

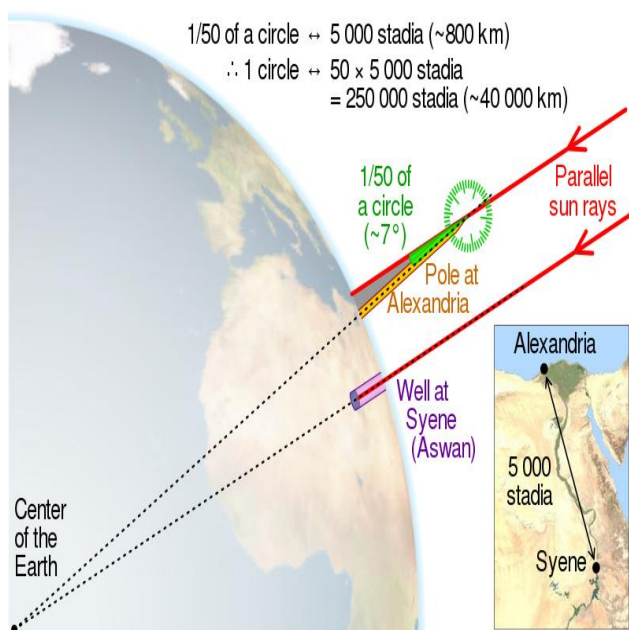
UN PUNCT GEODEZIC STRUVE DIN REPUBLICA MOLDOVA – OBIECT DIN PATRIMONIUL MONDIAL UNESCO

Ștefan D. TIRON*

Key words: Earth, triangulation, Struve Geodetic Arc, Rudi geodetic point, UNESCO World Heritage.

În antichitate, se considera că Pământul are forma sferică. Această opinie era împărtășită de Eudoxus din Cnidus (cca 408–cca 355 î.Hr.), astronom și matematician antic grec, căruia i se atribuie una din primele estimări ale lungimii circumferinței Pământului. Marele filozof grec Aristotel (384–322 î.Hr.) demonstra că Pământul este sferic, invocând drept argument faptul că în timpul eclipselor de Lună umbra Pământului de pe discul lunar este totdeauna circulară.

Cele mai vechi măsurători cunoscute ale mărimei Pământului au fost realizate de Eratosthenes din Cyrene (276–194 î.Hr.), matematician, geograf și astronom antic grec. Eratosthenes știa că în Syene (astăzi Assuan, Egipt), la amiaza locală în ziua solstițiului de vară (21 iunie), Soarele este la zenit. Aceasta se întâmplă pentru că Syene este la latitudinea $24^{\circ}05'N$, deci, aproape de Tropicul Cancerului, care în anul 100 î.Hr. avea latitudinea de $23^{\circ}42'N$. Folosind un gnomon de înălțime cunoscută, și măsurând lungimea umbrei acestuia pe sol la solstițiu, Eratosthenes a determinat că unghiul de incidență al razelor solare la amiază în Alexandria era de $7^{\circ},2$ sau $1/50$ din circumferința unui cerc. Considerând că Pământul este sferic și știind distanța dintre Alexandria și Syene, egală cu 5000 stadii, Eratosthenes a estimat circumferința Pământului la valoarea rotunjită de 252 000 stadii. Calculele recente, efectuate cu date mai exacte pentru lungimea unei stadii în kilometri, arată că rezultatul obținut de Eratosthenes diferă cu doar 0,16% de circumferința polară a Pământului acceptată în prezent.



Imaginea nr. 1 (stânga) Metoda lui Eratosthenes de măsurare a circumferinței Pământului
Imaginea nr. 2 (dreapta) Arcul Geodezic STRUVE

La începutul secolului al XVII-lea, Pământul încă mai era considerat a fi o sferă ideală. Mai târziu, însă, au fost observate fenomene care au pus la îndoială această concepție. S-a constatat, de

* Cercetător științific, Academia de Științe din R. Moldova, Chișinău.

exemplu, că perioada de oscilație a unui pendul crește pe măsură ce acesta este deplasat de la Polul Nord spre Ecuator, de unde rezultă că un ceasornic cu pendul, deplasat pe această direcție, rămâne în urmă față de un orologiu de referință situat la pol. Acest fapt a condus la concluzia că forța de gravitație terestră descreește de la poli spre ecuator, aceasta însemnând că raza Pământului nu este constantă și, deci, Pământul nu este sferic.



Imaginea nr. 3 (stânga) *Friedrich Georg Wilhelm STRUVE (1793-1864)*

Imaginea nr. 4 (centru) *Punctul geodezic Rudi, Republica Moldova. Foto-A. Beintema*

Imaginea nr. 5 (dreapta) *Carte postală cu Punctul geodezic Rudi din R. Moldova_recto*

Faptul că forma Pământului diferă de aceea a unei sfere a fost demonstrat pentru prima dată de Isaac Newton (1643–1727). Sugerând ideea că Pământul are forma unui elipsoid, Newton a propus și un ingenios experiment imaginar în sprijinul acesteia. Să ne imaginăm că în globul terestru se forează două mine: una de la pol la centrul Pământului și alta de la ecuator la centrul planetei noastre, după care cele două mine se inundează cu apă. Dacă admitem că Pământul are forma unei sfere, atunci minele ar trebui să aibă aceeași adâncime. Ca urmare a rotației axiale a Pământului, asupra apei din mina ecuatorială acționează o forță centrifugă, în timp ce apa din mina polară nu este afectată de această forță. Deci mina ecuatorială trebuie să fie mai adâncă pentru a se menține echilibrul apei din ambele mine. Prin urmare, Pământul nu este sferic, ci e turtit la poli. Astfel, oamenii de știință au concluzionat că Pământul are forma unui elipsoid biaxial de rotație.

Pentru a verifica această concepție și a determina forma exactă și mărimea Pământului, în prima jumătate a secolului al XIX-lea au fost întreprinse mai multe încercări de măsurare a meridianului terestru, a razei ecuatoriale și a gradului de turtire a Pământului. Procedeu aplicat în acest scop constă în măsurarea unui arc de meridian atât în unități de lungime, cât și în grade de arc. Pentru aceasta, se determină distanța liniară și cea unghiulară dintre două puncte ale globului terestru, situate pe același meridian.

Lungimea unui arc de meridian terestru se măsoară prin *metoda triangulației*, descrisă de W. Snellius (1580?-1626), astronom și matematician olandez, în lucrarea sa *Eratosthenes Batavus* (1617). În trigonometrie și geometrie, triangulația este procesul de determinare a locației unui punct prin măsurarea unghiurilor la acesta din puncte cunoscute la fiecare capăt al unei baze fixe de referință. Punctul poate fi, apoi, fixat ca al treilea punct al unui triunghi cu o latură și două unghiuri cunoscute. În geodezie, metoda triangulației constă în determinarea foarte precisă a coordonatelor geografice ale unui număr de puncte marcate pe teren, care sunt vârfuri ale unor triunghiuri. Pentru aceasta, se măsoară toate unghiurile triunghiului, precum și una din laturile acestuia, orientată pe direcția Nord-Sud și reprezentând un mic segment de meridian terestru. Metoda triangulației a fost aplicată pentru prima dată de Snellius, în 1615, la măsurarea unui arc de meridian în Olanda.

Măsurările arcelor de meridian efectuate pe parcursul anilor au arătat că lungimea unui grad

de meridian nu este una și aceeași la diverse latitudini: 110,6 km la Ecuator, dar 111,7 km la poli. Acest fapt dovedește că Pământul este turtit la poli.

Sarcina de precizare a formei și dimensiunilor Pământului a fost realizată de renumitul astronom rus-german Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864) (cunoscut în Rusia cu numele Vasili Iacovlevici Struve), membru al Academiei de Științe din Sankt Petersburg (din 1832), unul dintre fondatorii astronomiei stelare, primul director al Observatorului Pulkovo (Sankt-Petersburg, Rusia) și director al Observatorului din Dorpat (Derpt) (în prezent – Tartu, Estonia), în colaborare cu Carl Friedrich Tenner (1783-1860), general, geodez și membru de onoare al Academiei.



Imaginea nr. 6 (stânga) Moneda comemorativă de argint (revers) de 50 lei, R. Moldova

Imaginea nr. 7 (dreapta) Harta R. Moldova cu Punctele geodezice Rudi și Geamăna

Struve a decis să construiască și să măsoare un arc de meridian cuprins între Oceanul Arctic și Marea Neagră, care să treacă prin Observatorul Universității din Dorpat (în prezent Universitatea Tartu din Estonia). Lucrările de construcție a arcului au fost realizate de un grup de topografi și astronomi de la Dorpat și Pulkovo și au durat aproape 40 de ani (din 1816 până în 1855). Este de remarcat faptul că, înainte de Struve, un arc de circa 2400 km a fost construit în India (finalizat în 1845), și un arc mai scurt, în Lituania.

Arcul lui Struve reprezenta o rețea de triangulații topografice, cuprinsă între localitatea Fuglenæs, în apropiere de Hammerfest, Norvegia, și Staro-Nekrassowka, pe țărmul Mării Negre. Inițial, arcul era constituit din 258 de triunghiuri geodezice (poligoane) adiacente, construite de la nord la sud, de-a lungul meridianului de longitudine 25° Est, într-un lanț de 265 de puncte de triangulație (sau *puncte geodezice*) de referință, situate în unghiurile acestor triunghiuri, inclusiv 13 puncte astrono-geodezice, în care se determinau latitudinea și azimutul. Din cele 265 de puncte geodezice, 27 de puncte erau amplasate pe teritoriul guberniei Basarabia din Imperiul Rus.

Punctele geodezice de referință ale acestei rețele de triangulație au fost marcate în teren prin diverse semne: cuburi de granit cu o cavitate umplută cu plumb, găuri mici forate în suprafețe de rocă, cruci de fier, piramide din piatră sau obeliscuri special amenajate ș.a.

La momentul finalizării lucrărilor, în 1855, acest arc de meridian, denumit *Arcul geodezic Struve* se întindea în lungul meridianului de $25^{\circ}20'08''$ pe o distanță de peste 2820 km (1/14 din circumferința Pământului) fiind cuprins între Fuglenæs, un punct în apropiere de Hammerfest (având coordonatele $70^{\circ}40'12''$ N latitudine și $23^{\circ}39'48''$ E longitudine), Norvegia și punctul Staro-

Nekrassowka (45°19'54"N și 28°55'41" E), situat în apropiere de Ismail (astăzi regiunea Odessa, Ucraina), traversând și teritoriul Guberniei Basarabia.

Arcul geodezic Struve a permis prima măsurătoare de precizie a unui segment lung de meridian, fapt care a contribuit la determinarea exactă a circumferinței și precizarea formei Pământului. Aceste măsurări au marcat și un pas important în cartografierea topografică și dezvoltarea științelor Pământului. Descrierea Arcului a fost dată de Struve în lucrarea sa «Дуга меридиана в 25°20' между Дунаем и Ледовитым морем, измеренная с 1816 по 1855 гг.» (Arcul de meridian de 25°20' dintre Dunăre și Oceanul Arctic, măsurat din 1816 până în 1855).

În secolul al XX-lea, prin măsurări de mai mare precizie, s-a stabilit că planeta noastră nu este un elipsoid, ci are o formă specifică mai complicată, numită *geoid*, acesta fiind definit ca o suprafață perpendiculară în orice punct al său pe forța de gravitație.

La momentul finalizării lucrărilor, Arcul Geodezic, cunoscut la acea vreme ca Arcul Ruso-Scandinav, traversa teritoriul a două state: Imperiul Rus și Uniunea Suediei și Norvegiei. În prezent, Arcul Struve traversează 10 țări (Norvegia, Suedia, Finlanda, Rusia, Estonia, Letonia, Lituania, Belarus, Ucraina și R. Moldova). Multe din punctele geodezice ale Arcului Struve s-au ruinat cu timpul, astfel încât din cele 265 de puncte geodezice inițiale s-au păstrat până la ora actuală doar 34.

În R. Moldova s-au păstrat doar două din cele 27 de puncte geodezice inițiale de pe teritoriul guberniei Basarabia. Unul din ele a fost descoperit în anul 2003 în localitatea Rudi din raionul Soroca, la 300 m de autostrada Soroca-Otaci. Cel de al doilea punct geodezic a fost identificat abia în anul 2006, în apropiere de satul Geamăna, raionul Anenii Noi.

În 1993, la Conferința internațională consacrată aniversării a 200 de ani de la nașterea lui Struve, organizată de Universitatea Tartu (Estonia), oameni de știință din Finlanda (unde s-au păstrat peste 60 de puncte geodezice) au venit cu propunerea de a se acorda Arcului geodezic Struve statutul de monument din Patrimoniul Mondial UNESCO. Propunerea finlandezilor, inclusă și în rezoluția conferinței de la Tartu, a fost sprijinită de Uniunea Astronomică Internațională și de Federația Internațională a Geodezilor. În următorii ani, în fiecare din țările prin care trece Arcul Struve s-au efectuat lucrări de cercetare geodezică pentru a localiza și restabili punctele geodezice inițiale care s-au păstrat. Prin decizia Comitetului Patrimoniului Mondial UNESCO din 15 iulie 2005, Arcul geodezic Struve a fost inclus în Lista Patrimoniului Mondial UNESCO.

Arcul geodezic Struve înscris în Lista Patrimoniului Mondial UNESCO cuprinde doar 34 din punctele geodezice inițiale, stabilite de Struve și colegii săi între anii 1816 și 1851, inclusiv: 4 puncte geodezice în Norvegia, 4 în Suedia, 6 în Finlanda, 2 în Rusia, 3 în Estonia, 2 în Letonia, 3 în Lituania, 5 în Belarus, 4 în Ucraina și un punct geodezic în Republica Moldova (Punctul geodezic Rudi având coordonatele: latitudine 48°19'05"N și longitudine 27°52'35"E.). Alte puncte geodezice Struve care s-au mai păstrat urmează să fie protejate la nivel național.

Ceremonia oficială de deschidere a Punctului geodezic Rudi restabilit din R. Moldova a avut loc la 17 iunie 2006. La ceremonie au participat membri ai Guvernului, academicieni ai Academiei de Științe a Moldovei, oameni de știință din țările prin care trece Arcul Geodezic Struve și alte personalități.

Cu ocazia înscrierii Punctului geodezic Rudi în Lista Patrimoniului Mondial UNESCO, în R. Moldova a fost emisă o monedă comemorativă de argint cu o valoare nominală de 50 lei. De asemenea, în 2016 a fost emisă o carte poștală având imprimată pe revers imaginea obeliscului ce marchează Punctul Geodezic de la Rudi și pe verso - inscripția: *Arcul Geodezic Struve. Punctul Geodezic Rudi, s.Rudi, r-nul Soroca.*

Bibliografie

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Eudoxus_of_Cnidus
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Eratosthenes>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Struve_Geodetic_Arc Feb 11, 2019
5. Леонид Мосионжник, Екатерина Кожухарь. Дуга Струве в Молдове: мировое научное наследие. <http://soroki-navsegda.ucoz.ru/news/2009-03-15-14> Фото: Альберт Бейнтема

6. Геодезический пункт Дуги Струве в селе Рудь, Сорока
<http://www.moldovenii.md/ru/section/352/content/43953> feb 2012
7. Василиса Фрунзе. Дуга Струве: чудо света в Молдове <http://www.vedomosti.md/news/duga-struve-chudo-sveta-v-moldove> 25.07.2014
8. http://www.moldovenii.md/resources/files/images/natura/18_Rudi-Soroca_170606_025.jpg
9. Stefan D. Tiron. *Punct geodezic Struve din R. Moldova în Patrimoniul UNESCO*. 15.11.2016.
10. Struve Geodetic Arc - UNESCO World Heritage Centre, <https://whc.unesco.org/en/list/1187>
11. Struve Geodetic Arc – Documents - <https://whc.unesco.org/en/list/1187/documents>

A STRUVE GEODETIC POINT FROM REPUBLIC OF MOLDOVA. ON THE UNESCO WORLD HERITAGE LIST

In antiquity, it was believed that the Earth had a spherical shape. This opinion was shared by Eudoxus of Cnidus (408 – 355 b.Cr.). The earliest known measurements of the Earth's size were made by Eratosthenes of Cyrene (276 – 194 b.Cr.). Newton (1643 – 1727) demonstrated for the first time that the Earth has the form of an ellipsoid.

In the first half of the 19th century several attempts were taken to measure the terrestrial meridian to determine the exact shape and size of the Earth. The most precise measurements of the meridian were carried out by the Russian astronomer of German origin Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864), the first director of the Pulkovo Observatory (St. Petersburg, Russia), who built a meridian arch between the Arctic Ocean and the Black Sea on a distance of 2820 km.

This Meridian Arch, completed in 1855, consisted of 258 adjacent geodetic triangles (polygons), located along the 25°E meridian and 265 triangulation (geodetic) points of reference, between Hammerfest in Norway and Staro-Nekrassowka in Ukraine. The arch, later called the Struve Geodetic Arch, crosses 10 countries (Norway, Sweden, Finland, Russia, Estonia, Latvia, Lithuania, Belarus, Ukraine and Moldova).

The Struve Geodetic Arch allowed the first exact measurement of a long segment of meridian, which contributed to the precise determination of the circumference and the the shape of the Earth

Currently, the Arch includes only 34 of the initial geodetic points, established by Struve, including a geodetic point in Moldova - the Rudi geodetic point with the coordinates: 48°19'05" N and 27°52'35" E.

By decision of the UNESCO World Heritage Committee of 15 July 2005, the 34 geodetic points of the Struve Geodetic Arch, including the Rudi station point in Moldova, were included in the UNESCO World Heritage List.