a radiocarbonului, cu rezerva corecțiilor absolut necesare. În afara cercetărilor inițiate de V. Buchá, recent s-au făcut investigații arheomagnetice și pentru alte localități din Slovacia (fig. 7/3)⁶⁹. Au fost recoltate probe provenind din cuptoare, vetre, pereți arși, din formațiuni arheologice cu vârste cuprinse între 4700 î.e.n. și secolul XIV⁷⁰. Rezultatele obținute au fost corelate (fig. 8/1) cu cele mai vechi ale lui Buchá (linia întregă) și ale M. Kovačeva pentru Bulgaria (linia punctată)⁷¹.

Primele măsurători directe de magnetism terestru în România s-au făcut pentru București, de către Islanief în 1772⁷². În perioada războiului ruso-turc, ofițeri ai statului major rus au efectuat măsurători pentru 28 de localități din România, printre care și Iași (1828) și București (1829)⁷³. Măsurătorile sistematice efectuate tot în secolul XIX se datoresc forurilor militare austriece (1843—1858) sau unor inițiative locale. Astfel, D. Negreanu, profesor la Universitatea din București, a efectuat măsurători magnetice între 1893—1897 și are meritul de a fi alcătuit și prima hartă magnetică a României⁷⁴.

⁶⁰ M. Kovačeva, *Ancient magnetic field in Bulgaria*, în *Compte-rendus de l'Acad. Bulg. Sci.*, 1968, 21, p. 761.

⁶¹ O. M. Rusakov, G. F. Zagniy, *Archaeomagnetic secular variation...*, p. 156.

⁶² M. J. Aitken, M. R. Harold, G. H. Weaver, *Some archaeological evidence concerning the secular variation in Britain*, în *Nature*, 1964, 201, p. 659.

⁶³ O. M. Rusakov, G. F. Zagniy, *op. cit.*, p. 157.

⁶⁴ V. Buchá, *Archaeomagnetic research of some archaeological objects in Czechoslovakia and Near East*, în *BSPF*, 1978, 25, p. 40—42.

⁶⁵ Idem, *Intensity of the Earth's magnetic field during archaeological times in Czechoslovakia*, în *Archaeometry*, Oxford, 1967, 10, p. 21.

⁶⁶ *Ibidem*, p. 41.

⁶⁷ *Ibidem*.

⁶⁸ *Ibidem*.

⁶⁹ Oto Orlicky, Jan Tirpak, *Archaeomagnetic investigation of selected localities in Slovakia*, în *Acta Interdisciplinaria Archaeologica*, tomus IV, AIA, Nitra, 1986, p. 149—153.

⁷⁰ *Ibidem*; idem, *Archaeomagnetic dating of some archaeological sites in Slovakia*, în *Geofyzika a archeologie*, Praha, 1983, p. 217—235.

⁷¹ *Ibidem*, p. 232.

⁷² Șt. Procopiu, C. Păpușoi, *Les cartes magnétiques de la Roumanie de 1895 à 1954. Les éléments magnétiques de Bucharest de 1772 à 1954 et de Iassy de 1828 à 1954. Les variations cycliques séculaires de la Roumanie*, în *BIP*, Iași, 5(9), 1959, 1—2, p. 161—176.

⁷³ *Ibidem*, p. 162.

⁷⁴ *Ibidem*.

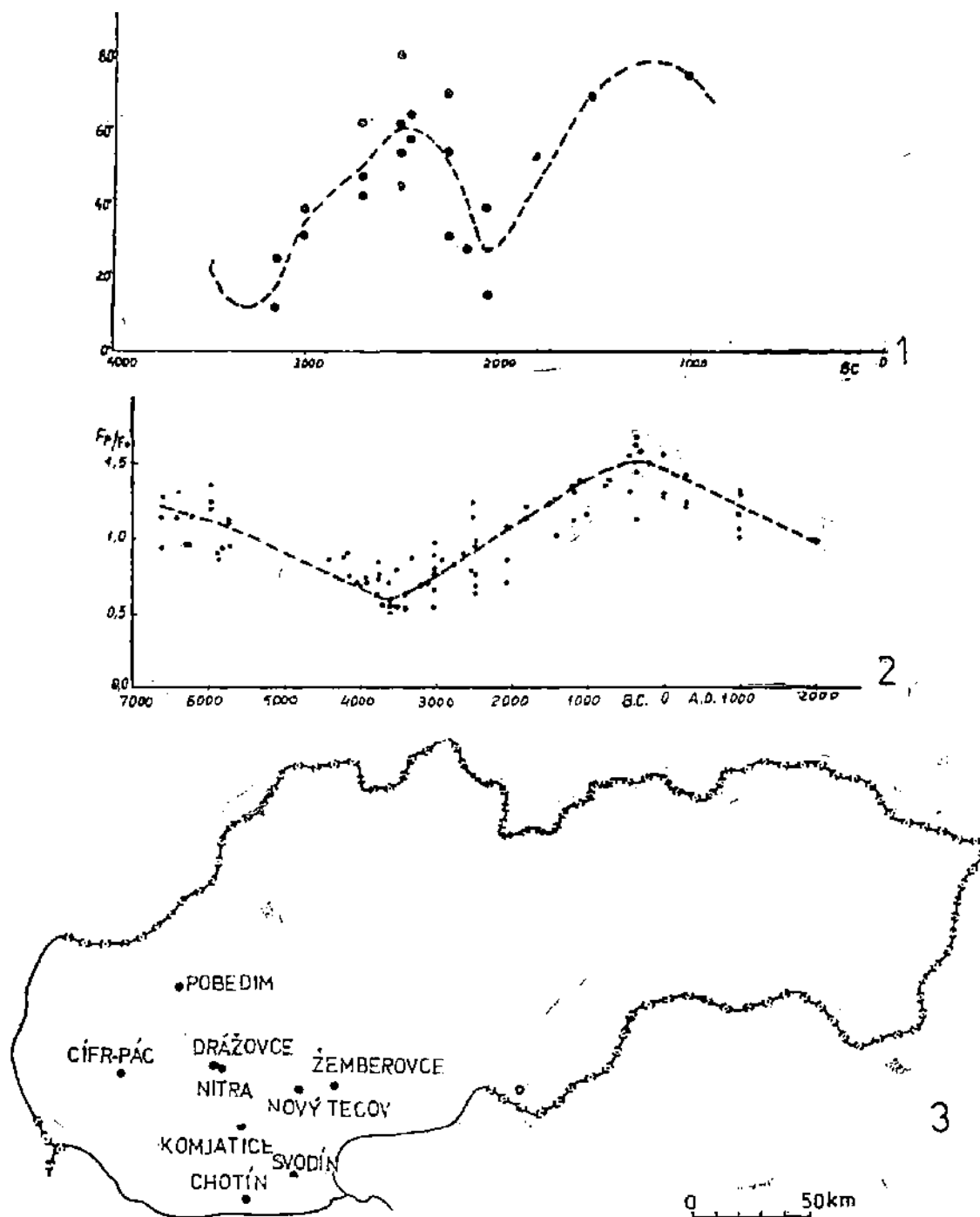
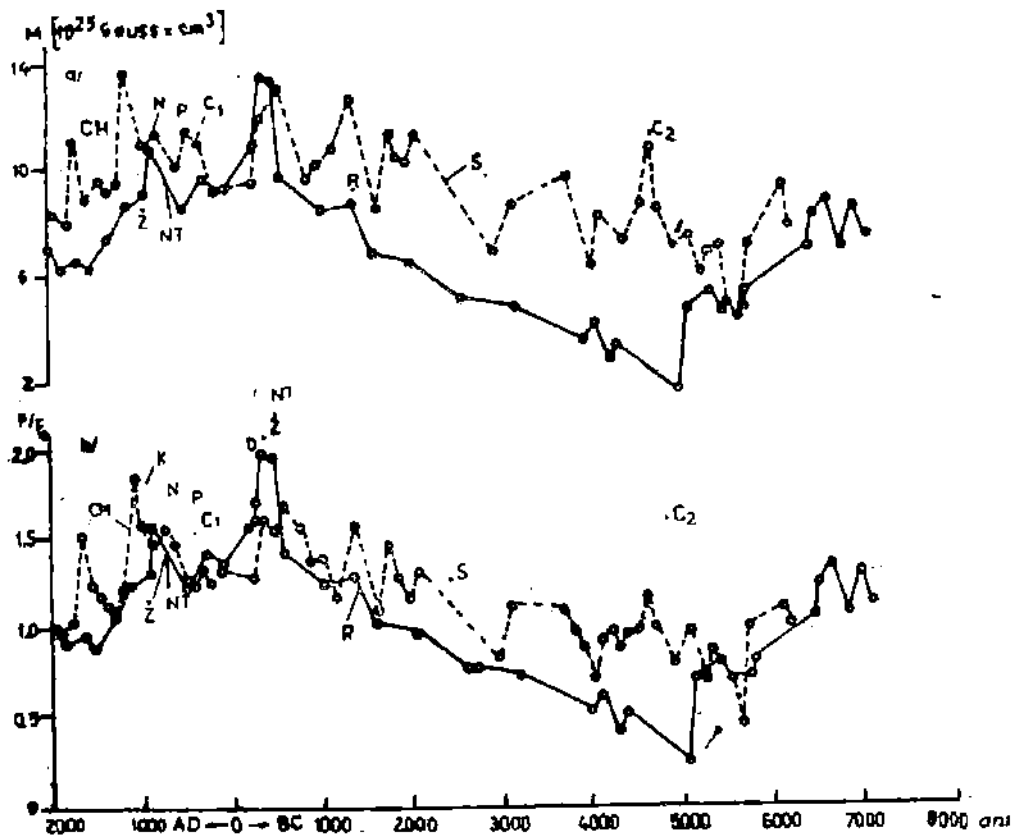
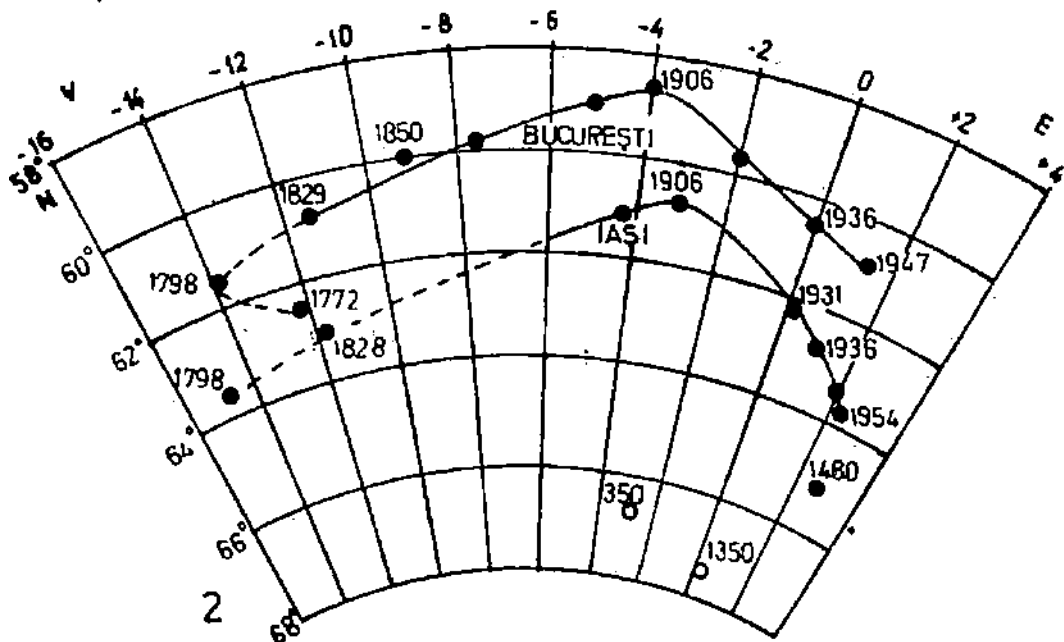


Fig. 7. 1-2 — dupá V. Buchá; 3 — dupá O. Orlický a J. Tírpalé.



1



2

Fig. 8. 1 - după O. Orlický și J. Tírpač ; 2 - după C. Păpușoi, M. Mantu și A. Mantu.

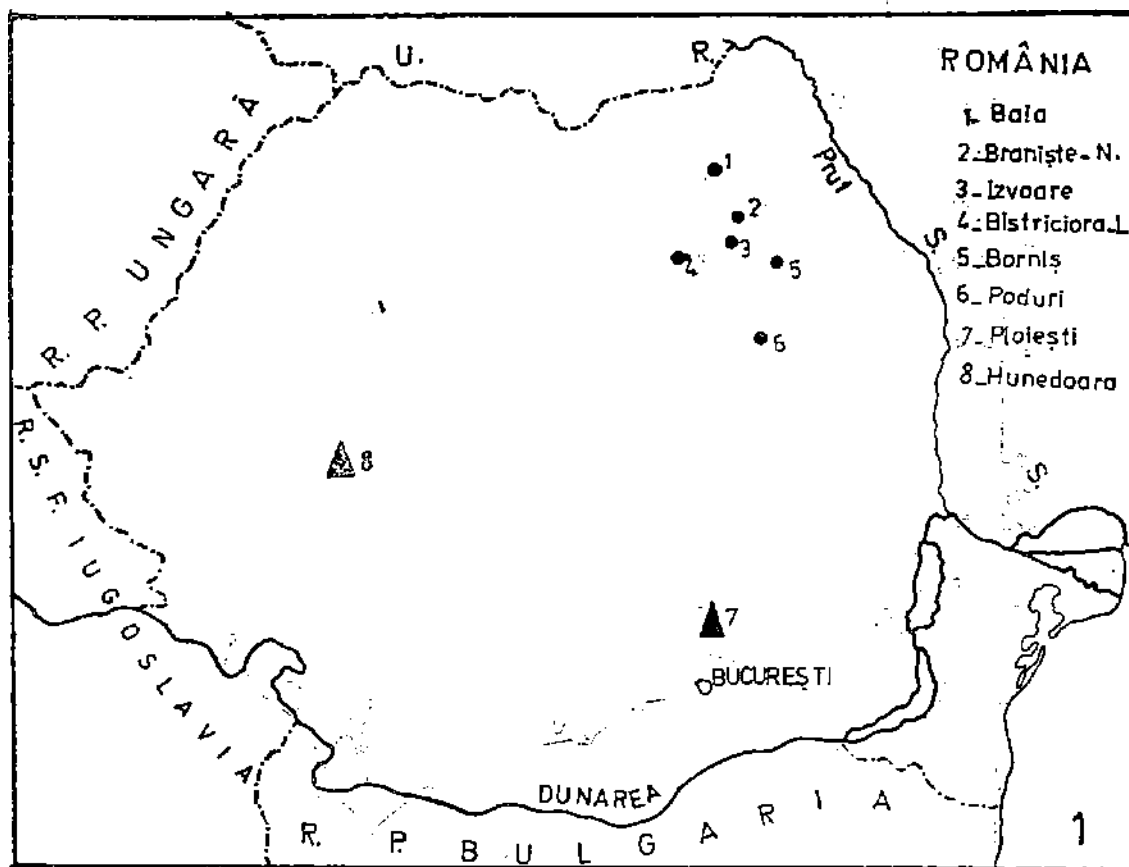


Fig. 9. 1 — după C. Păpusoi, M. Mantu și A. Mantu ; 2 — după M. Kovačeva.

În perioada 1898—1901 și 1901—1906, Șt. Hepites și I. Murat, directori la Observatorul magnetic de la Filaret, au efectuat măsurători sistematice pentru 72 de localități din România ⁷⁵.

O nouă perioadă în cercetările arheomagnetice de la noi începe o dată cu activitatea desfășurată de Șt. Procopiu, profesor la Universitatea din Iași. Sub conducerea acestuia se înființează laboratoare special dotate pentru cercetările magnetice, care au atras la vremea respectivă interesul și aprecierea unor foruri internaționale. În perioada 1931—1945 colectivul condus de Șt. Procopiu a făcut determinări magnetice pentru 90 localități din România. Măsurătorile efectuate la Iași au servit apoi ca punct de reper pentru celelalte localități. Analizele efectuate în această perioadă au permis stabilirea variației seculare a elementelor magnetismului terestru în România ⁷⁶. Ca o continuare a acestor preocupări, profesorul C. Păpușoi, de la aceeași Universitate, a construit aparatura necesară determinărilor

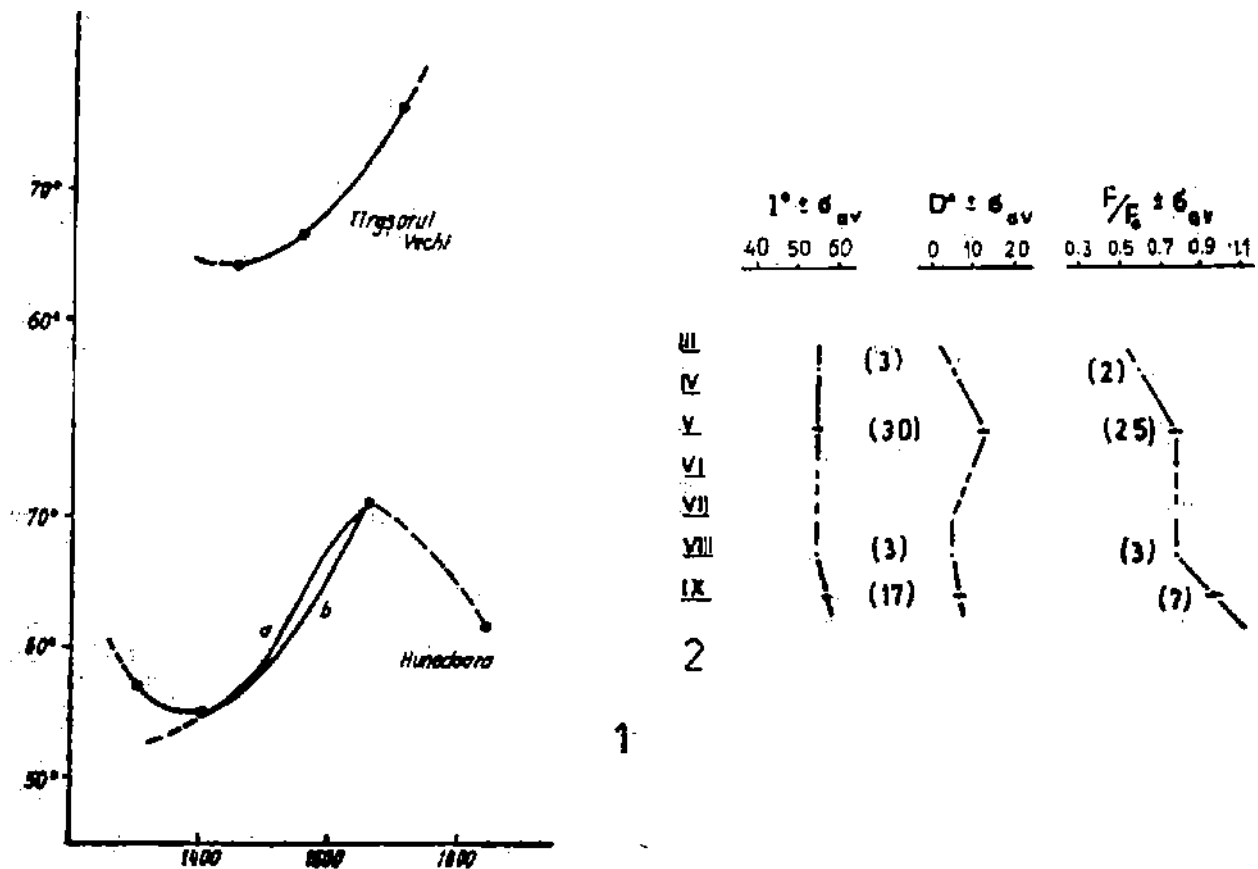


Fig. 10. 1 — după I. Bucur; 2 — după M. Kovačeva.

arheomagnetice, care a fost bine apreciată de specialiști cu experiență din cadrul Fundației Lerici. Realizarea acestei aparaturi este legată și de experiența practică acumulată în perioada conlucrării la Paris cu prof. E. Thellier, atât la prelevări arheomagnetice, cât și la analizarea acestora în laborator. C. Păpușoi a adus contribuții în domeniul metodologiei măsurării intensității cîmpului magnetic terestru ⁷⁷.

⁷⁵ Ibidem.

⁷⁶ Ibidem.

⁷⁷ C. Păpușoi, *Effet de la vitesse de refroidissement sur l'intensité de l'aimantation thermorémanente d'un ensemble de grains à structure de polydomaines magnétique en fonction de la vitesse de refroidissement*, in AȘUIași, 18, 1972, I-b, p. 156—166; C. Păpușoi et Paula Apostoi, *Sur les lois d'additi-*

vité des aimantations thermorémanentes partielles, in AȘUIași, 21, 1975, I-b, p. 29—35; C. Păpușoi, *L'effet de la vitesse de refroidissement sur l'intensité de l'aimantation thermorémanente et ses implications en archéomagnétisme*, in AȘUIași, 23, 1977, I-b, p. 41—44; idem, *Sur la stabilité de l'aimantation thermorémanente des roches à l'échelle des temps géologiques*, in AȘU Iași, 25, 1979, I—b, p. 43—46.

Recent au fost prelevate eşantioane de pământ ars provenind din situri arheologice datate, toate din zona de est a României: necropola tumulară de la Branîşte-Nemţişor (secolul IV e. n.); aşezarea rurală medievală de la Borniş, jud. Neamţ (secolele XIV—XVII); aşezarea medievală de la Baia (sec. XIV—XV) (fig. 9/1). Rezultatele obţinute prin analizele de laborator sînt cuprinse în tabelul următor:

Nr. crt.	Localitatea	Epoca	Nr. eşantioane	D mediu	I mediu
1.	Borniş	1 480	5	2°2/3 E	65°1/4 N
2.	Baia	1 350	3	0°1/3 E	67°1/2 N
3.	Branîşte-Nemţişor	350	5	2°2/2 V	66°2/3 N

Pe baza acestor date, coroborate cu cele obţinute prin măsurătorile directe, efectuate cu teodolitul şi busola magnetică, pentru diferite epoci, au fost trasate curbele de variaţie seculară ale acestor elemente magnetice, reprezentate pe diagrama lui Bauer (fig. 8/2)⁷⁸. În afara probelor arheomagnetice menţionate şi analizate, la altele, provenind din aşezări paleolitice (Bistricioara-Lutărie), eneolitice (Poduri, Izvoare, Nicolina—Iaşi) şi din secolele IX—XI e. n. (Fundul Herţei) a trebuit să se renunţe, deoarece nu erau suficient de stabile din punct de vedere magnetic.

Trebuie să menţionăm faptul că, în afara probelor analizate pentru Moldova, mai există analize şi pentru alte zone. Astfel, au fost prelevate eşantioane de cărămizi din obiective arheologice din Transilvania şi Muntenia: cetatea de la Sebeş (construită în secolele XIV—XV şi restaurată în sec. XVII); cetatea de la Gîrbova (construită în secolele XIII—XIV); reşedinţa medievală de la Tîrşorul Vechi (construită în secolele XV—XVIII)⁷⁹. Pe baza analizelor efectuate pe materialele de la Tîrşorul Vechi s-a obţinut variaţia înclinaţiei de-a lungul unei curbe continue, din 1450 pînă în 1700 (fig. 10/1)⁸⁰. În ceea ce priveşte curbele pentru celelalte două localităţi, Gîrbova şi Sebeş, se indică două posibilităţi (fig. 10/1 a şi b). Se consideră că rezultatele obţinute pentru Transilvania şi Muntenia concordă cu cele obţinute de S. P. Burlatskaya şi G. N. Petrova şi indică o tendinţă de minimum spre 1 500 şi un maximum spre 1 700, sau mai exact, ambele curbe pentru România prezintă un minimum spre 1 400—1 450⁸¹.

În Bulgaria, din 1970, geofiziciană M. Kovačeva a analizat probe din mai multe situri arheologice, provenind din eneolitic şi perioada bronzului (fig. 9/2), rezultatele obţinute pentru Ovčarovo fiind considerate a fi cele mai bune⁸². Noutatea în cercetarea arheomagnetică din Bulgaria constă în aceea că s-a încercat obţinerea elementelor geomagnetice (înclinaţie, declinaţie şi intensitatea cîmpului magnetic), stratigrafic, pentru fiecare aşezare. În acest scop s-a început numerotarea nivelurilor peste tot de sus, iar cercetătoarea bulgară menţionează că a fost dificilă menţinerea succesiunii în colectarea probelor de la fiecare nivel excavat⁸³. Pe baza rezultatelor obţinute (fig. 10/2 — Kazanlık; fig. 11 — Goliamo Delčevo, Ovcarovo şi Polianitsa) şi a observaţiilor făcute cu prilejul colectării probelor, dar şi a analizei de laborator, M. Kovačeva consideră că se pot face următoarele aprecieri: acuratelyea scării timpului arheomagnetic depinde de datarea aşezărilor şi de mijloacele cu care această scară a fost obţinută⁸⁴. Din această cauză ea recomandă ca pentru epoca neolitică şi cea a bronzului să se folosească neapărat datările cu carbon radioactiv şi consideră necesar ca pentru eneolitic să se facă unele corelări între aşezări, deoarece există numeroase contradicţii în datările cu radiocarbon⁸⁵. Datele oferite de analizele prezentate, conchide M. Kovačeva, dau posibilitatea cunoaşterii unor aspecte ale amplitudinii şi variaţiei cîmpului geomagnetic în preistoria Bulgariei, dar atîta vreme cît nu există siguranţă asupra intervalului de timp ce s-a scurs între nivelele de locuire, nu se pot face aprecieri asupra periodicităţii în variaţie⁸⁶.

S-au făcut cercetări şi pe materialele care se datează în ultimii 2 000 de ani, secolele IV î.e.n. şi 1894 (probe din aşezări situate geografic între 42°30'—43°20' latitudine nordică şi 25°30'—28°10' longitudine estică), iar rezultatele (fig. 12/1) redau curba variaţiei preliminare a intensităţii vechiului cîmp magnetic pentru ultimii 2 000 de ani în Bulgaria (linia întregă; linia punctată redă rezultatele

⁷⁸ Şt. Procopiu, C. Păpuşoi, *op. cit.*, p. 165.

⁷⁹ I. Bucur, *La variation de l'inclinaison magnétique du XIV au XVIII siècle, établie pour deux régions de la Roumanie*, în *Rev. Roum. Géol. Géophys. et Géogr.-Série de Géophysique*, 11,2, Bucharest, 1967, p. 106.

⁸⁰ *Ibidem*.

⁸¹ *Ibidem*, p. 107.

⁸² M. Kovačeva, *Archaeomagnetic investigations of some prehistoric sites in Bulgaria*, în *Archaeometry*, Oxford, 18, 1976, 1, p. 99.

⁸³ *Ibidem*, p. 100—101.

⁸⁴ *Ibidem*, p. 103.

⁸⁵ *Ibidem*, p. 104.

⁸⁶ *Ibidem*, p. 105.

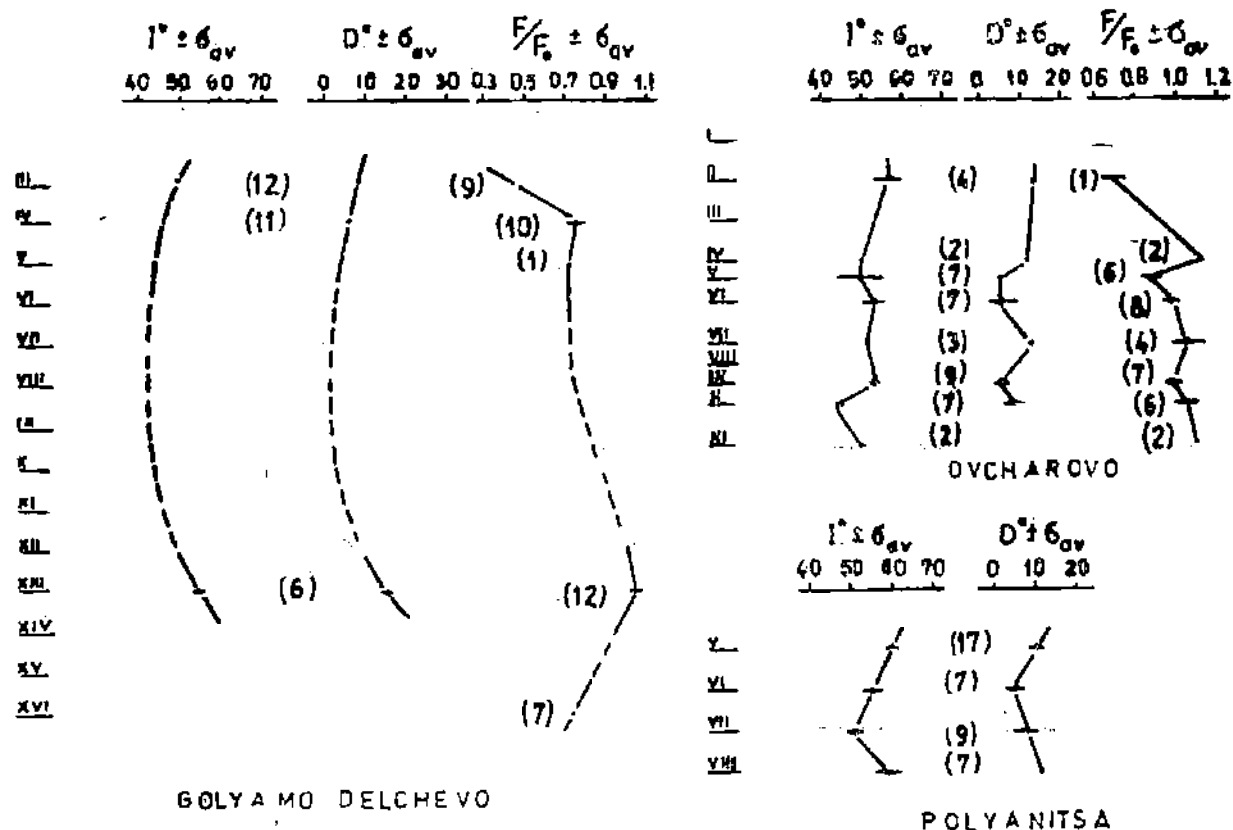


Fig. 11. 1 — după M. Kovačeva.

obținute de V. Buchá pentru Cehoslovacia)⁸⁷. Compararea acestor două curbe, apreciază cercetătoarea bulgară, dă posibilitatea să se observe că există o bună coincidență între rezultatele arheomagnetice din Europa Centrală și cea de sud-est; cursul celor două curbe este similar și coincidența minimumului și maximumului de valori este aparentă⁸⁸. Două perioade, în jurul secolelor VII–IX și respectiv XI–XIII, nu au fost suficient investigate, rezultatele nu sînt clare, motiv pentru care M. Kovačeva consideră că ar fi bine să se recolteze un număr mai mare de probe⁸⁹.

Acceași cercetătoare a făcut investigații asupra cîmpului magnetic din Europa de sud-est în ultimii 8 000 ani (secolul XIX e. n. — 6 300 BC). La analiza rezultatelor a avut în vedere noile date de radiocarbon și rezultatele obținute de ea pentru ultimii 2 000 de ani. Pentru recoltare a folosit proba orientată, iar pentru analiză metoda graficului lui Arai⁹⁰. Rezultatele obținute pentru înclinație și declinație și intensitatea cîmpului magnetic indică că pentru anumite perioade nu există nici un fel de date. Ea consideră că pentru ultimii 2 000 de ani (perioada istorică) aceste intervale libere sînt condiționate de rațiuni istorice. M. Kovačeva apreciază curba periodicităților pentru înclinație și declinație la cîteva sute de ani, iar curba intensității ca fiind mai nereglată și, în același timp, crescîndă. Este posibil ca variațiile intensității, cu excepția ultimelor sute de ani, să fi avut o variație lungă, cu o periodicitate a mii de ani. După M. Kovačeva, mersul curbei arată că spre anul 2000 BC momentul dipol geomagnetic a fost considerabil mai mare decît în prezent. Curba momentului dipol indică atît fluctuațiile cîmpului geomagnetic, cît și a direcției, și demonstrează totodată că au loc importante schimbări ale cîmpului geomagnetic⁹¹. Comparațiile făcute, pe baza rezultatelor arheomagnetice obținute pentru situri arheologice din epoca bronzului, provenind din Bulgaria și Ucraina (fig. 12/2), au dus la concluzia

⁸⁷ Idem, *Upon the intensity of the ancient magnetic field during the last 2000 years in the South-eastern Europe*, in *Earth and Planetary Science Letters*, 17, 1972, p. 199–205.

⁸⁸ *Ibidem*, p. 203.

⁸⁹ *Ibidem*, p. 200, 205.

⁹⁰ Idem, *Summarized results of the archaomagnetic investigation of the geomagnetic field variation for the last 8000 years in southeastern Europe*, in *GJFRAS*, 1980, 61, p. 57–64.

⁹¹ *Ibidem*, p. 60–64.

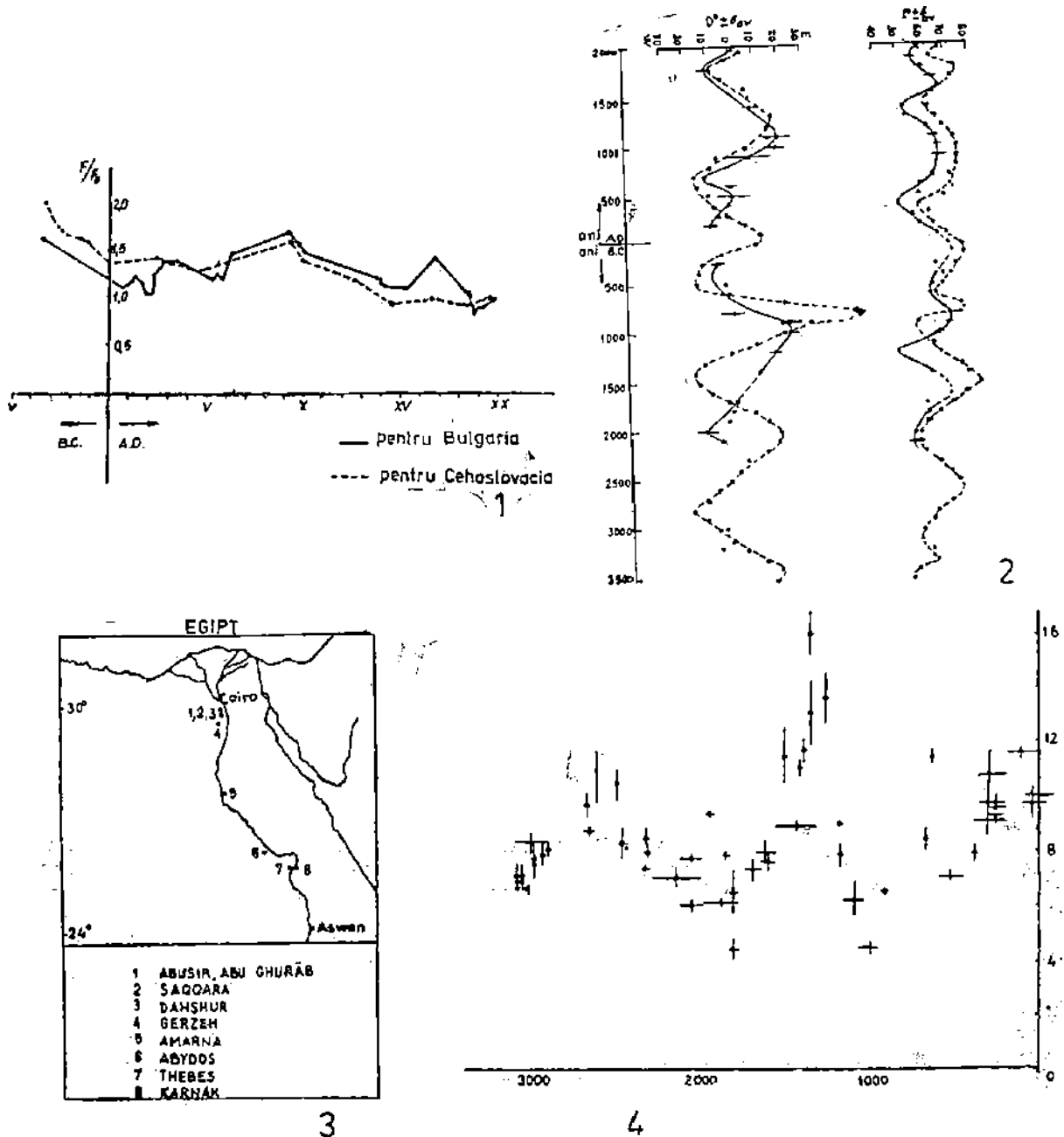


Fig. 12. 1 — după M. Kovačeva; 2 — după M. Kovačeva, G. F. Zagniy, D. Veljović, H. Bucker; 3-4 — după K. P. Games.

că așezările au aceleași virste. Diferența sistematică a inclinației este explicabilă, avînd în vedere că Ucraina are o latitudine geografică mai mare⁹².

Alte comparații s-au făcut apoi cu rezultatele obținute în Anatolia de H. Bucker de la München. Acesta a colecționat probe din așezări arheologice din Anatolia, datate istoric. Pentru așezarea de la Bogazköy, datată 1800 î.e.n., s-au obținut următoarele valori ale elementelor cîmpului magnetic:

⁹² M. Kovačeva, G. F. Zagniy, D. Veljovic, H. Bucker, *L'archéomagnétisme et la chronologie relative, in Thracia Praehistorica, Supplementum Pulpudeva*, 3, 1978, p. 288-291.

declinația = 0°, înclinația = 52°⁹³. Datele sînt considerate ca fiind foarte apropiate de rezultatele obținute de cercetătorii bulgari pe formațiuni din aceeași vreme.

O altă zonă cu cercetări arheomagnetice este India. S-au folosit probe (fragmente ceramice și cărămizi), din 16 situri arheologice, unele date pe baza cronologiei istorice, dar cea mai mare parte prin radiocarbon⁹⁴.

Din datele obținute se desprind următoarele concluzii:

- în trecut intensitatea cîmpului magnetic era mai mică cu 15% decît cea actuală;
- nu se observă nici o variație seculară;
- cîmpul magnetic terestru avea o valoare mult mai mare decît cea actuală, observație susținută și de rezultatele radiocarbon și dendrocronologie⁹⁵.

Rezultate interesante au fost obținute recent și în Egipt, de școala engleză, reprezentată prin K. P. Games. Alegerea Egiptului, ca loc de obținere a unei secvențe magnetice prezintă avantajul de a avea foarte bine pusă la punct cronologia istorică pînă la 3 000 BC (excepție face perioada 1000—715 BC, din care nu s-au recoltat probe)⁹⁶. Pentru analizele arheomagnetice au fost luate probe din cărămizi arse sau uscate la soare și ceramică, pentru perioada 3100—0 BC⁹⁷. Rezultatele obținute pe baza materialelor arse și a celor nearse coincid. Din datele obținute (fig. 12/3—4) Games a tras concluzia, că, cîmpul magnetic a fluctuat în Egipt rapid în perioada studiată. În perioada 3000—0 BC au existat în cîmpul magnetic trei maxime (2 600, 1350 și 300 BC) și două minime (1 900 și 1 000 BC). S-a observat că perioadele de maxim durează 300 de ani, iar cele de minim în jur de 500 de ani⁹⁸. Rezultatele probelor analizate pentru periodicitatea cîmpului magnetic corespund cu cele obținute de alți autori. Se au în vedere cercetările efectuate de Walton asupra intensității cîmpului magnetic la Atena, pentru perioada 2000 BC și 200 e. n., care au periodicități de 100—300 de ani, cu amplitudini ce variază în jur de 1,6⁹⁹. Variații seculare cu frecvențe de 500 și 5 000 de ani sînt sugerate și de studiul sedimentelor lacurilor¹⁰⁰. În ultimii 20—30 de ani datele oferite de observatoare (Paramaribo, Dallas, Tucson) demonstrează o mare rată a descreșterii intensității cîmpului magnetic central¹⁰¹.

În Statele Unite ale Americii cercetările arheomagnetice au fost inițiate în deceniile 6—7 de către Robert DuBois, geofizician, care a introdus în acest spațiu probele orientate. Au fost colectate probe din Arizona, New Mexico, sudul statelor Colorado și Utah (fig. 13/3)¹⁰². Analizînd rezultatele obținute, R. Du Bois a observat că vechea poziție VGP a unor virste similare, pentru două așezări ce se găsesc la distanța de 370 de mile, nu diferă semnificativ, ceea ce reprezintă un cîștig în sensul că regiuni mai îndepărtate pot folosi o singură curbă¹⁰³. Începînd din 1975 R. Du Bois, împreună cu Daniel Wolfman, au colectat probe din regiunea de centru mijloc ale S.U.A., pentru determinarea variației seculare. D. Wolfman, care a publicat rezultatele, este de părere că, curbele obținute pentru centrul continentului diferă puțin față de cele din zona de sud-vest și că, deci, o arie largă de investigații, precum continentul nord-american, poate folosi o singură curbă principală¹⁰⁴.

Pe baza cercetărilor arheomagnetice din S.U.A., care au atins un înalt grad de precizie, s-a ajuns la concluzia, că folosind o curbă arheomagnetică principală, controlată, se pot obține date cu acuratețe de 30 de ani¹⁰⁵. Specialiștii americani acordă o mare încredere metodei arheomagnetice de datare, care consideră ei poate fi depășită în acuratețe doar de cea dendrocronologică.

D. Wolfman a făcut de asemenea analize asupra curbei mișcării polare pentru zona centrală a Americii de Nord. Tot lui îi aparține și încercarea de interpretare a variației seculare pentru Mesoamerica (fig. 13/2)¹⁰⁶. Este interesant de remarcat faptul că aceste încercări independente nu prezintă discrepanțe majore cu cele publicate de Robert DuBois.

Universitățile din Oxford și Liverpool au întreprins în 1975 o expediție arheomagnetică în Peru, ocazie cu care s-au colectat peste 5 000 de probe (ceramică sau alte materiale), care acoperă ultimile două, trei milenii, de pe o largă arie geografică (5—15° latitudine sudică și 70—80° longitudine

⁹³ *Ibidem*.

⁹⁴ R. N. Athavale, *Intensity of the geomagnetic field in India over the past 4000 years*, in *Nature*, 25, 1966, 210, p. 1310—1312.

⁹⁵ *Ibidem*.

⁹⁶ K. P. Games, *The magnitude of the archaeomagnetic field in Egypt between 3,000 BC and 0 BC*, in *GJRAS*, 1980, 63, p. 45—56.

⁹⁷ *Ibidem*, p. 50—51.

⁹⁸ *Ibidem*.

⁹⁹ *Ibidem*, p. 49; D. Walton, *Geomagnetic intensity in Athens between 2000 BC and AD 400*, in *Nature*, 277, 1979, p. 643—644.

¹⁰⁰ *Ibidem*.

¹⁰¹ R. Thompson, *European palromagnetic secular variation 1300-0 BP*, in *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 1978, 25, p. 414—418.

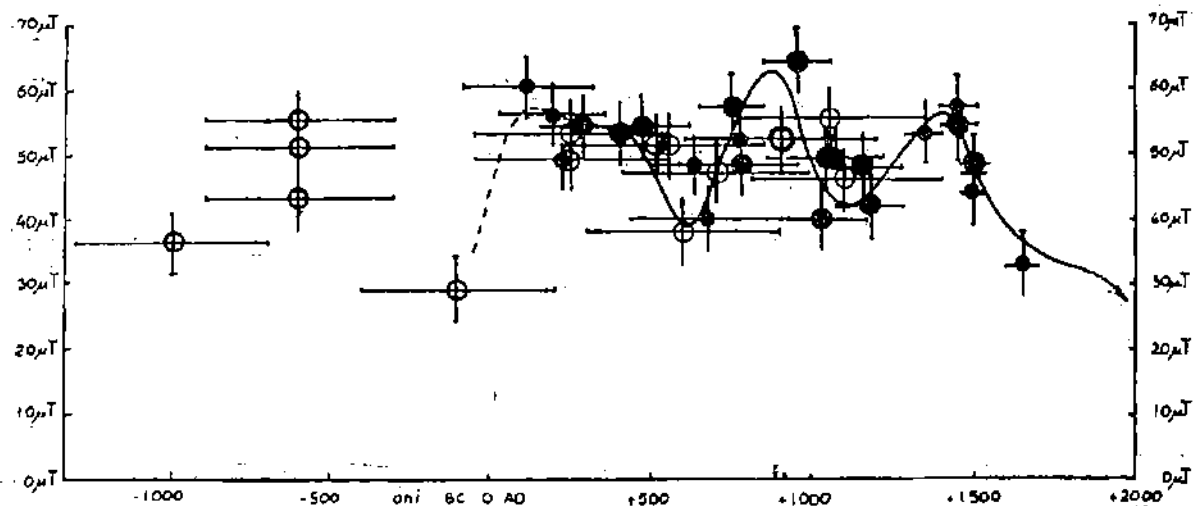
¹⁰² Robert L. Du Bois, *Secular variation in Southwestern U.S.A. as suggested by archaeomagnetic results*, in *Proceedings of the Takesi Nagata Conference, Magnetic Field: Past and Present*, 1975, edited by R. M. Fischer, M. Fuller, V. A. Schmidt, P. J. Wasilewski, p. 133—144.

¹⁰³ *Ibidem*.

¹⁰⁴ D. Wolfman, *Recent archaeomagnetic results from Arkansas*, in *Paper delivered at the Forty-third Annual Meeting of the Society for American Archaeology*, Tucson, Arizona, 1978, p. 75—90.

¹⁰⁵ *Ibidem*.

¹⁰⁶ Idem, *Re-evaluation of Mesoamerican chronology AD 1—1200*, in *Ph.D. Dissertation, University of Colorado*, Boulder, Colorado, 1973, p. 115—132.



1

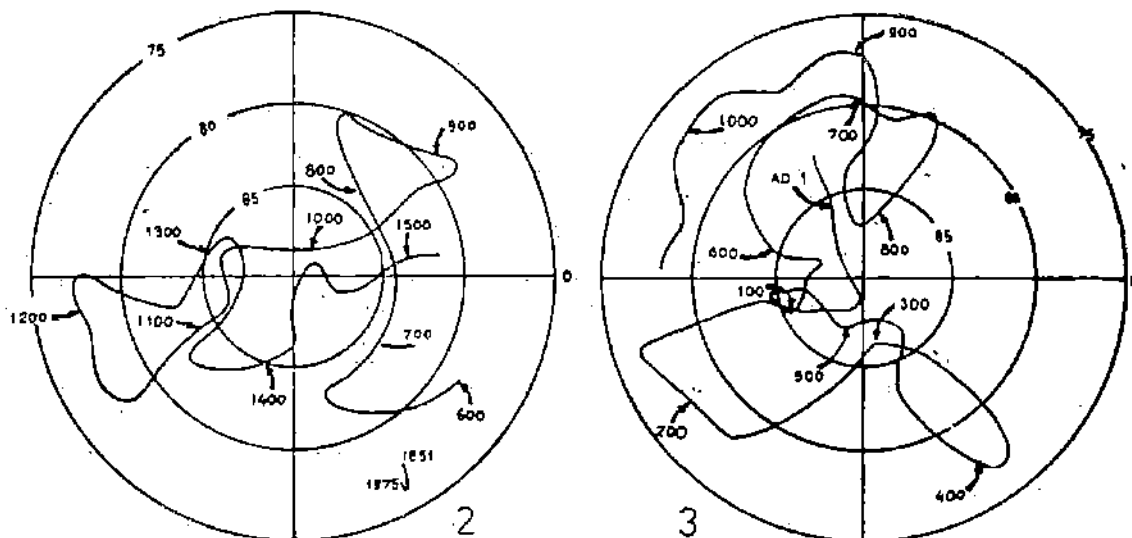


Fig. 13. 1 — după N. M. Gunn și A. S. Murray ; 2-3 — după D. Wolfman.

vestică)¹⁰⁷. Probăle recoltate au fost analizate prin metoda paleomagnetice a lui Shaw și corelată cu aceasta prin termoluminescență. Din rezultatele obținute (fig. 13/1) se observă o anumită descreștere a intensității cimpului geomagnetic, cu un maxim în jur de 900 și respectiv 1400 e. n. și un minim în jur de 600 și 1100¹⁰⁸. Cercetătorii, care au publicat rezultatele, consideră că acestea, comparate cu alte date, indică că variațiile submileniului sint reale, dar nu contemporane pe tot globul¹⁰⁹.

Geofizicienii englezi, respectiv M. J. Aitken au încercat să dateze arheomagnetice ceramica Yüeh și plăci de gresie din districtul Shaohsing, analizând probe din obiecte aflate în colecțiile din Marea Britanie¹¹⁰. În acest scop Aitken a folosit graficele și rezultatele publicate de Watanabe¹¹¹.

Observăm că, de la apariția metodei arheomagnetice de datare, la sfârșitul secolului al XIX-lea și de la punea ei la punct, prin eforturile prof. E. Thellier, din anul 1938, și pînă astăzi, s-au obținut rezultate numeroase și deosebit de interesante. Se poate considera pe bună dreptate, că cercetarea

¹⁰⁷ N. M. Gunn, A. S. Murray, *Geomagnetic field magnitude variations in Peru derived from archaeological ceramics dated by thermoluminescence*, în *GJRS*, 1980, 62, p. 345-366.

¹⁰⁸ *Ibidem*, p. 346.

¹⁰⁹ *Ibidem*, p. 355.

¹¹⁰ M. J. Aitken, *Magnetic dating II*, p. 19.

¹¹¹ *Ibidem*.

arheomagnetică, apărută mai întâi în Europa, nu a rămas o preocupare pur europeană, ci ea a fost adoptată și chiar îmbunătățită pe baza rezultatelor obținute în Extremul Orient, India și în continentul american. Din datele prezentate se observă faptul că se folosesc pentru analiză de preferință descoperiri arheologice *deja date*, fie pe baza metodei radiocarbon, fie prin cronologia istorică. Datarea probelor (anterioară decît analizei arheomagnetice), ca și prelevarea lor corectă, constituie condițiile *sine qua non* ale obținerii unor rezultate valide.

Deși s-au obținut numeroase rezultate în domeniul arheomagnetismului, pînă acum nu se cunosc îndeajuns „legile” care guvernează variațiile cîmpului magnetic terestru, și pe baza cărora se face datarea propriu-zisă. Acest lucru generează uneori și erori, care nu pot fi explicate. Astfel trebuie să interpretăm de altfel și scepticismul părintelui arheomagnetismului modern, prof. Theillier. El consideră că metoda arheomagnetică poate fi folosită deocamdată cu rezultate sigure doar pentru analiza materialelor care se plasează în timp pînă în sec. XIII¹¹². Afirmatia sa are în vedere faptul, demonstrat deja, că pentru perioada cuprinsă între zilele noastre și sec. XIII există date înregistrate direct, verificate și verificabile, care asigură un plus de siguranță datării făcute. Același autor afirmă că pentru preistorie în general, unde imprecizia pînă la un anumit număr de ani nu este foarte importantă și nici supărătoare, se poate folosi și este recomandată în continuare metoda radiocarbon¹¹³.

Cercetări relativ recente au arătat faptul că în funcție de valorile și variațiile cîmpului magnetic terestru au loc schimbări și în ceea ce privește concentrația de carbon din atmosferă. Astfel, dacă s-ar ajunge la cunoașterea valorilor cîmpului magnetic terestru din trecut, pe baza lor s-ar pune la punct nu numai metoda arheomagnetică, ci și cea a radiocarbonului¹¹⁴. Cu toate aceste neajunsuri, alți cercetători din domeniul arheomagnetismului apreciază că metoda are un grad mult mai mare de precizie decît metoda radiocarbon și că se pot obține date cu o exactitate de pînă la 25—50 ani¹¹⁵.

Există și unele nuanțări în ceea ce privește curba cronologică obținută prin metoda arheomagnetică. Astfel, dacă curba datării cuprinde cîteva zeci de secole și este construită pe baza modelelor datate cu exactitate de pînă la un secol, curba poate fi extrapolată pe cîteva sute de kilometri. În schimb, dacă curba datării se construiește pe modele datate cu exactitate de pînă la cinci ani, aceasta scoate în evidență deosebiri locale și poate fi extrapolată numai în limitele a zeci de kilometri¹¹⁶.

Cercetătorii americani și englezi consideră că deși metoda arheomagnetică are unele carențe, oferă totuși cele mai avantajoase condiții pentru datare în arheologie. Totodată ei recomandă combinarea și compararea rezultatelor oferite prin această metodă cu cele obținute prin termoluminescență¹¹⁷. Folosirea acestor două metode combinate oferă posibilitatea verificării rezultatelor, iar datele obținute sînt privite cu mai multă încredere¹¹⁸.

Fără îndoială că rezolvarea problemelor legate de arheomagnetism și de datarea propriu-zisă nu se pot face decît cu multă răbdare, prin acumulare de noi date. Cercetările arheomagnetice care se fac în momentul de față în tot mai multe țări arată interesul suscitât de această metodă și de posibilitățile sale reale de datare.

THE ARCHEOMAGNETIC METHOD AND THE DATING OF THE ARCHAEOLOGICAL SITES

SUMMARY

The present article is meant to serve as a directory for the archaeomagnetic dating method. Starting from the available bibliography, I have made a survey of the principles of this method and I have given data concerning the variations of the earth's magnetic field, underlining the results obtained in several countries. I objectively mention some of the errors of the above method, which are due — as explained by those working on the problem — to the insufficient knowledge of the „laws” governing the variations of the components of the earth's magnetic field in the past. In the same way, I present the opinions of several geophysicists about the archaeomagnetic method, its dating possibilities, also underlining the contributions of some of the researchers.

In this respect we mention professor E. Theillier, considered as the father of archaeomagnetism, who perfected the archaeomagnetic method, both theoretically and practically, by building up the necessary apparatus. We have also made ample reference to the results obtained by M. J. Aitken (England), by S. P. Burlatskaya and her collaborators (U.R.S.S.), by M. Kovačeva (Bulgaria) by R. DuBois and D. Wolfman (U.S.A.) etc. We underline the fact that the archaeomagnetic method, discovered and perfected in Europe has been enriched through the results obtained in other continents (America, Asia).

¹¹² E. Theillier, *Le camp magnétique...*, p. 113.

¹¹³ *Ibidem*.

¹¹⁴ V. Buchá, E. Neustupny, *Changes of the Earth's magnetic field and radiocarbon dating*, in *PA*, 1967, 2, p. 569—613.

¹¹⁵ S. P. Burlatskaja, *Datirovanie archeologičeskich ob'ectov archeomagnitnyh metodom*, in *SA*, 4, 1963, p. 117.

¹¹⁶ *Ibidem*.

¹¹⁷ D. Wolfman, *op. cit.*, p. 130; N. M. Gunn, A. S. Murray, *op. cit.*, p. 365.

¹¹⁸ *Ibidem*.

The article also presents the Romanian contributions to the problem under discussion — We have made a survey of the recorded values of the magnetic field in Romania, beginning with the 18th century. We have also underlined St. Procopiu's and C. Păpușoi's activity in the problem of remanent magnetism, which has allowed the possibility of drawing magnetic maps for Romania. At the same time we have also considered the results obtained by archaeomagnetic analysis. Some mention I. Bucur's older results from the analysis of samples coming from Wallachia and Transylvania (13th to 18th century) as well as more recent results obtained by C. Păpușoi and his collaborators in Moldavia (4th century A. D., 14th to 15th century). The tendency is that an archaeomagnetic scale should be reached for Romania by analyzing an increased number of samples and by comparison with the results obtained in the neighbouring countries.

The data in the present article lead to the conclusion that two aspects are important in order to achieve an efficient archaeomagnetic scale: the method of gathering samples and the dating of the archaeological objects. The archaeomagnetic scale can be achieved for well-dated objects and only afterwards, is it possible to interpret (to date) the objects about which there is no or just incomplete information.

Geophysicists suggest the preliminary dating of objects, through the radioactive carbon method or by historical chronology. It has been noticed that very good results are obtained through analyses combining thermoluminescence and archaeomagnetism, which offer the possibility of simultaneously checking both the methods.

The archaeomagnetic method is appreciated by many specialists as being more advantageous and less expensive than other methods.

The problems still unsolved in the theoretical domain of geomagnetism and which also concern the „laws“ governing the variations of the earth's magnetic field will probably get a solution in the next years, by storing further data.

Translated by OCTAVIA OCŪ

LIST OF FIGURES

- Fig. 1. — 1 — after E. Thellier; 2 — after M. J. Aitken, H. N. Hawley and G. H. Weaver; 3 — after S. P. Burlatskaya.
 Fig. 2. — 1 — after M. J. Aitken and H. N. Hawley; 2 — after S. P. Burlatskaya; 3 — after S. P. Burlatskaya, I. E. Načasova, T. B. Nečasova, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy, E. N. Tarhov, Z. A. Tcelidze.
 Fig. 3. — 1-2 — after S. P. Burlatskaya, I. E. Načasova, T. B. Nečasova, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy, E. N. Tarhov, Z. A. Tcelidze; 3-5 — after S. P. Burlatskaya, I. E. Načasova, T. B. Nečasova, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy.
 Fig. 4. — 1-2 — after S. P. Burlatskaya, I. E. Načasova, T. B. Nečasova, O. M. Rusakov, G. F. Zagniy.
 Fig. 5. — 1-2 — after O. M. Rusakov, G. F. Zagniy.
 Fig. 6. — 1 — after O. M. Rusakov, G. F. Zagniy; 2 — after V. Buchá.
 Fig. 7. — 1-2 — after V. Buchá; 3 — after O. Orlický and J. Tirpak.
 Fig. 8. — 1 — after O. Orlický and J. Tirpak; 2 — after C. Păpușoi, M. Mantu and A. Mantu.
 Fig. 9. — 1 — after C. Păpușoi, M. Mantu and A. Mantu; 2 — after M. Kovačeva.
 Fig. 10. — 1 — after I. Bucur; 2 — after M. Kovačeva.
 Fig. 11. — 1 — after M. Kovačeva.
 Fig. 12. — 1 — after M. Kovačeva; 2 — after M. Kovačeva, G. F. Zagniy, D. Veljovič, H. Bucker; 3-4 — after K. P. Games.
 Fig. 13. — 1 — after N. M. Gunn and A. S. Murray; 2-3 — after D. Wolfman.