

# SBORNÍK

ČESKOSLOVENSKÉ SPOLEČNOSTI ZEMĚPISNÉ

ROČNÍK 1962 • ČÍSLO 3 • SVAZEK 67

KONRÁD BENEŠ

## FYZIOGRAFIE POVRCHU MĚSÍCE

Přirozená družice Země, Měsíc, je předmětem zájmu nauky, známé pod pojmem *selenologie*. Za dobu svého trvání, prakticky od dob G. Galilea, soustředila selenologie úctyhodné množství poznatků o našem nejbližším sousedu ve vesmíru. Bylo vypočteno, že poloměr Měsíce činí 1738 km, jeho hmota 1/81 hmoty zemské, hustota 3,34. Ze zeměkoule můžeme v důsledku měsíční librace pozorovat asi 59 % jeho povrchu. Dalšíh 27 % známe částečně ze snímků sovětské meziplanetární stanice (Luník III. 1959) a 14 % zatím neznáme vůbec. Přesto však dnes víme, že ve vývoji odvrácené strany Měsíce nejsou žádné *z á s a d n í k v a l i t a t i v n í r o z d í l y*. Jsou tu snad jen jiné kvantitativní poměry v zastoupení tzv. pevnin a moří. Zatímco pro přivrácenou stranu se udává poměr moří k pevninám 1 : 2,99, stanovil se pro fotografovanou část odvrácené strany poměr 1 : 6,26. Tento údaj je však třeba posuzovat s krajní opatrností, neboť dokumentace z paluby meziplanetární stanice byla prováděna při plném (přímém) osvětlení měsíčního tělesa, což značně omezilo rozlišovací schopnost. Vcelku proto není správně vyvozovat v dané etapě průzkumu dalekosáhlé závěry o vývoji druhé strany Měsíce.

Povrch měsíčního tělesa je budován v podstatě dvěma vzájemně odlišnými typy kůry. První a ve svém celku i vývojově starší typ bývá označován jako měsíční *pevniny* tzv. *terrae*. Na viditelné straně zaujímají *terrae* zhruba 60 % jeho povrchu (obr. 1). Druhý typ kůry je vyvinut v oblastech měsíčních *moří* (*mare*, pl. *maria*) anebo tzv. *bažin* (*palus*, pl. *paludes*), *jezer* (*lacus*) a tvoří i dna některých velkých kráterů, tzv. *valových rovin*. Pevninský i mořský typ měsíční kůry má své charakteristické rysy a zvláštnosti, které je třeba blíže poznat.

*Pevninský* typ měsíční kůry, který je součástí vnější selenosféry, je pozoruhodný tím, že jeho povrch má vyšší světelnou odrazivost (*albedo*). Na této skutečnosti je založena i domněnka, že se skládá z jiných hornin než útvary *mare*. Někteří badatelé např. J. E. Spurr označují rámcově horninovou soustavu pevnin jako tzv. *lunarity* (*albedo* 0,242) na rozdíl od *lunabasů* (i *novabasů*), budujících útvary *mare* v mořích, bažinách ap. *Albedo* tzv. *lunabasů* (hornin basické a ultrabasické povahy) se udává hodnotou 0,029. Přesnější petrografická diferenciace hornin měsíčního povrchu zatím neexistuje, jsou jen vyslovovány předpoklady a domněnky na základě různých fyzikálních měření. Často se uplatňují názory, že na pevninách jde o porézní, většinou pevné horniny, odvozené např. od trachytových láv, o pyroklastika a vulkanické popely. Naproti tomu je útvar *mare* složen z derivátů basických láv (např. čedičového typu) ap.



m a o s l a b e n í. Není vyloučeno, že je místy pod útvary *mare* přetržen a přerušen, neboť s procesy magmatické anatexe, asimilace ap. je třeba počítat.

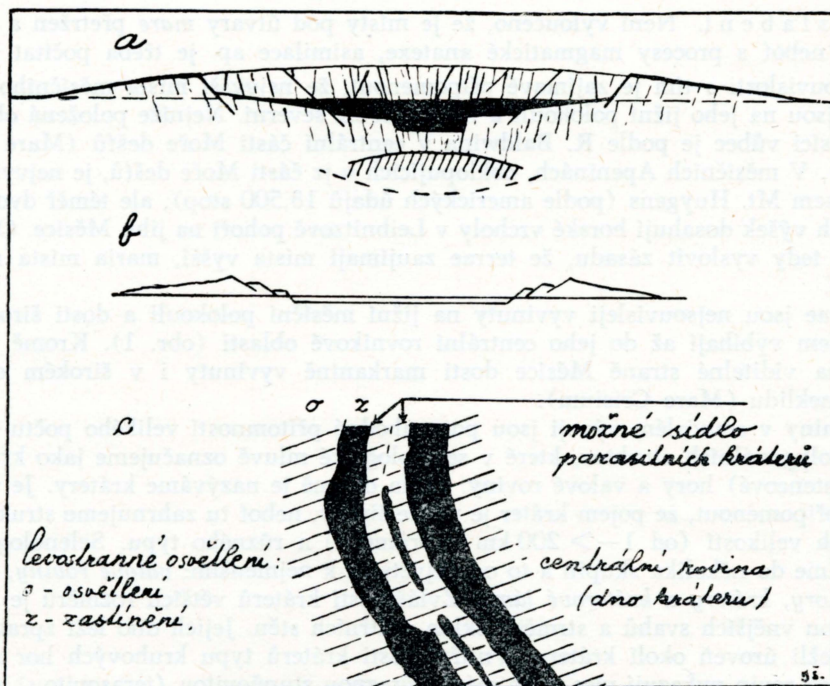
V souvislosti s tím je zajímavé připomenout, že nejvyšší místa měsíčního povrchu jsou na jeho jižní polokouli a nejhlubší na severní. Nejnižše položená oblast na Měsíci vůbec je podle R. Baldwina v centrální části Moře dešťů (Mare Imbrium). V měsíčních Apeninách, obklopujících v jz části Moře dešťů, je nejvyšším vrcholkem Mt. Huygens (podle amerických údajů 18,500 stop), ale téměř dvojnásobných výšek dosahují horské vrcholy v Leibnitzově pohoří na jihu Měsíce. Obecně lze tedy vyslovit zásadu, že terrae zaujímají místa vyšší, maria místa nižší úrovně.

Terrae jsou nejsouvisleji vyvinuty na jižní měsíční polokouli a dosti širokým výběžkem vybíhají až do jeho centrální rovníkové oblasti (obr. 1). Kromě toho jsou na viditelné straně Měsíce dosti markantně vyvinuty i v širokém okolí Moře neklidu (Mare Crisium).

Pevniny v souvislém vývoji jsou pozoruhodné přítomností velikého počtu kruhově-polygonálních struktur, které v selenologické mluvě označujeme jako kruhové (prstencové) hory a valové roviny. Zcela obecně je nazýváme krátery. Je však třeba připomenout, že pojem kráter je velice široký, neboť tu zahrnujeme struktury různých velikostí (od 1—> 200 km v průměru) a různého typu. Selenologicky je třídíme do několika skupin a to od největších k nejmenším: *valové roviny, kruhové hory, krátery a kráterové jámy*. Zvláštností kráterů větších rozměrů je mírný sklon vnějších svahů a strmější sklon vnitřních stěn. Jejich dno leží zpravidla níže nežli úroveň okolí kráteru. Vnitřní části kráterů typu kruhových hor nebo valových rovin vykazují více nebo méně výraznou stupňovitou (terasovitou) stavbu a byly proto autorem označeny jako *cirkové propadliny*. Prototypem cirkové propadliny je např. kráter Arzachel, Alphonsus, Blancanus (obr. 2b, c) aj. Při pohledu z kosmické perspektivy se jeví krátery jako výrazné kruhové deprese, obklopené valy se strmými úklony. Tento vjem je ovšem velice klamný. Ve skutečnosti jsou krátery *plochémi mísovitými* útvary s nikterak výraznými nebo prudkými sklony na vnitřní nebo vnější stranu. O zvláštnostech stavby kráterů pojednal autor na jiném místě, proto si povšimněme dalších pozoruhodných rysů měsíčních pevnin.

Energie reliéfu měsíčních pevnin je v horizontálním směru vlastně dána jejich kráterovým vývojem. Prakticky to znamená, že jde o střídání poměrně plochých nebo mírně zvlněných terénů (depresí) s jejich hornatým okolím. Pohyb člověka by tedy v klimatických a atmosférických podmínkách, na něž je zvyklý, nebyl zvláště obtížný. Měsíc nemá velehorské terény zemského typu. Má však asi drsný a tvrdý povrch. Podle pozorování z kosmické perspektivy, při němž rozlišíme objekty větší než 500 m, vyznačuje se megatektonika Měsíce několika soustavami tektonických linií (jz—sv, sz—jv a systémy s—j). Stavbě severní polokoule určuje ráz tzv. *imbrický tektonický systém*. Je typický tím, že směry tektonických linií se *paprscitě* rozbíhají z myšleného centra imbrické elipsovité struktury na všechny strany. Imbrické směry jsou ještě výrazné v centrální oblasti Měsíce (např. v okolí Ptolemaea, Alfonsa, Albategnia a jiných kráterových struktur). Projevují se zřetelně i v okrajových valech jmenovaných útvarů a zdá se, že sehrály svou úlohu i při jejich konečném utváření.

V měsíční megatektonice lze mimo to rozlišit velké poklesové *zlom y* často obloukovitého průběhu, např. v okrajových částech Moře dešťů, kde je tzv. *apeninský zlom*, přímé poklesové linie (např. Straight wall — Přímá stěna v Mare Nubium o poklesové výšce okolo 300 m a v délce 150 km), *úzké prolomy* (brázdy)



Obr. 2. Schematická představa vývoje megacirkové propadliny (kruhové mořské deprese) z počátečního konvexního tvaru (a). Amfiteatrová tektonika vnitřních částí velkých kráterů typu Blancanus (b). Vnitřní stavba kráterových stěn (c).

např. typu alpského údolí o šířce 7–8 km a délce 120 km, rýhy, táhnoucí se na vzdálenost několika desítek (i set) kilometrů ap. V celkové stavbě měsíčních pevnin se setkáváme s četnými projevy *kerné tektoniky*, projevující se výzdvihy nebo stupňovitě (terasovitě) upadajícími bloky, úzkými příkopy, otevřenými i vyhojenými trhlinami, hráštěmi a propadlinami, horizontálními posuny ap. Je docela pravděpodobné, že na různé se regionálně uplatňující soustavy tektonických linií (i jejich křížení) tu jsou vázána významná ložiska nerostných surovin, neboť hydrotermální roztoky a jiné mineralizační děje nemůžeme z celého procesu vývoje měsíční kůry vyloučit. O nerostném bohatství Měsíce není třeba mít pochybnosti.

Rovněž typ kůry měsíčních moří má svůj zvláštní svéráz. Energie reliéfu je tu daleko nižší. Plochy měsíčních moří jsou budovány tmavými magmatickými hmotami různých odstínů. Terén není ideálně rovinný, jak by se zdálo z kosmické perspektivy, sklony jsou však vesměs velmi mírné. Větší kráterové struktury tu obvykle chybí a pokud se vyskytují, jde zpravidla spíše o *polozatopené krátery* (např. Archimedes v Moři dešťů) anebo *kráterové trosky* (např. podkovovitá troska kráteru Wallace v Moři dešťů), souvisící s pevninským podložím. V oblastech měsíčních moří se vyskytují většinou menší krátery a kráterové jámy. Některé krátery jsou při tom zvláštní tím, že mají pravidelné okraje, jiné jsou prostě jámami v pravém slova smyslu bez okrajových valů. Pro některé krátery jsou charakteristické světlé vnější „límce“. Kráterových jam je na povrchu Měsíce veliké množství.

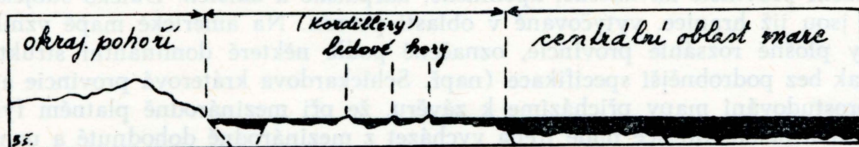
Príznačným jevem v měsíčních mořích jsou úzké, nevysoké elevace (nejvýš do 200 m), označované jako *mořské hřbety*. Táhnou se na velké vzdálenosti buď souvisle nebo přerušovaně (a někdy i dislokovaně) a mnohdy u nich spatřujeme tendenci paralelního průběhu s okraji moře (M. Imbrium, M. Crisium ap.). Vznik mořských elevací není ještě zcela vyjasněn, ale nejčastěji se jim přičítá tektonický původ (snad jde také o přírodní lávové cesty). Je nedostatkem selenografie, že dosud nejsou ani blíže popsány a označeny, ačkoliv by to pro orientaci v často nevýrazných plochách moří bylo velmi žádoucí.

V okrajových částech některých měsíčních moří (např. v Moři dešťů) jsou nápadné skupiny anebo izolované horské kry nebo skály, které bývají v selenologické literatuře označovány jako *ledové hory* (něm. eisbergy, angl. icelands). Zřejmě jde o neúplně ponořené (snad i hrástovité) části někdejších pevnin, které jsou dnes obklopené útvarem mare (obr. 3). Jako příklad uvedeme měsíční Tenerifu, Špicberky, osamělé skály typu Pico, Pithon aj. Termín ledové hory je netypický (spíše by vyhovoval pojem *měsíční kordillera*), avšak hodně vžitý. Vedle těchto fenoménů se v mořském typu měsíční kúry vyskytují otevřené trhliny, někdy pokryté i korálkovitě uspořádanými drobnými krátery, připomínajícími lineární vulkanismus zemského typu (islandská analogie). Lineární uspořádání kráterů někdy i větších rozměrů (zejména na pevninách) nás přivádí k jejich genetické souvislosti s tektonikou.

V některých pobřežních oblastech (Moře dešťů, Moře mraků ap.) pozorujeme na měsíčních pevninách další zajímavý jev, který se zračí v pozorovatelném zrovnaní reliéfu. Tento úkaz si vysvětlujeme dočasnou „transgresí“ magmatických hmot (řidké lávy) přes pevninu, spojenou s účinky magmatické korose a resorpce. Všeobecně tu půjde patrně o procesy, které souvisely se vznikem moří a ustalováním jejich povrchu před konečným utužením. Jak je vidět, uplatňují se i na Měsíci jevy, vedoucí k jakési *peneplenisaci*, avšak její příčiny jsou zcela jiné nežli na naší planetě.

Mocnost útvaru mare není v měsíčních sníženinách všude stejná. Je zřejmě k o l í s a v ý m činitelem. Pro mělký „epikontinentální“ vývoj útvaru mare je příznačné např. to, že se v něm mohou vyskytovat jednak izolované kry (skály) pevninského typu nebo skupiny takových ker, jednak též tzv. kráterové trosky (v případech, že nad úroveň mare ční jen některá část kráterového prstence), dále neúplně ponořené krátery (jejichž horské prstence ční vcelku souvisle nad úroveň mare), ap. Tam, kde tyto úkazy zcela postrádáme, je třeba počítat s tím, že pokryv mare je mocnější (obr. 3).

Mluvíme-li o mělkém anebo hlubším vývoji útvaru mare, musíme mít jistou představu i o strukturně-tektonické stavbě měsíčních moří. Domnívám se, že při řešení těchto otázek má přímo klíčový význam studium imbrické oblasti. Posuzujeme-li tektonické rysy a zvláštnosti moří kruhového typu (typ Imbrium, Crisium, Humorum aj.), vycházíme pochopitelně z konečného (finálního) stadia jejich vývoje. Po analýze všech pozorovatelných fenoménů (okrajových zlomů,



Obr. 3. Geologický řez mořskou depresí (záp. okraj Mare Imbrium).

nerovnoměrně pokleslých ker, výskytu kordiller ap.) jeví se nám tyto útvary jako kruhové struktury velkých rozměrů s koncentricky stupňovitou (terasovitou) stavbou směrem k jejich centrální části. Navrhujeme pro ně označení *megacirkové propadliny*, při čemž termín cirkové propadliny ponecháme pro struktury menších rozměrů (o průměru do 250 km). Předpokládáme, že megacirková propadlina (typ M. Imbrium) se k dnešnímu stavu vyvinula z rozsáhlé ploché klenby, z níž se postupně (ztrátou obrovských kvant hmoty při procesu odplynění) vytvářel jakýsi tektonický negativ (koncentrická propadlina) (obr. 2a).

Vývojový proces může být zhruba charakterisován takto:

- a) vznik ploché klenby (dómatické „brachyantiklinální“ stadium)
- b) rozpraskání konvexní části a odplyňování podkorového zdroje; borcení ker
- c) lávové zaplavení deprese (b+c — vlastní magmatektogenní fáze)
- d) tuhnutí a postupná stabilizace, vznik kráterových jam a kráterů post-mare, vznik mořských hřbetů, otevřených trhlin ap. (obr. 2a je syntézou všech etap)

V poslední době se objevují pokusy o stále podrobnější geografické rozdělení měsíčních oblastí. Jedním z nich je např. mapa k Zemi přivrácené strany Měsíce, sestavená v r. 1960 R. Hackmanem a A. Masonem z U. S. Geological Survey. Autoři na ní rozlišují *horské terény* (Lunar Highlands) a *nížiny* (Lunar Lowlands) ve smyslu pevnin a moří. Můžeme říci, že stykové linie moří a pevnin tvoří vcelku objektivní hranice fyziografických jednotek vyššího řádu. Soustava vzájemně na sebe navazujících moří (část oceánu Procellarum, Mare Imbrium, M. Serenitatis, M. Tranquillitatis a M. Foecunditatis) je označována jako středoměsíční nížiny (tzv. Mid Lunar Lowlands), M. Frigoris jako severní nížiny (tzv. Northern Lowlands). Střední a jižní hornaté oblasti jsou označeny jako Central and Southern Highlands. Pevniny (Highlands) jsou dále členěny na menší fyziografické celky tzv. *provincie* a tyto na ještě menší tzv. *sections* čili dílčí území. Jednotlivé fyziografické jednotky jsou v mapě vyznačeny indexem, složeným z římských a arabských číslic a z písmen velké a malé abecedy. Římská číslice označuje fyziografický celek vyššího řádu (I — pevniny, II — moře), písmeno velké abecedy značí provincii, arabské číslo dílčí území provincie, písmeno malé abecedy charakterisuje selenografické označení dílčí fyziografické jednotky. Např. I A 6b znamená Nízké Alpy; ty přísluší alpskému pohoří (6), alpské provincii (A) a pevninám (I). Označení II A 9c jsou hory Aristarcha; přísluší severní sekci oceánu Procellarum (9), středoměsíční nížinné provincii (A) a oceánu Procellarum (II).

Nově předložená mapa „zeměpisu“ viditelné strany Měsíce má své klady, ale myslím, že i jisté nedostatky. Tak např. vymezení některých provincií a sekcí je objektivní v tom, že i jiní badatelé, kteří by na stejném úkolu pracovali nezávisle, by dospěli k podobnému ne-li stejnému vytyčení. Jako doklad bych uvedl vymezení provincie kavkazské, apeninské, karpatské a dalších. Daleko subjektivnější jsou již hranice, vytyčované v oblasti pevnin. Na americké mapě vznikají někdy plošně rozsáhlé provincie, označené podle některé dominantní struktury a jinak bez podrobnější specifikace (např. Schickardova kráterová provincie ap.). Po prostudování mapy přicházíme k závěru, že při mezinárodně platném fyziografickém dělení Měsíce bude třeba vycházet z mezinárodně dohodnuté a uznané základny geomorfologických kritérií (např. charakteristických povrchových tvarů, specifických rysů tektoniky, kráterové typologie, výraznosti struktur ap.). I tak

bude pak žádoucí, aby na geografii Měsíce pracovalo několik skupin selenologů na sobě nezávisle, neboť jen tímto způsobem se nejvíce přiblížíme objektivním výsledkům. Selenografie se bude zřejmě dotvořovat dalším kosmickým i autentickým průzkumem tohoto tělesa. Při tom je pravděpodobné, že bude na dosud vžitě systémy navazovat a nikoliv je nahrazovat zcela novými. Již dnes by však byla žádoucí symposia, která by se těmito problémy vážně zabývala.

#### Literatura

- BALDWIN R. in Bouška J.: Nové poznatky o Měsíci. Vesmír, Praha 1961, 40: 357—360.  
BENEŠ K.: K otázce kruhově-polygonálních struktur na Měsíci. V tisku.  
BÜLOW K. v.: Morphologie der Mondoberfläche. Geograph. Rundsch. H. 4, 1960.  
HACKMAN R.: Photointerpretation of the Lunar Surface. Photogram. eng. Nr. 3, 1961.  
SADIL J.: Cíl Měsíc, Praha, Orbis 1960.  
SPURR J. E.: in Sadil J.: Cíl Měsíc, Praha, Orbis 1960.  
Pervyje fotografii oborotnoj strany Luny. Moskva, 1959.

#### PHYSIOGRAPHY OF THE SURFACE OF THE MOON

In the present paper on the physiography of the Moon surface, the author describes the peculiarities of two main types of moon crust developed in the highlands and in the lowlands. The protosialic type of crust forms the original outer selenosphere. Its cover upon the surface of the Moon differs in thickness. This is especially important for the study of both opposite-lying polar areas. In some places the „protosial“ is probably interrupted, and we must allow for manifestations of magmatic anatexis, assimilation, etc. The dusty layer of tuff origin occurs most probably on the Moon surface, however it may not be continuous and differs in thickness. The paper solves the problem of the origin of circular structures. At the same time a Czech selenological terminology is suggested.

The origin of Mare Imbrium occurred in several stages:

- 1) formation of large domatic structure,
- 2) breaking of the convex part and emanations of gas from the subcrustal basin,
- 3) breaking down of vault blocks and flooding of depressions with magmatic material,
- 4) congealation and gradual stabilization (Tab. 2a).

The author also gives his opinion on the attempts at a geographical division of the visible part of Moon. He appreciates maps by R. Hackman and A. Mason dating from 1960. In his opinion it will be necessary to agree on some international criteria before we start working on the geography of the Moon, according to which physiographic districts and sections will be defined. Up to the present, also the question of the selenographic description of the so-called mare-ridges has been abandoned.