Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

J. V. Karus
Nové metody užité geofysiky

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 2 (1957), No. 2, 219--223

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/137274

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1957

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

Kandidát fysikálně matematických věd J. V. KARUS

NOVÉ METODY UŽITÉ GEOFYSIKY*)

Značný význam pro zvyšování počtu nalezišť užitkových nerostů mají geofysikální metody průzkumu, protože urychlují a zlevňují geologickou prospekci, zejména v těžko přístupných terénech a při vyšetřování hlubinné geologické stavby.

Geofysikální metody průzkumu jsou založeny na studiu různých fysikálních jevů a procesů, jež probíhají v horních vrstvách zemské kůry. Na př. měřením hodnot tíže (gravimetrie) nebo intensity magnetického pole (magnetometrie) v různých bodech na povrchu Země a studiem charakteru změn těchto veličin v prostoru lze zjistit ložiska vrstev, odlišujících se od svého okolí vyšší specifickou hmotou nebo zvýšenou magnetisací.

Zvláštnosti geologické stavby území se projevují na charakteru a rychlosti šíření elastických vln, buzených pomocí umělých otřesů — nevelkých explosí (užitá seismika). Pozorování elektrického proudu, protékajícího Zemí, umožňuje stanovit polohu útvarů, které se liší od okolních vrstev odporem (geoelektrický průzkum).

Výběr geofysikálních metod závisí na povaze dané úlohy. Na př. pro hlubinný seismický průzkum se hodí nízkofrekvenční seismické vlny, jež se šíří do značných vzdáleností. Radioaktivní záření proniká jen do nepatrných hloubek, proto se radioaktivní metody nedají použít pro vyšetřování stavby zemské kůry ve větších hloubkách, mohou však být velmi efektivní při hledání uhelných ložisek metodou radioaktivní karotáže, stejně jako při karotáži naftových vrtů, neboť umožňují přechod k nezapaženým vrtům.

V současné době existuje kolem 120 modifikací geofysikálních metod, jež slouží k řešení rozmanitých průzkumných úkolů, především k vyšetřování geologické stavby v různém měřítku a s libovolným stupněm přesnosti. Mezi práce tohoto druhu patří geofysikální měření, jejichž cílem je regionální strukturně geologické mapování, studium hlubinné geologické stavby nebo průzkum struktur, v nichž je pravděpodobný výskyt nerostných ložisek (na př. naftonosné struktury nebo zlomy obsahující rudy).

Geofysikální metody lze aplikovat bezprostředně na hledání užitečných nerostů (na př. odkrytí ložisek magnitových železných rud podle údajů geomagnetických měření), dále na řešení hydrogeologických a inženýrsko-geologických úloh (hledání pitné a technické vody, zjišťování krasových útvarů, výběr vhodných míst pro velké stavby a trasy projektovaných železnic a silnic).

Geofysikální metody, užité komplexně s jinými metodami, slouží rovněž ke stanovení stupně seismicity území (seismické rayonování).

V hornictví se těchto metod užívá při vyšetřování různých jevů a procesů, jejichž znalost je nutná při těžbě užitkových nerostů (na př. horský tlak v dolech, fysikální stav vrstev hornin v uhelných šachtách, v nichž dochází k náhlému vyvržení uhlí a plynu, kontrola postupu fronty ohně při podzemním zplynování uhlí, vyhledávání zasypaných důlních děl a j.).

Geofysikálními metodami se vyšetřují rovněž fysikálně mechanické vlastnosti hornin v reálných podmínkách, na př. nosnost podkladu při stavbě drah.

*) J. V. Karus, *Razvitije metodov razvedočnoj geofiziki*, Vestnik Akademii Nauk SSSR, 9, 1956.

Sovětskými geofysiky byla rozřešena řada důležitých úkolů geologického průzkumu. Byl objeven velký počet naftonosných struktur, značně byly rozšířeny perspektivy využití zemního plynu v mnoha oblastech Azerbajdžanu, severního Kavkazu, Ukrajiny. Byla vymezena území, kde se pravděpodobně vyskytuje uhlí; prostřednictvím elektrokarotáže byly zpřesněny výpočty zásob uhlí. Podrobné strukturální vyšetřování známých uhelných pánví umožnilo v řadě oblastí Donbasu a Kuzbasu vynechat stadium předběžných průzkumných vrtů a přejít na základě geofysikálních měření přímo k podrobnému průzkumu pomocí důlních vrtů a nezapažených vrtů. V mnoha rudných oblastech se podařilo geofysikálními metodami odkrýt nová naleziště železných a měděných rud, bauxitů a pod. Zvlášť příznivé výsledky měl geofysikální průzkum rudných ložisek v Kazachstanu. Na jejich podkladě se projektuje vybudování řady hydroelektráren a nových železnic.

Byly vypracovány nové modifikace seismických metod průzkumu, z nichž je nejvíce rozšířena korelační metoda lomených vln, která umožňuje vyšetřovat geologickou stavbu v rozmezí hloubek od několika metrů do několika desítek kilometrů. Na využití širšího spektra frekvencí seismických vln je založena nízko- a vysokofrekvenční seismika. Vysokofrekvenční metoda, jež používá seismických vln s kmitočtem 70—500 Hz, umožňuje zvýšit přesnost a podrobnost seismického průzkumu, zejména v malých hloubkách. Jak účinná je tato metoda, ukázalo se názorně při strukturně geologickém mapování střední Ukrajiny a středního Uralu; byla při tom rozpracována metodika průzkumu v podmínkách strmě klesajících ložisek metamorfovaných hornin, pokrytých mocnou vrstvou sedimentů. Stejně nadějnou se ukázala tato metoda při vyšetřování šikmých struktur v devonských vrstvách volžsko-uralské naftové oblasti. Byly vyvinuty prototypy vysokofrekvenčních seismických stanic.

Nízkofrekvenční seismika používá seismických kmitů o frekvenci 8—20 Hz, které díky svému malému útlumu umožňují dosáhnout při seismickém průzkumu značných hloubek. Tato metoda byla již s úspěchem použita při vyšetřování hlubinné geologické stavby jihozápadní Turkmenie a při určování reliefu krystalického podkladu volžsko-uralské naftové oblasti. Dále byla vypracována metoda hlubinného seismického sondování, dovolující sledovat stavbu zemské kůry jako celku v hloubce 50—60 km.

Rozpracovány jsou základy seismoakustické metody vyšetřování stavby horních vrstev zemské kůry a mechanických vlastností hornin v přirozených podmínkách. Tato metoda používá stacionárních harmonických kmitů s frekvenčním spektrem 80—4000 Hz.

Značně rozšířena je metoda studia šíření seismických vln, buzených ultrazvukovými elastickými impulsy (řádově 10—20 kHz). Umožňuje vyšetřování zvláštností v šíření seismických vln na modelech, odpovídajících různým typům seismogeologické struktury prostředí. Pomocí speciálního přístroje — seismoskopu — lze studovat elastické vlastnosti hornin na vzorcích a sledovat časové změny horského tlaku v dolech. Této metody — impulsní ultrazvukové seismokarotáže — se používá k detailnímu průzkumu seismických vlastností vrstev, jimiž prochází vrtný otvor.

Byly položeny základy k novému směru seismického výzkumu, jehož podstatou je využití dynamických charakteristik seismických vln. Pracuje se na metodách přibližného řešení dynamických úloh, týkajících se šíření seismických vln ve zvrstveném prostředí; bylo rovněž provedeno experimentální vyšetřování dyna-

mických charakteristik seismických vln různých typů, šířících se v reálném prostředí. Byly zkonstruovány nové přístroje, jež usnadňují studium dynamických charakteristik vln.

V oboru geoelektrického průzkumu byly navrženy metody, založené na využití proměnných elektromagnetických polí. Byly vypracovány základy metody dipólové elektromagnetické sondáže, pomocí níž se vyšetřuje charakter elektromagnetického pole, buzeného v zemi zdrojem střídavého proudu s frekvencí zvukového spektra. Tato metoda je vhodná k zjišťování geoelektrického profilu a strukturních zvláštností prostředí sedimentárního komplexu. Je rozpracována teorie elektromagnetické sondáže. Pomocí velkého elektronického počítacího stroje byl vypočten soubor teoretických křivek (»paletky«) pro prostředí sestávající z dvou a z tří vrstev a sestrojen prototyp aparatury, jenž byl předběžně vyzkoušen v terénu.

Jsou rozpracovány základy metody hlubinného geoelektrického průzkumu, využívající variace tellurických proudů. Byla vypracována teorie tvoření stejnosměrného proudu v zemi. Byl dokázán velký vliv procesů vedoucích ke vzniku pole na provádění sondáže pomocí stejnosměrného proudu.

Se zřetelem na použití v oblastech rudných ložisek byla vypracována metoda používající střídavého proudu, založená na komplexním vyšetřování amplitudových a fázových charakteristik magnetické nebo elektrické složky elektromagnetického pole. Použitelnost této metody byla dokázána při mapování a hledání rudných ložisek na Ukrajině a na středním Uralu. Rovněž byly vyvinuty prototypy aparatury.

Byl uzavřen velký cyklus vyšetřování magnetických vlastností hornin. Byly určeny zákonitosti procesu tepelné magnetisace a objasněn vztah mezi velikostí zbytkového magnetismu a koercitivní silou v závislosti na tepelných podmínkách. Byla zjištěna kvantitativní závislost magnetické susceptibility hornin na elastickém napětí.

Byla vypracována teorie a vyrobeny prototypy aparatury pro studium magnetické susceptibility a zbytkového magnetismu jak v laboratorních, tak v reálných podmínkách (přístroj na měření zbytkového magnetismu, susceptibility a universální torsní váhy). Dále byl sestrojen přístroj pro automatickou registraci a studium topografie slabých magnetických polí na modelech.

Pomocí nově vypracované metodiky a aparatury pro měření teploty ve vrtech lze studovat teplotní režim v horních vrstvách zemské kůry a řešit řadu jiných úloh, na př. kontrolovat zonu hoření uhelných vrstev při podzemním zplynování.

Bylo dokončeno vybudování sítě základních gravimetrických bodů na území SSSR. Na více než 400 bodech byla provedena vysoce přesná tíhová měření pomocí speciálních gravimetrů a nové metodiky pozorování. Tyto údaje se již používají při zpracování výsledků prospekčního gravimetrického měření.

K problému rozvoje metod užité geofysiky patří četné otázky, jejichž řešení se setkává s principiálními a technickými obtížemi. Zde je nevyhnutelná úzká spolupráce výzkumných ústavů s výrobními podniky.

Základní úkoly, jež stojí před pracovníky v oboru užité geofysiky, jsou: zvýšit dosah do hloubky, podrobnost a jednoznačnost řešení jednotlivých geofysikálních metod, zvýšit jejich ekonomickou efektivnost a rozšířit oblast použití.

Ve vývoji metod užité geofysiky lze pozorovat dva hlavní směry. Jednak je to vypracování nových a zdokonalování již existujících metod průzkumu na základě

výsledků současné fysiky, techniky a obecné geofysiky. Zvláštní pozornost je třeba věnovat procesům a jevům, souvisícím s oblastí jaderné fysiky, a dále jevům, jež jsou na rozhraní různých oborů fysiky a geofysiky, na př. jevům piezoelektrickým nebo seismoelektrickým, polovodičovým vlastnostem hornin a p. K dalšímu rozvoji metod užité geofysiky nebo jejich modifikací je nezbytná především práce výzkumná, zaměřená na vytvoření teorie a na její fysikálně geologické podložení; je to zejména studium fysikálních vlastností hornin, vývoj prototypů přístrojů, zdokonalení způsobů interpretace výsledků měření. Přirozeně je třeba zaměřit tento výzkum tak, aby výsledků bylo možno použít k řešení konkretních úkolů, jež nejsou dosud řešitelné běžnými metodami.

Pokud jde o druhý směr, jeho nejvážnějším úkolem je studovat na základě geofysikálních a geologických údajů zákonitosti ve stavbě zemské kůry v různých geologických oblastech a zákonitosti v rozložení různých druhů nerostných ložisek. Řešení tohoto úkolu vyžaduje úzkou spolupráci geologů a geofysiků.

Resortní ústavy pro geologický a geofysikální průzkum, které provádějí geofysikální měření, budou provádět rovněž geologickou interpretaci výsledků měření za účelem geologického mapování a výběru nejvhodnějšího regionálního komplexu metod pro hledání nerostných ložisek, neboť v těchto ústavech se shromažďuje jak potřebný materiál, tak i praktické zkušenosti.

Ústav fysiky Země bude řešit řadu úkolů týkajících se vypracování nových a zdokonalení starých metod. V oboru užité seismiky se zde plánuje vypracování nových modifikací seismických metod, založených na dynamických charakteristikách seismických vln (amplituda, spektrální složení, tvar, frekvence) a na využití různých typů vln (transversálních, povrchových, transformovaných).

Důležitou součástí prací z tohoto oboru bude i studium mechanismu a podmínek vzniku seismických vln a podmínek pro jejich příjem. K dalšímu rozvoji seismických metod bude třeba rozšíření matematického aparátu pro řešení dynamických úloh z teorie elasticity, nových způsobů modelování seismických vlnových procesů a studia mechanických vlastností hornin, nových způsobů registrace seismických vln v reálném prostředí, kdy studovaný jev často těsně souvisí s jinými, což značně komplikuje řešení dané úlohy. Všestranné studium různých typů vln pomůže najít nové cesty a metody seismického průzkumu a vytvořit nové prostředky pro interpretaci seismických pozorování. Největší úsilí musí být věnováno teoretickému podložení dynamických interpretačních metod jako doplňku k dosavadním metodám převážně kinematickým, založeným na studiu časových polí seismických vln. Rozvoj seismických metod má zvlášť velký význam pro rudný průzkum v horských oblastech.

Hlavním směrem v rozvoji geoelektrických metod je využití proměnných elektromagnetických polí pro účely prospekce. Metody, založené na vyšetřování elektrické a magnetické složky pole střídavých proudů v zemi, mají mnoho předností před metodami stejnosměrnými. Otevírají prospekci nové perspektivy, zvláště za podmínek, kdy se stejnosměrné metody nedají použít, jako v případě existence stínících vrstev.

Za hlavní úkol v tomto směru je třeba pokládat vyvinutí metod studia geoelektrického profilu v případě horizontálně zvrstveného prostředí na základě frekvenční analysy elektromagnetického pole reálných elektrických (tellurických) proudů, další vývoj metody dipólové elektromagnetické sondáže v oblastech typu

platformy, vytvoření metody leteckého průzkumu pro geologické mapování a zdokonalení metod pro průzkum rudných a uhelných ložisek.

Nové metody geoelektrického průzkumu je třeba opřít o studium elektrických vlastností hornin a jevů, souvisících s protékáním při protékání elektrického proudu horninami (specifický odpor pro různé frekvence, detekční vlastnosti hornin a p.).

V oboru magnetometrie lze za hlavní směr výzkumu označit studium procesů magnetisace hornin a jejího charakteru, vývoj metod studia magnetických parametrů a vlastností hornin v závislosti na jejich nerostném složení a textuře, vypracování metodiky zpracování pozemních a leteckých magnetických měření a metod založených na určování gradientu magnetického pole.

Studium magnetických vlastností hornin má velký význam pro objasnění příčin anomalií a pro určení vztahu mezi charakterem pole a geologickou stavbou dané oblasti. Především musí být vyřešeny otázky týkající se stanovení magnetické susceptibility a zbytkového magnetismu hornin, jež do značné míry porušují charakter vnějšího magnetického pole geologického útvaru. Podstatnou otázkou je rovněž modelování magnetických anomalií, jež usnadňuje řešení přímé úlohy magnetického průzkumu. Je nevyhnutelně třeba rozšířit práci na rozvoji fysikálních podkladů thermometrie a studia tepelných parametrů hornin, stejně jako na vytvoření metodiky studia tepelného pole v reálných podmínkách.

Laboratorní vyšetřování fysikálních vlastností hornin v podmínkách velkých hloubek, t. j. za vysokého tlaku a teploty, se provádí ve speciální laboratoři.

To jsou v podstatě hlavní směry, jimiž se bude dále brát vývoj metod užité geofysiky.

Zvláštní místo mezi nimi zaujímají metody založené na zákonech jaderné fysiky (radiometrie). Dosavadní výsledky ukazují, že použití radiometrických metod v průzkumu má v budoucnosti značné vyhlídky.

Byla na příklad potvrzena možnost použití leteckého měření γ při přímém hledání naftových ložisek, úspěšně se rozvíjejí metody gamakarotáže, neutron-neutronové karotáže pro geologický průzkum vrtů, přesného určení rozhraní mezi oblastí obsahující naftu a vodu i pro určení porésnosti a dalších údajů o technickém stavu vrtných otvorů. Pracuje se na metodě aktivační analysy (»umělá aktivita«) a na metodě usměrněných atomů, jejíž pomocí lze studovat dynamiku pohybu nafty a vody v naftonosných vrstvách.

Je rozřešena řada problémů teorie radioaktivních metod průzkumu; je vypracována metoda gama-gamakarotáže, jež umožňuje stanovit hustotní charakteristiku vrstev, je dokázána efektivnost této metody při hledání a určování mocnosti uhelných ložisek, jimiž prochází vrt. K dalšímu rozvoji radioaktivních metod je třeba věnovat zvláštní pozornost teorii a způsobům interpretace a vývoji nové aparatury k provádění radiometrických měření.

Úspěšného splnění všech naznačených problémů může být dosaženo jen za těsné spolupráce všech geofysikálních pracovišť a za úzkého spojení geologů s geofysiky pracujícími v průzkumu.

Zkráceně přeložila Libuše Ruprechtová