

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

V. A. Troickaja  
Zemní proudy

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 1 (1956), No. 1, 50--55

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137252>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

- [7] R. Zug, L. O. B., 16, 119, 1933.  
 [8] G. A. Šajn, Izvěstija AN SSSR, XIV, No 1, 1950.  
 [9] V. A. Ambarcumjan, Dokl. AN Arm. SSR, X, 149, 1949.  
 [10] B. Bok, Harvard Circ., No 384, 1934.  
 [11] V. A. Ambarcumjan, Učenyje zapiski LGU, No 22, 1938.  
 [12] P. F. Parenago, Kúrs zvjezdnoj astronomii, Moskva, 1946.  
 [13] K. A. Barchatova, AŽ, XXVII, No 3, 1950.  
 [14] B. J. Markarjan, Soobščeniija Bjurakanskoj observ., XI, 1953.  
 [15] B. J. Markarjan, Dokl. AN Arm. SSR, XV, No 1, 1952.  
 [16] A. Blaauw, BAN, XI, 405, 1952.  
 [17] P. F. Parenago, AŽ, 30, No 3, 1953.

V. A. TROICKAJA

## ZEMNÍ PROUDY

### ЗЕМНЫЕ ТОКИ

(*Priroda*, 1955, č. 5, str. 81—85.)

V Zemi neustále protékají elektrické proudy, měnící se co do velikosti a směru. Zemní proudy byly po prvé pozorovány při použití dlouhých telegrafních linek. Bylo zjištěno, že občas v těchto linkách vznikaly proudy mnohem intenzivnější než umělé proudy užívané v telegrafii. Bylo pozorováno, že tyto »poruchy« na telegrafních linkách vznikají současně s magnetickými bouřemi a polárními zářemi a že značně ruší telegrafní spoje. Tak na př. během silné magnetické poruchy 13.—14. května 1921 byly vzniklé proudy tak silné, že zcela vyřadily telefonní stanice v Karlstadu (Švédsko) a v New Yorku. Měření na telegrafních linkách, vykonaná při téže bouři ve Stockholmu ukázala, že rozdíl potenciálů, způsobené zemními proudy, činily až 10 V na kilometr linky. Na linkách dlouhých několik set kilometrů dosahoval rozdíl potenciálů několik set V. Od poloviny minulého století byly podobné případy popsány nejednou. Tak na př. bylo zaznamenáno, že při magnetické bouři 29. srpna—3. září 1859 rozdíl potenciálů na lince 500 km ve Francii dosáhl 700 V. Při magnetické bouři 16. července 1892 rozdíl potenciálů na různých linkách v Severní Americe dosáhl 400—600 V atd.

Tato jednotlivá pozorování elektrických proudů v Zemi při magnetických bouřích poskytla první informace o existenci soustavy proudů, které se současně vyskytnou na velkých úsecích zemského povrchu. Později byly elektrické proudy v Zemi, nepřetržitě se měnící co do velikosti i směru a současně pozorované v oblastech desítek i více tisíc čtverečních kilometrů, nazvány v geofysice tellurickými neboli zemními proudy.

Všechny pozorované změny a poruchy zemních proudů ukázaly úzkou souvislost se změnami a poruchami geomagnetického pole, s nimiž tvoří jednotný komplex poruch elektromagnetického pole zemského. Jak se ukázalo, poruchy elektromagnetického pole jsou zase spojeny se vznikem polárních září, s poruchami ionosféry a s poruchami radiových spojů. Podle dnešních představ všechny tyto navzájem souvisící jevy mají svůj původ v proudech elektricky nabitých částic, vyzařovaných Sluncem a pronikajících do prostoru kolem Země.

Současný vznik krátkoperiodických variací zemních proudů ve velké oblasti velmi láká k využití tohoto přirozeného proměnného pole v geologickém průzkumu

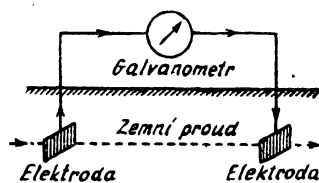
mu, při němž se užívá rozdílů v elektrickém odporu vrstev zemské kůry pro objasnění jejich geologické struktury. Při řešení mnoha úkolů geoelektrického průzkumu, na př. při elektrickém průzkumu hluboko uložených naftových struktur, je totiž nutné uměle vytvářet elektrické pole na značně velké části zemského povrchu. Je toho třeba proto, že hloubka proniknutí proudu do země závisí na vzdálenosti mezi elektrodami, jimiž se proud dostává do Země. Na př. k průzkumu struktur uložených v hloubce několika km musí být sytící elektrody vzdáleny od sebe na desítky km. Vytvoření tohoto umělého elektrického pole v rozsáhlých oblastech zemského povrchu a vykonání příslušných měření je spojeno s prakticky neřešitelnými obtížemi. Na druhé straně současný vznik variací přirozeného elektrického pole v oblastech o desítkách, stech a tisících km<sup>2</sup> poskytuje průzkumníkovi takové podmínky, jaké nelze vytvořit uměle. Proto jsou nyní vypracovávány průzkumné metody, založené jak na měření a studiu variací zemních proudů, tak na současném měření a studiu variací zemních proudů a magnetického pole. Metody, založené na využití variací přirozeného elektromagnetického pole, umožňují v principu vykonat průzkum do potřebné hloubky. Pro praktické užití těchto metod je třeba znát zákonitosti vzniku krátkoperiodických variací; jejich kmitočtové spektrum a charakter rozložení variací na zemském povrchu. Všechny tyto vlastnosti krátkoperiodických variací mohou být zjištěny z registrací zemních proudů.

Jak registrujeme zemní proudy? Pravidelné celodenní registrace zemních proudů se provádějí pomocí dvou speciálních nevelkých (200—1000 m) přijímacích linek (obr. 1). Tyto linky jsou obvykle umístovány tak, aby spolu svíraly pravý úhel, nejčastěji ve směru východ—západ a sever—jih. Současná registrace rozdílů potenciálů, který je podmíněn zemními proudy, na dvou vzájemně kolmých linkách, je nutná proto, aby bylo v každém okamžiku možné určit velikost a směr pole zemních proudů. Rozdíl potenciálů mezi elektrodami zakopanými do země se měří citlivým zrcátkovým galvanometrem. Zrcátko galvanometru je osvětlováno ze zvláštního světelného zdroje a pohyby zrcátka, způsobené změnami zemních proudů, jsou zaznamenávány na fotografický papír. Příklady registrací různých variací zemních proudů jsou uvedeny na obr. 2, 3 a 4.

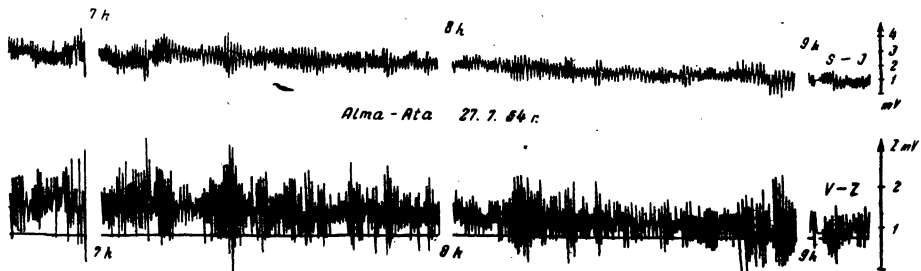
Zemní proudy se obvykle překládají s proudy místního původu. Tyto místní proudy se skládají z proudů umělých (způsobených blízkostí elektrických drah, elektráren, výkonných elektrických zařízení, telegrafních linek atd.) a proudů přirozených (vyvolaných elektrochemickými a elektrofiltračními procesy v zemi, rozdílem teplot různých míst zemského povrchu, elektrisací podmíněnou bleskovým výbojem, srážkami nesoucími elektrické náboje atd.).

Vlastní zemní proudy můžeme rozlišit od proudů místního původu srovnáním registrací zemních proudů na několika stanicích, dosti od sebe vzdálených. Variace a poruchy pole, které se opakují v registracích mnoha stanic, jsou změny vlastních zemních proudů.

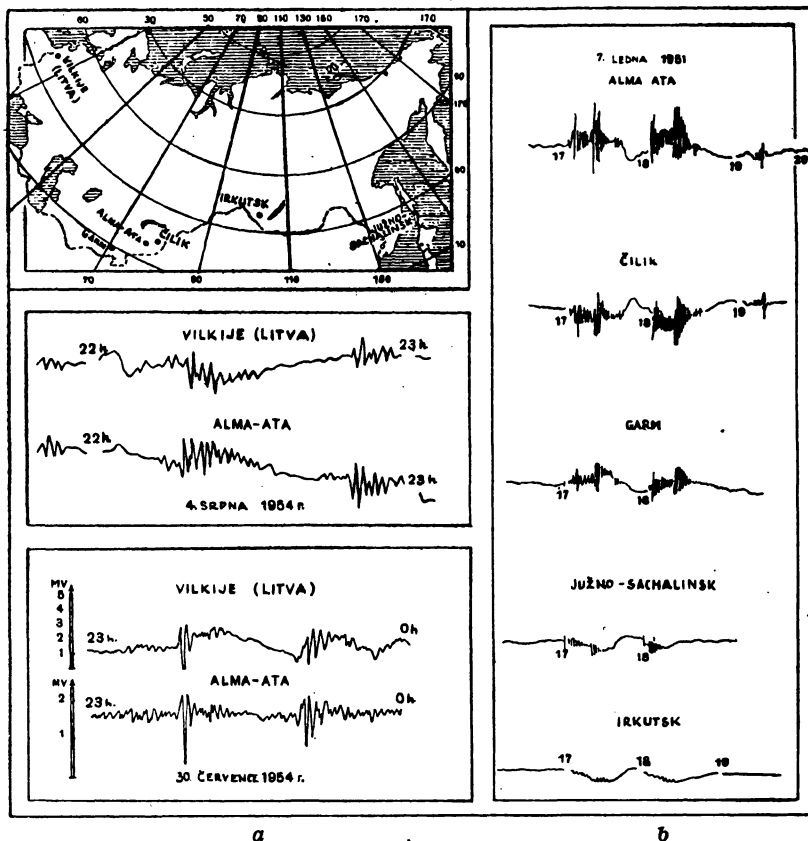
Studium registrací zemních proudů ukazuje, že formy, v nichž se projevují poruchy elektromagnetického pole zemského, jsou velmi různorodé. V této různorodosti se odrážejí různé nám neznámé fyzikální pochody, které probíhají jak na Zemi samé, tak i daleko mimo ni. Úkolem výzkumníka je pokusit se o rozluštění těchto záznamů, v nichž příroda vypráví o svých tajemstvích jazykem nám



Obr. 1: Princip registrace zemních proudů.

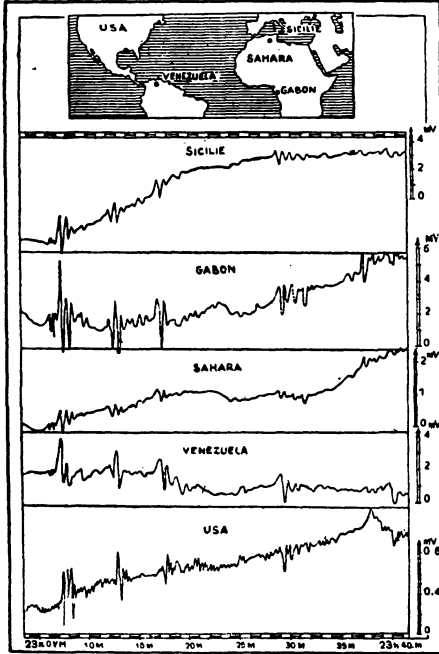


Obr. 2. Registrace ustálených variací na stanici Alma-Ata, 27. července 1954. Čísła 7, 8, 9 značí hodiny UT. Šipky napravo umožňují stanovit hodnotu amplitudy variací v mV při délce měřicí linky 1 km. Registrační rychlost, t. j. rychlost pohybu fotografického papíru, 85 mm/h. Periody variací uvedené části záznamu jsou 20–30<sup>s</sup>

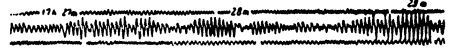


Obr. 3a znázorňuje současnou registraci skupinových variací na dvou místech — Vilki (Litva) a Alma-Atě. Vzdálenost mezi stanicemi je asi 4000 km. Registrační rychlost je 85 mm/min.; na obr. 3b je záznam zemních proudů a magnetického pole (Irkutsk, registrační rychlost 20–22 mm/h). Parametry registračních zařízení na různých stanicích nejsou stejně pokud jde o citlivost. Přesto je na záznamech všech stanic jasně vidět dvě skupiny variací — jedna mezi 17. a 18. hodinou, druhá mezi 18. a 19. hodinou — které vznikly 7. ledna 1951 současně na velmi rozsáhlém území.

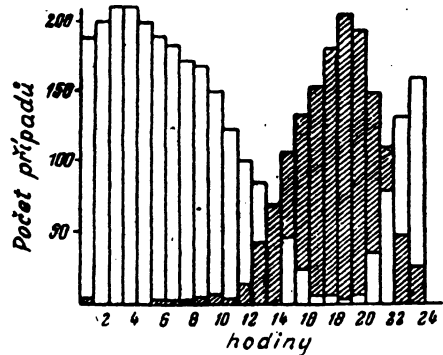
dosud neznámým. K tomu účelu je především třeba vyznat se ve vlastnostech jednotlivých poruch pole, určit typické formy těchto poruch, prostudovat zákonitosti jejich vzniku a konečně srovnat takto získané zákonitosti s jinými geofyzikálními jevy a skutečnostmi.



Obr. 4: Současný záznam skupinových variací 24. února 1952 na stanicích v Evropě, Africe, Jižní Americe a USA. Na dolní části diagramu jsou uvedeny hodiny (UT). Napravo je citlivost záznamu, která umožňuje určit velikost amplitudy variací.



Obr. 5: Příklad záznamu variací s periodou 1,5<sup>s</sup> na stanici Alma-Ata. Čísly nad přerušením záznamu je označen čas. Registrační rychlost byla 1 mm/s.



Obr. 6: Rozdělení skupinových ustálených variací v průběhu dne (UT). Na ose úseček jsou naneseny hodiny, na ose pořadnic je vyznačen počet případů pro skupiny variací a počet hodin se stálými variacemi. Zčerněné sloupce ukazují rozdělení skupin variací, bílé sloupce — rozvržení ustálených variací.

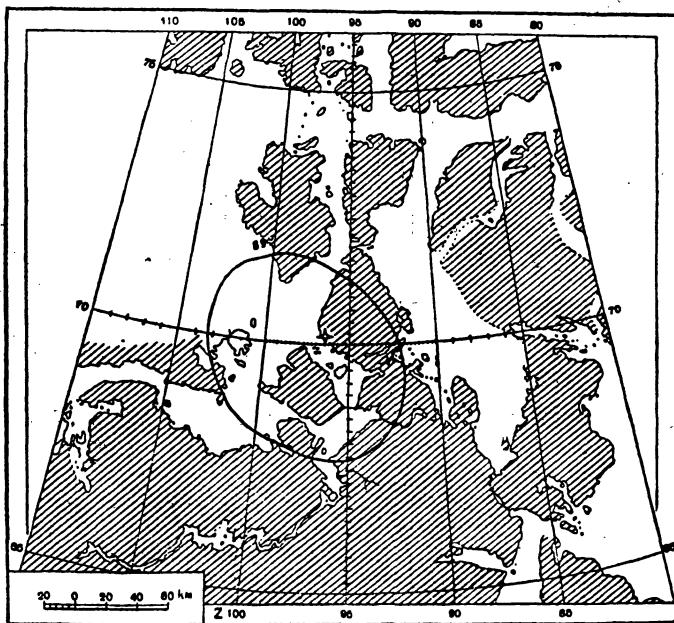
V současné době se podařilo objevit některé zajímavé zákonitosti týkající se krátkoperiodických poruch. Registrace zemních proudů ukazují, že v elektromagnetickém poli zemském se nejčastěji vyskytují variace dvou typů. První typ, variace ustálené, trvají zpravidla několik hodin. Jejich periody se obvykle pohybují v mezích 10—30<sub>s</sub> (viz obr. 2). Tyto variace vznikají současně v oblastech o rozloze několika tisíc i desítek tisíc km<sup>2</sup>.

Variace druhého typu jsou pozorovány ve skupinách (grupách) po 2—10 km-tech ve skupině. Pro ně jsou charakterisovány periody 40 i více vteřin. Na obr. 3 a 4 jsou fotokopie registrací, které ukazují současný vznik krátkoperiodických variací tohoto typu na různých místech, vzdálených stovky a tisíce km. Na obr. 3a je současná registrace zemních proudů v Litvě. (Vilkie) a v Alma-Atě. Registrace ze 30. VII. a 4. VIII. ukazují, že ve vzdálenosti několika tisíc km jsou variace druhého typu zaregistrovány současně. Na obr. 3b je registrace zemních proudů 7. I. 1951 v různých místech při menší registrační rychlosti (20 až 22 mm/hod.). Pro stanici Irkutsk je na obr. 3b magnetogram. Registrace všech

těchto stanic, nehledě na jisté rozdíly, ukazují, že na celé ploše povrchu zemského od Jižního Sachalinu až po Garm se vyskytly dvě skupiny variací mezi 17. a 18. hodinou a 18. a 19. hodinou světového času (UT).

Na obr. 4 jsou uvedeny registrace skupin variací získané v Evropě a v Americe 24. února 1952. Tyto registrace ukazují rovněž současnost vzniku variací takového typu na nesmírně rozsáhlém území.

Řidčeji jsou na registracích zemních proudů pozorovány ustálené variace s periodami 0,3—2<sup>s</sup>, které se na registracích vyskytují v jednotlivých skupinách. Připomínají rázy (obr. 5). Výzkum těchto variací se provádí pomocí registrací se



Obr. 7: Mapa polohy magnetického pólu na severní polokouli. Kroužkem je označena oblast polohy magnetického pólu.

značně větší registrační rychlostí (1 mm/s). Variace tohoto typu vznikají rovněž současně na velké ploše.

Studium registrací zemních proudů ukázalo, že jak ustálené variace, tak variace skupinovitě vznikají velmi často, zpravidla každý den.

Na obr. 6 je rozdělení skupinových a ustálených variací během dne. Toto rozdělení svědčí o tom, že skupinové variace vznikají zpravidla tehdy, kdy ustálené variace vymizí a naopak. S největší pravděpodobností vznikají skupinové variace mezi 15. a 21. hodinou. Maximum připadá na 18.—19. hodinu. Ustálené variace jsou nejčastěji pozorovány mezi 1. a 6. hodinou. Variace s velkými amplitudami mají maximum mezi 2. a 5. hodinou. Analogické rozdělení obou typů variací byla získána pro různá místa (Šack, Irkutsk, Matočkin Šar).

Nejpozoruhodnější vlastnosti dvou udaných typů krátkoperiodických variací zemních proudů tedy jsou<sup>1)</sup>:

<sup>1)</sup> Viz Doklady AN SSSR, sv. XCI, 1953, str. 241.

1. pravidelnost každodenního vzniku;
2. současnost vzniku ve velmi rozsáhlých oblastech;
3. vzájemně se vylučující charakter rozdělení těchto dvou typů variací během dne.

Sváráznost typů variací (různý charakter variačního režimu, různé periody a amplitudy variací), pravidelnost a současnost jejich vzniku ve velmi rozsáhlých oblastech (a velmi pravděpodobně na celé Zemi) a konečně časová přiřazenost prvního typu variací řádově k intervalu 0—12 hod., druhého k intervalu 12—24 hodin UT, vynutily si předpoklad o spojení příčin jejich vzniku se zvláštnostmi každodenní změny vzájemné polohy Země a Slunce.

Jaké jsou zvláštnosti polohy Slunce a Země v obdobích příznivých pro vznik skupinových a ustálených variací?

Mezi 15. a 21. hodinou UT, kdy nejčastěji vznikají skupiny variací, prochází Slunce meridiány, na nichž je oblast magnetického pólu na severní polokouli (obr. 7).

Mezi 1. a 6. hodinou UT, t. j. v období, kdy se na registracích každodenně objevují ustálené variace, prochází Slunce meridiány magnetického pólu na jižní polokouli.

Výskyt maxim rozdělení dvou typů krátkoperiodických poruch současně s přechodem Slunce přes meridiány geomagnetických pólů ukazuje závislost vlastností těchto variací (period, charakteru variačního režimu, amplitud atd.) na orientaci magnetických pólů Země vzhledem ke Slunci.

Mechanismus této závislosti je zatím nejasný. V souhlasu se současnými představami lze předpokládat, že prvotní příčinou těchto poruch je proud nabitých částic, emitovaných Sluncem. Získaná data svědčí o tom, že dostane-li se tento proud do sféry působnosti geomagnetického pole, vyvolává v elektromagnetickém poli poruchy různého charakteru v závislosti na orientaci geomagnetické osy.

*Přeložili M. Boušková a Dr. Jan Bouška*