

# SBORNÍK NÁRODNÍHO MUZEA V PRAZE

ACTA MUSEI NATIONALIS PRAGAE

Volumen XXVI B (1970), No. 5

REDAKTOR JIŘÍ KOUŘIMSKÝ

---

KAREL TUČEK

## CHARAKTERISTIKA CHONDRITU Z POLICE NAD METUJÍ

### I. PÁD A JEHO OKOLNOSTI

16. září 1969 v 8.15 hod. střeoevropského času (v 7.15 hod. světového času) spadl v obci Suchý Důl, 2,5 km vsv. od Police nad Metují (okres Náchod) v severovýchodních Čechách, meteorický kámen. Přesné souřadnice místa pádu jsou:  $16^{\circ} 15' 40''$  zemské délky a  $50^{\circ} 32' 17''$  zemské šířky (podle Z. C e p l e c h y). Kámen dopadl na střechu domku čp. 147 v Suchém Dole. Majitelka objektu Františka Klimešová uvedla, že byla v udané době vzdálena pouhých asi 50 metrů od místa dopadu. Uslyšela nejprve hluk jako když letí letadlo, potom velmi ostrý hvizd a hned nato silný úder do střechy domku.

Dosud zjištěný jediný spadlý kámen dopadl na pevnou krytinu střechy domku, kterou prorazil. Zároveň přerazil i spodní opěrný trámec a roztránil se. Větší úlomek o váze 60,1 g spolu s několika drobnějšími spadl na půdu domku, zbytek — největší část kamene, se skutálel po střeše na dvorek. Dopad jediného kusu je poměrně vzácným případem pádu meteoritu, neboť častěji dopadá několik až mnoho kusů. Názrazem na vrstvy atmosféry se kusy zpravidla rozdělují na jednotlivé menší části. Rovněž však při předcházejícím pádu meteorického kamene v Československu u Ústí nad Orlicí - Kerhartic (12. června 1963) šlo o pád jediného kusu kamene.

### Rozměry a váha

Získaný kus má rozměry  $118 \times 77 \times 58,5$  mm. Drobnější úlomky se neuchovaly. Celkovou váhu kusu je možno odhadnout na 840 g, tj. velký kus o váze asi 780 g a větší uchovaný úlomek vážící asi 60 g. Úlomku bylo plně využito k provedení všestranného výzkumu a k pořízení preparátů, avšak i z velkého kusu bylo nutno oddělit menší části k výzkumným účelům. Pro informaci badatelům v oboru meteoritiky uvádím rozdělení materiálu k výzkumu.

**Menší úlomek** o celkové váze 60,1 g byl rozdělen takto:

20,6 g	pro chemickou analýzu:
5,0 g	ústavu nerostných surovin v Kutné Hoře k provedení aktivační neutronové analýzy,
5,6 g	dr. J. Zähringerovi, Planckův institut v Heidelbergu, NSR, k získání hmotového spektra,
10,0 g	k provedení kvantitativní chemické analýzy v chemické laboratoři Ústředního ústavu geologického v Praze,
11,1 g	mineralogickému oddělení Národního muzea v Praze ke zhotovení výbrusu a nábrusu,
23,4 g	Planckovu institutu v Heidelbergu, NSR, ke zjištění radiogenního argonu A 37,
5,0 g	témuž institutu k provedení předběžného výzkumu mineralogického složení.
<hr/>	
60,1 g	celkem

**Z velkého kusu** o váze 755,2 g byly odděleny tři části, a to:

21,0 g	ke stanovení radiogenního argonu (D. Davis, Brokhaven, USA),
19,4 g	ke stanovení tritia (E. L. Fireman, Smithsonian Institution, Cambridge, Mass., USA),
28,7 g	ke stanovení stopových prvků (Max Planck Institut, Heidelberg, NSR)
<hr/>	
69,1 g	celkem

**Z velkého kusu zbývá tedy 686,1 g.**

Z uvedeného výčtu jasně vyplývá, že dalším žádostem vědeckých a výzkumných ústavů o poskytnutí materiálu k výzkumu nebylo již možno vyhovět. Dochovaný velký kus byl značně poškozen již nárazem na střechu domu a někdy i dosti nešetrně provedeným oddělováním úlomků vyžadovaných k výzkumným účelům. Zbytek je určen k uložení ve sbírce meteoritů Národního muzea a může být využit pouze pro ne-destruktivní výzkumné metody v budoucnosti.

## II. MAKROSKOPICKÝ POPIS

### Tvar

B. M a s o n (1962) uvádí, že pro individuální, tj. v atmosféře neroztříštěné kameny, je typický izometrický tvar. Polický kámen má však naproti tomu tvar výrazně polyedrický, zhruba pyramidálního typu. To by nasvědčovalo skutečnosti, že jde o úlomek z většího kamene, který se v atmosféře rozpadl na více kusů, z nichž však žádný nebyl dosud nalezen.

Polický kámen má **tvar poměrně štíhlého nepravidelného klínu** nebo **nepravidelného čtyřbokého jehlanu** (pyramidy) ukončeného tupým

vrcholem. Jeho příčným profilem je obecný čtyřúhelník, podélný profil má podobu značně protaženého obecného čtyřúhelníku. Tvar tělesa byl během jeho průletu atmosférou ovlivněn do jisté míry ablací a při dopadu značným roztržštěním čelní části.

Již při prvním pohledu můžeme bezpečně zjistit, že polický kámen je **orientovaný meteorit**, který během své dráhy v atmosféře zachovával zhruba stejnou polohu s minimálním otáčením nebo snad spíše pouze s kývavými pohyby kolem své delší osy. Podle velikosti ploch, jimiž je kámen omezen, lze na něm rozeznat celkem pět nestejně velikých ploch. Největší z nich je plocha A, která s menšími protáhlými plochami B, C, D tvoří postranní omezení nepravidelné pyramidy. Nejmenší, sešikmená plocha základny pyramidy E je postižena i největším porušením — odlomem velké části kamene, vzniklým při nárazu kamene na krytinu střechy domu. Vzhledem k poloze, povrchovému reliefu a jiným zevním vlastnostem lze plochu E a spolu s ní zčásti i plochy B a D, prohlásit za **čelní část kamene**. Plochy A a C tvoří **týlní část**. Podle orientace kamene během letu atmosférou můžeme soudit na různé stupně jeho ablace. Maximální ablací lze konstatovat na plochách čelní části, hlavně na nejvíce exponované ploše E, menší měrou i na plochách B a D. Na ploše E pozorujeme vedle silně zarovnaného a ohlazeného povrchu také značné zaoblení všech hran, zejména na styku s plochami D a C. U ploch A a B lze takové zaoblení pouze předpokládat, neboť jejich hrany byly úplně rozrušeny velkým odlomem.

**Směr letu kamene** je dán jeho podélnou osou, při čemž šikmá základna pyramidy byla vpředu, tedy blíže těžiště kamene, štíhlejší otupený vrchol směřoval však nazad.

K nápadným a obvyklým povrchovým jevům kamene náležejí **regmaglypty**, mající na různých plochách rozmanitou kvantitu i kvalitu. Čelní plocha E je zcela hladká bez regmaglyptů. Na plochách B a D, pozorujeme méně hojně a mělké, někdy sotva oku patrné regmaglypty v podobě nepravidelných až oválných jamek. Naproti tomu obě plochy týlní části, A a C, mají výrazný „zvlněný povrch“, tvořený hojnými, avšak jen o málo hlubšími regmaglypty nežli na plochách čelní části. Většinou jsou rovněž oválné, jen místy mají také polygonální obrys. Na ploše A mívají průměr 10—15 mm. Všude jsou protaženy ve směru pohybu meteoritu. I povaha regmaglyptů nasvědčuje tomu, že meteorit byl oddělen od většího matečného tělesa, nejspíše již v meziplanetárním prostoru. Před bodem brzdění v atmosféře nedošlo snad již k jeho dalšímu tříštění. I když připustíme možnost takového rozdělení na více částí, je nutno uvážit, že pád nastal ve dne a proto asi nebyly další kusy již nalezeny. Možnosti jejich nálezů v budoucnosti je jistě již více nežli problematická.

**Relief povrchu meteoritu** se vytvářel zcela plynule během letu tělesa atmosférou kosmickou rychlostí. **Typ povrchu kamene** podle klasifikace navržené E. L. Krinovem (1955) je většinou velmi výrazný a je v soulase se zjištěnou orientací tělesa. Na ploše E pozorujeme zřetelný povrch prvního řádu, plochy B a D mají povrch rázu přechodného a konečně plochy A a C povrch druhého řádu.

## Povrchová kůra

Tvar tělesa, relief jeho povrchu a povrchová kůra umožňují stanovit přesnou orientaci meteoritu. Černá barva povrchové kůry nasvědčuje hojnější přítomnosti sloučenin železa. Místy však pozorujeme její zřetelný světle červenohnědý odstín. Kůra není nikde silněji lesklá, nýbrž matná, což ukazuje, že je složena z těžko tavitelných nerostů. Její tloušťka kolísá v rozmezí 0,4 - 0,6 mm a je příznačná pro zvláště pevné meteorické kameny. Jednotlivé typy povrchové kůry lze na plochách polického kamene podle klasifikace navržené E. L. K r i n o v e m (1955) odlišit takto:

- na čelní ploše E — kůra hrbolkovitá,
- na plochách B a D — kůra přiléhavá, vzácně i hrbolkovitá,
- na plochách A a C — kůra jemně struskovitá, jen místy pórovitá s náznaky kůry síťovité až stružkovité.

Poměrně vzácně můžeme na kůře pozorovat jemné **trhliny**, většinou patrné pouze lupou. Neobsahují výplň a vyskytují se hojněji na hraně mezi plochami B - D, vzácněji i mezi plochami D - C. Na hranách došlo na některých místech dokonce **k odprýsknutí drobných částí kůry**, při čemž byly okraje odlomené kůry ještě za letu atmosférou, tedy před impaktem, zřetelně zaobleny. V takových případech zjišťujeme na povrchu meteoritu kůrou nepokrytá drobná políčka, která se hlavně načervenalým zbarvením nápadně liší od čerstvých, později vzniklých odlomů, dobře patrných zvláště na hraně mezi plochami A a B. Na některých místech bylo možno stanovit také postup při oddělování částic povrchové kůry takto:

a) polygonální políčka ohraničená trhlinami, na nichž však povrchová kůra ještě ulpívá na meteoritu;

b) políčka s odpadlou kůrou, u nichž popelavě šedý povrch vnitřku meteoritu je ohlazen. Zřejmě zde existovala jistá krátká doba nezbytná k vytvoření nového hladkého povrchu;

c) políčka s odpadlou kůrou s poměrně čerstvým nezarovnaným povrchem vnitřní části meteoritu, na němž lze zřetelně pozorovat jemnozrnnou stavbu. Vnitřní část bývá někdy zbarvena slabě červenohnědě.

Všechny uvedené jevy lze velmi dobře pozorovat místy na hranách meteoritu. Lze z nich usuzovat na odpadávání povrchové kůry po částech během letu tělesa atmosférou. Bylo by je snad možno uvést do jisté míry také v souvislost s vnitřní brekciovitou stavbou meteoritu. Hmota kamene byla zřejmě nejvíce namáhána na hranách, kde v důsledku nejmenšího odporu docházelo k postupnému odlupování drobných částic povrchové kůry.

Při pozorování pod binokulárním mikroskopem zjišťujeme, že povrchová kůra je oproti základní hmotě meteoritu ostře omezena a nebyly tu pozorovány obvyklé pozvolné přechody (přechodní zóny), známé u mnohých meteorických kamenů.

„**Mastné skvrny**“, zmíněné mnohými badateli v kůře meteorických kamenů, které jsou v podstatě pouhými průřezy chonder, pozorujeme na kůře polického meteoritu pouze vzácně. Po dvou byly zjištěny na

plochách B a D, po jedné na plochách A a E. Jejich velikost kolísá v rozmezí 2-7 mm. Již při pozorování povrchové kůry pouhým okem jsou nápadně silnějším leskem a většinou okrouhlým, eliptickým nebo nepravidelným tvarem. Lupou lze na nich rozeznat zřetelnou excentricky paprscitou stavbu, tak význačnou pro většinu chonder. Nejzajímavější z těchto „skvrn“ je největší průřez chondrou o velikosti 7×6 mm na zadní část plochy B, který je zřetelně proužkován rovnoběžně se směrem letu kamene.

Mnohem častěji nežli průřezy chonder zjistíme v povrchové káře zřetelné **částice nikelnatého železa**. Jsou vždy velice drobné a prozradí se silným až kovovým leskem. Mají lupenitý, nejčastěji však nepravidelný tvar. Vyskytují se na plochách druhého řádu, zejména na přechodních plochách B a D.

### Barva

Na dosti hojných odlomech polického kamene můžeme určit jeho původní **světle šedozelenavé zbarvení** vnitřní části, podobné zbarvení některých znělců. Je způsobováno slabě zelenavým olivinem, který je jeho převládající součástí. Místy je patrné husté i řidší **síťoví** jemných tmavých až černošedých žilek nebo šmouhovitých proužků, které obklopují až 3 cm velká polygonální políčka. Ve hmotě kamene nápadněji vynikají stříbrolesklá nebo nahnědlá zrnka a shluky nikelnatého železa a troilitu.

### Struktura

Jak na kameni samém, tak zejména na nábruse je velmi dobře patrna při pozorování binokulárem jeho velice jemnozrná, místy téměř celistvá struktura. V základní hmotě světle šedobíle mramorované se vyskytují stejněměrně rozptýlené droboučké částice nikelnatého železa a troilitu, které se zdají být zhruba v rovnováze. Okolí mnohých zrn a jejich shluků bývá zbarveno slabě rezavě, což je dokladem jejich počinajícího rozkladu.

Nápadným jevem na některých místech nábrusu, který lze pozorovat i pouhým okem, je **lokální brekciovitost** meteoritu, způsobená otřesem, nárazem nebo tlakem. Na takových místech jsou jen málo zaoblené světle šedé, mikroskopicky zrnité úlomky uloženy ve hmotě tmavého tmelu. Mezi úlomky lze podle velikosti rozlišit dvě generace: větší o velikosti mezi 13-7 mm a drobnější od 3 mm až do mikroskopických rozměrů. Je zajímavé, že nikelnaté železo a troilit se zdají být zhruba stejněměrně rozptýleny jak v úlomcích, tak i v tmelu. Silně drcená místa se prozradí již nápadně tmavým zbarvením.

Místy lze pozorovat, že v mezerách mezi úlomky se soustřeďuje větší množství troilitu a nikelnatého železa. Na nábruse pak zjistíme, že mezi většími a menšími úlomky kamene ve tmelu se vyskytují vzácněji celé tmavěji zbarvené chondry nebo jejich části. Největší ze dvou celých chonder má průměr 1,6 mm, jejich části dosahují však velikosti až 5,0 × 2,25 mm a naznačují tak, že původní chondry dosahovaly mnohem větších rozměrů.

### III. MINERALOGICKÉ SLOŽENÍ

Již makroskopicky lze určit polický kámen jako meteorit s výraznou chondritickou strukturou, který jen vzácně jeví pouhé náznaky rekrystalizace. Je to patrné na pozvolném rozplývání okrajů některých chonder v základní hmotě. Vzhledem k tomu lze polický chondrit zařadit do první skupiny chondritů podle rozdělení, které navrhli W. R. Van Schmus a J. A. Wood (1967).

#### Chondry

Na ploše velkého odlovu kamene lze makroskopicky zjistit průřez okrouhlé chondry o průměru 1 mm i několik menších chonder s eliptickým průřezem. Většinou mají sytě tmavohnědou barvu a místy již pouhým okem je patrna, zejména u chonder větších rozměrů, jejich vnitřní excentricky paprscitá struktura. Při pozorování nábrusu binokulárem byly v drčené části chondritu zjištěny vedle dvou zhruba okrouhlých průřezů celých chonder o maximálním průměru 1,6 mm hojné úlomky velkých drčených chonder, z nichž největší dosahuje velikosti až 5 mm.

Pokud jde o mineralogické složení pozorovaných chonder lze tu rozlišit chondry trojího druhu. Chondry olivínové se zdají být v rovnováze s chondrami pyroxenovými, v menším množství jsou patrné také chondry smíšené. Ve výbruse byly však zjištěny pouze chondry pyroxenové. Chondry olivínové a smíšené zřejmě zanikly v pochodu počínající rekrystalizace nebo byly rozrušeny vlivem tlaku či nárazu.

**Chondry olivínové** mají barvu světle šedě zelenavou, v podstatě shodnou se zbarvením základní hmoty chondritu a dosahují velikosti maximálně 1,20 mm. Jsou zřetelně mikroskopicky zrnité, místy mívají rovnoběžně uspořádané sloupce olivínu nebo jejich nedokonale obdélníkové průřezy. Mnohé z nich jsou lemovány zrnky nikelnatého železa a troilitu. Ve výbruse nebyly zastiženy, místy však jsou patrné pravděpodobné stopy po zmizelých olivínových chondrách.

**Chondry smíšené** jsou na nábruse vzácné. Jejich světlejší sloupce olivínové jsou uloženy v tmavošedé hmotě pyroxenové. Největší ze zastižených smíšených chonder dosahuje průměru 2,5 mm.

**Chondry pyroxenové** se ve výbruse i na nábruse řadou svých vlastností liší od chonder olivínových. Nápadné je jejich tmavošedé zbarvení, celistvá struktura a matný vzhled. Největší ze dvou úplných chonder zastižených na nábruse má průměr 1,25 mm. Mnohem hojnější nežli celé chondry jsou však různé velké polygonální i půlměsíčitě úlomky chonder, které nepochybně pocházejí z chonder značné velikosti. Chondry mají většinou okrouhlé průřezy. Největší kulatá chondra zastižená výbrusem má průměr 1,5 mm. Je tvořena excentricky uloženým paprscitým agregátem štíhle sloupcovitých až lištovitých jedinců. I na nich však jsou dobře patrné vlivy mechanického tlaku. Hranice mezi jednotlivými agregáty vláken jsou totiž místy značně neostré, sloupce jsou částečně drčené a do vzniklých prostorů proniká pak práškovitý pigment ze základní hmoty chondritu. Při silnějším zvětšení zjistíme, že ani

omezení chonder v základní hmotě není zcela ostré a základní hmota proniká místy zvolna do vnitřních částí chonder. Úplná chondra složená ze tří svazků vláken pyroxenu je tvořena vlákny max. 1,12 mm dlouhými a průměrně 0,016 mm silnými. Její optické vlastnosti, zejména nízký dvojlom světla (nižší nežli 0,006) i lom světla zřetelně nižší nežli u olivínu nasvědčují tomu, že tu jde o **hypersten**, což bylo potvrzeno i údaji vyplývajícími z chemické kvantitativní analýzy.

Jiné pyroxenové chondry byly vlivem tlaku či nárazu silně deformovány a jejich průřezy bývají nedokonale vejčité. Někdy bývají tvořeny prokříženými svazky jemných vláken, u nichž je možno místy pozorovat i torzi, přerušeni a deformaci vláken. Mezery vzniklé při tom mezi svazky vláken jsou zpravidla vyplněny mikrokystalickou směsí droboučkových zrněk a úlomků pyroxenu. Vzácněji bylo zjištěno, že mezi svazky pyroxenových vláken se vyskytují shodně uložená vlákna **klinohyperstenu**, podle označení W. W a h l a (1907). Klinohypersten má poněkud vyšší dvojlom a zháší v úhlu 28 - 30° ke směru  $\eta\gamma$ . Podle názoru B. M a s o n a (1962) vznikl vlivem mechanické deformace, která u polického chondritu je charakteristickým jevem.

Ve výbruse zřetelně převládají úlomky velkých pyroxenových chonder nepravidelného nebo půlměsíčitého tvaru. I na nich lze místy pozorovat výskyt klinohyperstenu, který tvoří rovnoběžné, nedokonale omezené sloupce, uložené v mikrokystalické mezerní hmotě undulózně zhářejících zrněk pyroxenu.

### Kovové součásti

V tmavošedé směsi silikátů patrné na nábrusu chondritu lze v odraženém světle spolehlivě rozeznat velmi hojný a převládající olivín barvy tmavošedé od tmavšího vmezeřeného pyroxenu přesto, že oba mají jen zcela nízkou odrazovou mohutnost. Ve směsi nápadně vynikají opakní součásti vyznačené většinou vysokou odrazovou mohutností: nikelnaté železo, troilit a chromit. Až na chromit jde o součásti intersticiální, které podlehly rovněž silnému tlaku nebo nárazu a byly rozdrceny nebo místy až rozmělněny na jemný někdy i submikroskopický prášek. Podle názorů vyslovených H. C. U r e y e m a T. M a y e d o u (1959) vznikly při roztříštění matečného tělesa nahromaděním rozptýleného materiálu v druhotném tělese, z něhož pochází chondrit.

**Nikelnaté železo** tvoří většinou laločnatá nebo polygonální zrna, mnohem hojněji však cípaté shluky, místy i velmi jemný prášek. Shluky dosahují velikosti až 3,5 mm, jsou i makroskopicky dobře patrné a bývají někdy obklopeny rezavě žlutým limonitem, což je dokladem počínajícího jejich rozkladu — oxidace železa. Místy se zdá, že nikelnaté železo zřetelně převládá nad troilitem, jinde jsou obě součásti zhruba v rovnováze. Nezřídka byly pozorovány shluky, v nichž byl troilit sdružen s nikelnatým železem, které někdy i lemuje. Značně vysokou odrazovou mohutností a bílou barvou v odraženém světle se nikelnaté železo nápadně odlišuje od ostatních opakních součástí chondritu. V procházejícím světle je tmavé až ocelově černé, ve světle šikmo dopadajícím černé až modročerné.

Podrobný metalografický výzkum nikelnatého železa v chondritech provedli H. C. Urey a T. Mayeda (1959), kteří zjistili, že tu jde buď o čistý kamacit nebo čistý taenit, jen vzácně o jejich směs. Prokázali zároveň i inhomogenní složení taenitu, který je lemován složkou s vyšším obsahem niklu nežli je v jádře. J. A. Wood (1965) zkoumal složení nikelnatého železa 34 chondritů elektronovým mikroskopem a potvrdil plně údaje obou uvedených autorů s tím, že také kamacit je inhomogenní složkou, avšak na rozdíl od taenitu s menším podílem niklu na svém okraji nežli v jádře. Jde tedy o stejný jev jako v oktaedritech ovšem s tím rozdílem, že v nich se vyskytují kamacit s taenitem ve směsi, což je v chondritech pouze výjimkou.

**Troilit** se v polickém chondritu vyskytuje v poměrně drobnějších shlucích a zrnech nežli nikelnaté železo, s nímž bývá někdy i co do množství v rovnováze. Jeho laločnaté nebo cípate shluky dosahují velikosti až 1,5 mm a jsou místy vlivem tlaku či nárazu rozdrčeny v jemný až submikroskopický prach podobně jako nikelnaté železo. Troilit vyniká dosti vysokou odrazovou mohutností, má v odraženém světle zřetelně světle žlutou barvu, někdy s pestrými náběhovými barvami při okrajích. V procházejícím světle je černohnědý, v šikmém osvětlení tmavohnědý.

**Chromit** je znám jen v akcesorických droboučkových polygonálních jedincích. Pouze vzácně bývá laločnatý stejně jako nikelnaté železo a troilit. Je velmi vzácnou součástí, často sdruženou s nikelnatým železem, místy i samostatnou. Svou zřetelně nižší odrazovou mohutností nežli obě předchozí opakní součásti i světle šedou až šedobílou barvou v odraženém světle se zřetelně od nich odlišuje. V procházejícím světle i v šikmém osvětlení je zcela černý a neprosvítá ani na okrajích.

### Výsledky spektrální analýzy opakních součástí

K bližšímu poznání chemického složení opakních součástí chondritu byla provedena v chemické laboratoři Ústředního ústavu geologického v Praze M. Rybáková u spektrografická analýza dvou ukázek, a to magnetické a méně magnetické frakce.

Laboratorní podmínky: spektrograf Q 24, velikost štěrby 0,035 mm, vzdálenost elektrod Sn 305, střídavý oblouk 7 - 8 A, expozice 30 vteřin, užitá fotografická deska Agfa hart 6 × 24.

#### Magnetická frakce

nad 10 %	Fe, Si
nad 1 %	Mg, Al
1 - 0,1 %	Ni, Co
0,1 - 0,01 %	Ca, Mn, K, Na, Cr, Ti, Cu
stopy	Ba, Ga, Be, Y, Mo
problematika	Th (?)



### Méně magnetická frakce

(magnetem zbavená částic nikelnatého železa)

nad 10 %	Fe, Al, Si, Mg
nad 1 %	Ca, Na
1 - 0,1 %	K, Mn, Ni
0,1 - 0,01 %	Cr, Ti, Cu
stopy	Co, Ga, As, Ba, V, Sn, Mo

Se značnou pravděpodobností můžeme předpokládat, že prvky stanovené uvedenou spektrální analýzou obou preparátů lze přičísti k níže udaným součástkám chondritu.

V magnetické frakci s převládajícím nikelnatým železem a troilitem náleží veškerý nikl, nebo přinejmenším největší jeho část, nikelnatému železu, které lze považovat za kamacit. Na rozdíl od telurických olivínů, obsahujících někdy až 0,2 - 0,3 % Ni, olivíny meteoritů neobsahují žádný nikl. K nikelnatému železu patří také nepochybně celý podíl Co a asi všechna měď, která byla podle P. R a m d o h r a (1963) již častěji zjištěna ve formě uzavřenin, hlavně v nikelnatém železe sdruženém s troilitem. Stopové množství As lze považovat pravděpodobně za heterogenní příměs troilitu. Chromitu náleží jako izomorfní příměs podíl Ti, není-li zčásti obsažen také v akcesorickém podílu ilmenitu. Ilmenit však nebyl při výzkumu zjištěn v nábruse ani ve výbruse. P. R a m d o h r (1963) však připouští ilmenit jako častou akcesorii chondritů. K chromitu nebo případně k ilmenitu by pak příslušela stopová množství V, Ga, Mo, Y a Sn.

K frakci křemičitanové, reprezentované hlavně olivínem a hyperstenem, náleží téměř celý podíl Mg, Fe a Si s výjimkou podílu železa v kovových součástkách magnetická frakce. Hypersten může obsahovat i něco Ti, Mn a Al. Vzhledem ke zjištěnému jen malému podílu K je pravděpodobné, že tvoří asi jen izomorfní příměs v albit-oligoklasu, spolu s dalšími izomorfně přimíšenými prvky — stopovými množstvími Ba a Be. Část Ca je vázána na akcesorický apatit.

### Mikroskopická charakteristika ostatních součástí

V mikroskopu zjistíme, že barva hmoty je v procházejícím světle světle šedá, místy slabě zakalená. Struktura chondritu je mikroskopicky jemnozrná s většími úplnými chondrami i s jejich částmi, které převládají. Kovové opakní částice jsou větších rozměrů a bývají nestejnoměrně rozptýleny. Místy lze pozorovat velmi jemnozrné zřetelně drcené části hmoty. Jsou nápadné síťovím černých rozpráškovaných součástí, soustředěných okolo drcených částí chondritu. Mezi nimi vyniká velmi nápadně černá až černohnědá uzavřenina orvinitu.

Hlavní hmota vlastního chondritu je tvořena olivínem, který převládá nad ortopyroxenem (hyperstenem), zrnky živce a rudními součástmi (nikelnaté železo, troilit, chromit). Vedle větších jedinců olivínu a vzácně také pyroxenu jsou hlavní složkou hmoty chondritu jejich drobná

zrnka a ostrohranné úlomky. Všude je patrný vliv mocného tlaku, nárazu nebo otřesu, jemuž byl chondrit vystaven již v meziplanetárním prostoru.

Omezení součástek je vcelku alotriomorfní, pouze olivín mívá zřídka dokonalejší omezení. Jeho průřezy nasvědčují obvyklému krátce sloupcovitému habitu. Ostatní součásti mají vesměs alotriomorfní omezení. Strukturu hmoty chondritu lze označit z největší části jako panalotriomorfně zrnitou, místy s patrnými náběhy ke struktuře porfyrické.

**Olivín** je převládající součástí hmoty chondritu. Poměrně vysokým jeho dvojlomem lze jej bezpečně odlišit od ostatních součástí, zejména od ortopyroxenu a živců. Jen zřídka tvoří krátké, nedokonale omezené, sloupcovité krystaly omezené obvyklými krystalovými plochami:  $\{100\}$  .  $\{010\}$  .  $\{100\}$ , při čemž plocha  $\{100\}$  místy zřetelně převládá a krystaly olivínu jsou podle ní poněkud sploštělé. Průřezy jedinců olivínu dosahují ve výbruse velikostí max.  $0,64 \times 0,48$  mm. Mnohem hojnější jsou však jeho droboučká zrnka a úlomky až do velikosti zcela jemného prachu. Na mnohých průřezích je patrna nedokonalá štěpnost olivínu pole  $\{100\}$ , jen místy také dobrá štěpnost podle  $\{001\}$ . Častější nežli štěpné trhliny jsou nepravidelné trhliny způsobené drcením hmoty chondritu. Zrna olivínu jsou ve výbruse čirá, pouze na některých trhlínách a v jejich těsném sousedství pozorujeme někdy slabý nazelenalý nádech. Indexy světelného lomu olivínu byly stanoveny imerzní metodou V. Š í p k e m takto:  $n_{\alpha} = 1,682$ ,  $n_{\gamma} = 1,720$ ,  $\gamma - \alpha = 0,038$ . Podle diagramu A. P o l d e r v a a r t a (1950), vyjadřujícího vztah mezi fyzikálními vlastnostmi a chemickým složením olivínů, bylo možno na podkladě těchto dat stanovit i další data pro chemické složení olivínu polického chondritu takto:

33 %	Fe
25 mol. %	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$
23 %	FeO
38,5 %	$\text{SiO}_2$
39 %	MgO
3,57 —	hustota

Porovnáme-li získané optické a chemické konstanty pro olivín s analogickými daty pro olivín obsažený v mineralogicky a chemicky nejpodobnějších chondritech Kňahyňa (SSSR) a Bluff (Texas, USA), pozorujeme až nápadnou příbuznost ve složení i ve vlastnostech olivínu všech tří chondritů, jak vyplývá také z tabulky:

Pád	$n_{\alpha}$	$n_{\gamma}$	$\gamma - \alpha$	mol. % $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	Hustota
Police	1.682	1.720	0,038	25	3,57
Kňahyňa	1.683	1.719	0,036	25	3,49
Bluff	1.682	1.718	0,036	24	3,47

B. M a s o n (1963, 1967) se zabýval podrobně výzkumem chemického složení olivínu asi z 800 dobře prověřených chondritů podle mo-

lekulárních procent  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  (fayalitové složky -Fa), hlavně v oliviniko-bronzitových a olivinicko-hyperstenových chondritech, které představují zhruba 90 % všech známých chondritů (každá z obou skupin tvoří asi polovinu celkového množství). Olivín polického chondritu obsahuje 25 molekulárních procent  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  a zapadá proto přesně mezi olivínový skupiny olivinicko-hyperstenických chondritů. Tyto olivíny obsahují totiž podle zjištění B. Masona (1963) 24-25 molekulárních procent fayalitové složky. Toto zjištění souhlasí také s údaji chemické analýzy, podle nichž mají olivinicko-hyperstenické chondrity nižší obsah celkového podílu železa (kolem 21 %). Chondrit z Police obsahuje 22,28 % celkového podílu železa.

**Ortopyroxen (hypersten)** tvoří ve výbruse vzácnější a poměrně menší jedince nežli olivín. Mají zpravidla lištovitý tvar, někdy bývají zdvojitěny a jen nedokonale omezeny.

Dosahují max. velikosti až 0,16 mm, jsou v procházejícím světle čiré a pozvolna přecházejí v droboučká zrnka a ostrohranné úlomky. Proti olivínu se vyznačují nápadně nižším dvojlomem (většinou interferenční barvy II. řádu), shodují se s ním však zhruba výškou světelného lomu. Místy je patrný jejich slabý nádech do zelena.

Poměrně vzácně lze pozorovat spolu s hyperstenem také částice **klino-hyperstenu**, který podle B. Masona (1968) vzniká z ortopyroxenu inverzí způsobenou nárazem nebo úderem a je podle něho typickou součástí tzv. černých chondritů. Jejich černé zbarvení není však způsobeno uhlíkem, jako je tomu u uhlíkatých chondritů, nýbrž velmi jemně rozpráškovanými částicemi nikelnatého železa a troilitu.

Vzhledem ke skutečnosti, že hmota polického chondritu jeví jen minimální stopy rekrystalizace — většinou jde jen o jevy nárazového drcení jejich součástí, lze tento chondrit zařadit na podkladě výzkumů, které vykonal W. R. Van Schmus a J. A. Wood (1967) do skupiny rekrystalovaných chondritů, rovněž obsahujících klinopyroxen.

Podle zjištění B. Masona (1968) lze tu předpokládat existenci nepatrného množství izolovaných zrněk **diopsidu**, který však nebyl na výbruse zjištěn.

Podrobným výzkumem pyroxenů z chondritů došel B. Mason (1968) k přesvědčení, že mají poměrně konstantní složení a neobsahují téměř žádné trojmocné železo, neboť krystalovaly za přítomnosti volného nikelnatého železa.

**Živec.** — Místy byly ve výbruse zjištěny dosti bohaté shluky jeho mikroskopických polyedrických zrn uložené v základní hmotě. Průměrná velikost zrn se pohybuje v rozmezí 0,08—0,09 mm. Někdy jde i o izolovaná zrnka, vždy čirá, bez nejmenšího zákalu, jen místy obsahující submikroskopické uzavřeniny. Index světelného lomu je tu buď jen o málo nižší nebo i shodný s lomem kanadského balzámu, což poukazuje buď na kyselý plagioklas (albit až albit-oligoklas) nebo i ortoklas. Dvojlom je vesměs značně nízký. Někdy lze pozorovat zřetelné undulózni zhášení těchto zrněk, způsobené tlakem či nárazem.

Již G. Edwards (1955) konstatoval, že chondrity obsahují zhruba stejný podíl sodíku a to v množství kolem 0,7 %. V polickém chondritu činí podle provedené chemické analýzy podíl  $\text{Na}_2\text{O}$  1,07 %. B. Mason (1965) upozornil na značné nesnáze při určování povahy živců v chondritech vzhledem k tomu, že jde zpravidla pouze o mikroskopicky zrnité agregáty. Uvádí, že živcem bývá většinou sodný plagioklas, převážně albit až albit-oligoklas. Je zajímavé, že i pro polický chondrit platí jeho poznatek, že totiž chondrity obsahující jen malý podíl živce jsou vždy silně chondritické (tj. bohaté na chondry) a jeví pak již jisté známky počínající rekrystalizace. Uvádí také dále, že v chondritech s obsahem klinopyroxenu bývá jemnozrný živec skoro čistý albit na rozdíl od rekrystalovaných chondritů, v nichž přibývá anortitové složky až do množství 10–20 %.

Přesnější zjištění alespoň přibližné bazicity živce v polickém chondritu bylo provedeno ve Speciální laboratoři Ústředního ústavu geologického v Praze J. Jiránkem, a to rentgenometricky. Bylo použito Guinierovy fokuzální metody podle P. M. de Wolff a, uvedené v práci J. Goodyera a W. J. Duffina (1954), spočívající v měření plagioklasových linií. Stanovení bazicity bylo značně ztíženo tím, že na získaném snímku nevyšly potřebné linie plagioklasu. Vedle toho pak získané linie ještě koincidovaly s liniemi jiných přimíšených nerostů. Proto byl získán pouze přibližný údaj, podle něhož je podíl An průměrně 8,0 %. Podle toho lze usuzovat na bazický albit nebo nejvýše na **albit-oligoklas**, což je také v souladu s mikroskopickým výzkumem. Hodnoty získané uvedenou metodou jsou zaznamenány v připojených tabulkách.

Podle výzkumů, které provedl B. Mason (1965) na velkém počtu chondritů je zřejmé, že chondrity s obsahem albit-oligoklasu mívají také jistý podíl klinopyroxenu, jak je tomu i v polickém chondritu. Podle jeho názoru může být pak jistá část sodíku obsažena i v klinopyroxenu jako složka  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ .

Rentgenometrickým výzkumem byla potvrzena a prokázána na preparátu zbaveném kovových příměsí bezpečně přítomnost olivínu, pyroxenů (hypersten a diopsid) a kyselého plagioklasu, výpočtem určeného jako albit-oligoklas.

**Maskelynit**, který by nasvědčoval většímu stupni rekrystalizace chondritu nebyl v polickém chondritu zjištěn.

**Tmavá mezerní hmota.** — V místech, kde došlo k silnému mechanickému drcení hmoty chondritu, tvoří tmavá mezerní hmota tmel jeho drobných úlomků i chonder a vyplňujíc jemné trhlinky vzniklé drcením, postupně přechází do jemné síťoviny. V mezerní hmotě pozorujeme často větší, vcelku však nehojné částice nikelnatého železa nebo drobnější zrnka troilitu. Celistvá, zdánlivě opakní mezerní hmota má v procházejícím světle barvu černou, v šikmém osvětlení je však pouze tmavohnědá a v odraženém světle se barvou nikterak neodlišuje od okolní směsi křemičitanů chondritu až na místy zcela slabý odstín do hněda. Na některých místech výbrusu je patrné, že černá tmelová hmota proniká jemnými trhlinkami do okolí a zbarvuje je tmavě nebo světle hnědě.

## Rentgenografický rozbor preparátu polického chondritu

Speciální laboratoř ÚÚG v Praze (Pg. J. Jiránek).

Laboratorní podmínky: antikatoda Cu, napětí 40 kV, intenzita 25 mA, expozice 24 hod.

Metoda: Guinierova fokuzační podle P. M. de Wolffa.

Poř. čís.	I	4 Ø	dÅ	Olivín 1 dÅ	Hypersten 1 dÅ	Plagioklas 1 dÅ	Diopsid 1 dÅ
1	2	34,6	5,121				1 4,4999
2	<1	40,1	4,425			4 4,5	
3	<1	42,6	4,168				1 4,156
4	<1	44,6	3,983	4 3,95			
5	4	45,9	3,872			8 4,07	
6	3	48,1	3,697			8 3,67	
7	4	51,05	3,486			6 (3,47)	
8	2	54,25	3,285		3 3,36		5 3,26
9	7	56,6	3,151		10 3,20	10 3,18	
10	6d	59,85	2,983		2 2,98		10 3,00
11	3	60,8	2,938			6 2,90	3 2,911
12	7	62,45	2,862		8 2,890		
13	1	63,7	2,807			4 2,80	5 2,801
14	8	64,8	2,761	7 2,792			
15	1	66,35	2,698		3 2,725	2 2,67	
16	1	68,1	2,631			4 2,59	
17	9	71,65	2,505	7 2,516	5 2,550	6 2,52	10 2,523
18	9	73,5	2,443	8 2,466	5 2,482	5 2,43	
19	1	75,9	2,369			4 2,37	
20	1	76,8	2,342	3 2,356			
21	1	78,1	2,305			5 2,29	2 2,303
22	5	79,55	2,265	8 2,261			
23	4	80,5	2,239		1 2,223		
24	10	84,1	2,147			6 2,10	5 2,128
25	10	86,2	2,097		5 2,112		
26	1	87,2	2,074			4 2,07	
27	1	88,6	2,043	2 2,044			3 2,038
28	<1	91,9	1,973		2 2,026	4 2,01	3 2,010
29	1	93,3	1,945		4 1,957	4 1,95	
30	7	97,5	1,866			5 1,87	
						6 1,83	
						6 1,81	
31	9	105,1	1,740	10 1,744		4 1,74	7 1,744
32	1	107,2	1,708		2 1,692	4 1,70	
33	2	110,2	1,665	3 1,667		4 1,66	2 1,661
34	<1	112,6	1,633		3 1,641		
35	1	114,2	1,612	2 1,617	6 1,599		10 1,616
36	<1	116,4	1,584				
37	<1	118,3	1,561	3 1,569		4 1,562	
38	1	122,9	1,508		5 1,527		
39	2	124,25	1,493	6 1,495		4 1,490	3 1,497
40	4	125,6	1,478	8 1,478	8 1,486		
41	1	129,9	1,435			7 1,451	
42	3 s. d.	134,8	1,388	8 1,393	6 1,389	4 1,381	
43	3	139,7	1,345	7 1,349	3 1,342		
44	<1	141,1	1,334			7 1,325	
45	5d	143,3	1,316	6 1,314	5 1,304	4 1,315	8 1,322
46	<1	151,8	1,253		4 1,267	6 1,262	5 1,261
47	3	158,1	1,210			6 1,220	

K vyhodnocení dat rentgenografického rozboru pro jednotlivé zjištěné nerosty bylo použito literárních hodnot z práce V. J. Michejeva (1957).

Přibližné určení bazicity plagioklasu

Linie	4 $\varnothing$	2 $\varnothing$
A	56,6	28,30
B	60,1	30,05
C	68,1	34,05
D	nezměřeno	—
E	73,5	36,75
F	nezměřeno	—
G	nezměřeno	—

Rozdíl 2 $\varnothing$ linií	Rozdíl 2 $\varnothing$	Obsah % An
A — B	= 1,75	=> 9,6
C — D	= —	—
C — E	= 2,70	=> 6,4
F — G	= —	—

}  $\varnothing = 8,0 \% \text{ An}$

[Metoda je založena na přesném změřeni 7 plagioklasových linií, označených A — G a určení rozdílu 2 průměrných linií: A—B, C—D, C—E a F—G. Výsledné hodnoty se zanášejí do grafu citované práce a odečte se obsah An v procentech. Ze čtyř výsledků se bere průměr. Metoda a její výsledky jsou nejpřesnější při složení albitoligoklas.]



Tmavá mezerní hmota není tedy hmotou opakní nebo sklovitou, nýbrž v souladu s názorem B. Masona (1968) nejspíše submikroskopickou práškovitou směsí silně drcených křemičitanů chondritu-olivínu a ortopyroxenu, která byla černě zbarvena buď hydráty manganu (chemická analýza udává podíl 0,34 % MnO) nebo uhlíkem.

**Vcelku se polický chondrit neliší svým mineralogickým složením od složení jiných olivínicko-hyperstenických chondritů.**

Mineralogickým složením jsou mu nejbližší zejména:

Kňahyňa (ssv. od Užgorodu v Zakarpatské oblasti USSR; pád 9. června 1866, déšť asi 1000 kusů) a Bluff (Fayette County, j. Texas, USA; nález balvanu brekciovitého chondritu o váze 146 kg v r. 1878). Od obou se nápadně liší hlavně svou převahou olivínu nad hyperstenem.

Podle tabulky uveřejněné B. Masonem (1962, p. 80, tab. 9) obsahují olivínicko-hyperstenické chondrity průměrně 35—60 % olivínu a 25 až 35 % pyroxenu. Podle grafu, který sestavil B. Mason (1960), na základě dat získaných kvantitativní chemickou analýzou chondritu z Po-

lice a v souhlase s výsledky mikroskopického výzkumu, obsahuje polický chondrit 62 % olivínu a pouze 13 % pyroxenu, což je patrné také z přehledu normativního složení výše uvedených chondritů.

Součástka v %	Kňahyňa	Bluff	Police
olivín	49,3	40,6	62
hypersten	23,1	25,6	13
diopsid	3,3	6,4	
albit	9,0	6,9	
anortit	1,7	3,2	10*
ortoklas	0,8	0,4	
chromit	1,0	0,8	0,12**
apatit	0,7	0,7	
ilmenit	0,2	0,2	
troilit	6,3	6,4	6,20**
Ni-železo	4,5	8,6	8,45**

Poznámka — Pokud jde o polický chondrit jsou údaje získány ze schematu B. Masona (1960). Údaje označené \*\* jsou vyňaty z kvantitativní chemické analýzy chondritu. Údaj označený \* vzhledem k vysokému podílu sodíku v chemické analýze (1,07 % Na<sub>2</sub>O) lze tu usuzovat na přítomnost albit-oligoklasu, který značně převládá nad ortoklasem.

### Tmavá uzavřenina — orvinit

Již makroskopicky byly na polickém chondritu, zejména na jeho čerstvých odlomech, zjištěny vcelku nehojné droboučké uzavřeniny cizorodých tělísek, které se hlavně tmavým, vzácněji i světlým zbarvením někdy dosti nápadně lišily od okolní světle šedo zelenavé hmoty. Výbrus byl proto orientován na nejnápadnější a největší z těchto uzavření.

Ve výbruse pozorujeme nepravidelný, zhruba vejčitý obrys uzavřeniny o velikosti 6,75 × 4,75 mm s nápadně zvlněným okrajem. Má výraznou černošedou barvu a mikroskopicky velmi dobře patrnou fluidální texturu, zvýrazněnou hlavně rovnoběžným pruhovitým uspořádáním tmavých součástí.

Mikroskopicky bylo možno zjistit, že barva uzavřeniny je v procházejícím světle černohnědá, v odraženém tmavošedá. Uzavřenina je v podstatě složena ze dvou komponent:

- a) z tmavého až černého tmelu, v němž jsou uloženy,
- b) drobné i větší úlomky olivínu s částicemi chonder.

Obě tvoří mikroskopicky zrnité shluky ostrohranných i zaoblených úlomků nebo zrněk.

Podle toho by bylo možno označit texturu uzavřeniny jako dynamo-fluidální, tj. vzniklou nejspíše pod vlivem tlaku, příp. i otřesu.

**Tmavý tmel** má barvu převážně černohnědou, místy však tvoří zřetelné černé, rovnoběžně probíhající šmouhy napříč celé uzavřeniny a zdůrazňuje její fluidální texturu. Silnějším zvětšením lze zjistit, že tmel je velmi jemně práškovitý a v odraženém světle zřetelně kovově lesklý.

Jde tu zřejmě o velmi jemně rozptýlené částice nikelnatého železa a troilitu, popsané již G. T s c h e r m a k e m (1875, p. 465) při výzkumu původního orvinitu z Orvinia, sv. od Říma ve střední Itálii. Světle kovově lesklá zrnka o průměrné velikosti 0,005 mm náležejí k nikelnatému železu, části v odraženém světle zřetelně nahnědlé troilitu. Jejich vzájemný poměr co do množství nelze vzhledem k jejich nepatrným rozměrům spolehlivě stanovit; zdá se však, že nikelnaté železo nad troilitem převažuje. Poměrně vzácné jsou větší částice nikelnatého železa, které dosahují velikosti až 0,048 mm. Na nich je ocelově šedá barva zvláště dobře patrna. Naproti tomu větší shluky troilitu nebyly pozorovány.

Nikelnaté železo s troilitem jsou pomíšeny jemně práškovitým olivínem. Poloskvovitá hmota, kterou z orvinitu uvádí G. T s c h e r m a k (1875) nebyla v uzavřenině zjištěna. V místech maximálního nahromadění všech výše zmíněných součástí dochází pak ke vzniku fluidálních šmouh (pruhů), které bývají 0,10 — 0,20 mm široké.

**Úlomky obsažené v tmavém tmelu** jsou vždy části buď zrn olivínu nebo chonder.

Úlomky zrn olivínových jsou vesměs ostrohranné, max. 0,5 × 0,4 mm velké, většinou velmi drobné a mají pak průměrnou velikost pouze 0,05 mm. Jsou vesměs čiré s hojnými trhlinami nedokonalé štěpnosti.

Části chonder nejsou příliš hojné. Velmi vzácné jsou úplné chondry. Častější výskyt úlomků nasvědčuje drcení původního kamene, z něhož uzavřenina pochází. Průřez největší ve výbruse zjištěné chondry má rozměry 0,75 × 0,55 mm a nasvědčuje jejímu vejčitému tvaru. Chondry i jejich části jsou tvořeny drobnými zrny nebo úlomky olivínu, k nimž bývá někdy přimíšeno i něco vláknitého pyroxenu. Průhledný olivín rozeznáme velmi snadno od silně šedě zakaleného, jemně vláknitého pyroxenu se zřetelně nižším dvojlomem (šedá 1. řádu). Hranice obou nerostů navzájem jsou ostré. Olivín nad pyroxenem zpravidla převládá, opačné případy jsou vzácné. Jen vzácně byla ve zbytcích chonder zjištěna také nepatrná práškovitá rudní zrnka. — Z uvedeného vyplývá, že chondry v orvinitu můžeme označit jako tzv. barred chondrules, které popsal B. M a s o n (1962) s tím rozdílem, že místo skla je tu přítomen jemně vláknitý ortopyroxen.

Tmavou barvou a mineralogickým složením se vejčitá uzavřenina v polickém chondritu shoduje s orvinitem, který popsal G. T s c h e r m a k (1875). Má také zřetelnou fluidální texturu. Liší se však od něho tím, že se v základní hmotě polického chondritu v uzavřenině nevyskytuje poloskvovitá hmota a scházejí tu i úlomky pyroxenu. Poměr jednotlivých součástí uzavřeniny lze stanovit odhadem zhruba na 70 % olivínu a 30 % kovových součástí (nikelnatého železa a troilitu). Tvarem, zbarvením a strukturou je popisovaná uzavřenina podobná uzavřenině černého ostrohranného úlomku orvinitu v krystalickém chondritu Rush Creek (Kiowa County, Kolorado, USA), vyobrazeném na mikrofotografii, kterou uveřejnil W. W a h l (1952). Je rovněž zajímavé, že zmíněný chondrit podle mikrofotografie upomíná strukturou a složením na chondrit z Police. Fluidální textura je charakteristická pro mnohé nálezy orvinitů a uvádějí ji jak G. T s c h e r m a k, tak i W. W a h l



(1952). Upomíná na texturu i složení některých sopečných pyroklastik, např. sopečných tufů nebo sopečného písku. Zdá se, že vznikala nejspíše pod vlivem tlaku a pak by šlo o texturu dynamofluidální. Struktura by se blížila struktuře porfyrklastické. Již G. Tschermak (1875) přirovnává pokud jde o strukturu svůj orvinit k sopečné brekcii. Podle W. Wahla (1952) jsou úlomky orvinitů známy z celé řady meteorických kamenů, a obsahují je např. kameny: Bandong (Jáva), Oubari (východní Sahara), Fleming (Kolorado, USA), Hainaut (1934), Hedžas (Arábie), Parnallee (Indie), Tulia (Texas, USA) aj. Fluidální textura byla však u nich pozorována jen velmi zřídka.

A. Brezina (1885) definuje orvinit jako polymiktní brekciovitý, černý bronzitický chondrit, jehož celá hmota je černě infiltrovaná a jeví nápadnou rozmanitost mezi zrny bohatými na chondry bez fluidální struktury a chondrami chudou mezihmotou s fluidální strukturou.

#### IV. CHEMICKÉ SLOŽENÍ CHONDRITU

Základem úvah o chemickém složení polického chondritu byla kvantitativní chemická analýza provedená v chemické laboratoři Ústředního ústavu geologického v Praze (vedoucí dr. Z. Šulcek) M. Veselým, M. Mikšovským a J. Weissem. Oprávněnost zařazení polického chondritu do třídy olivinicko-hyperstenických chondritů nápadně vynikne opět při porovnání jejich výsledků s průměrným složením olivinicko-hyperstenických chondritů typu L podle H. C. Ureye a H. Craiga (1953) i se složením polickému chondritu nejpříbuznějších kamenů stejného zařazení: Kňahyňa a Bluff.

Z dat uvedených v tabulce vidíme, že celkový podíl železa, který je pro systematické zařazení chondritu rozhodující, je zde nižší nežli u ostatních tříd chondritů, kde se pohybuje v rozmezí 23 — 30 % Fe.

Chemické analýzy olivinicko-hyperstenických chondritů

	1.	2.	3.	4.
SiO <sub>2</sub>	39,49	39,53	39,80	40,13
MgO	24,55	25,04	24,11	25,11
FeO	14,97	14,21	13,70	16,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,61	2,24	2,61	2,54
CaO	1,96	1,73	2,64	1,57
Na <sub>2</sub> O	1,04	1,07	0,81	1,06
K <sub>2</sub> O	0,18	0,16	0,08	0,14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	0,12	0,55	0,65
MnO	0,27	0,34	0,33	0,30
TiO <sub>2</sub>	0,11	0,09	0,12	0,10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,24	0,26	0,30	0,31
Fe	7,04	7,30	7,43	3,36
Ni	1,06	1,15	1,12	1,04
Co	0,07	0,08	0,07	0,05
FeS	5,77	6,20	6,36	6,33
Fe celkem	22,33	22,28	21,11	20,68

1. Průměrné složení olivínicko-hyperstenických chondritů (typ L H. C. Ureye a H. Craiga, 1953).
2. Chemická analýza chondritu z Police nad Metují [M. Veselý a kol.].
3. Chemická analýza chondritu Bluff z Texasu, USA (B. Mason — H. B. Wiik, 1967).
4. Chemická analýza chondritu z Kňahyně, USSR (B. Mason — H. B. Wiik, 1963).

Data zjištěná kvantitativní chemickou analýzou se velmi dobře shodují s řadou dat, získaných aktivační neutronovou analýzou, kterou provedl Ing. J. Vobecký v laboratořích Ústavu jaderného výzkumu ČSAV v Řeži u Prahy.

	%		ppm (= $10^{-4}$ %)
Fe	19,8	Sc	9,2
Co	0,048	Sm	0,19
Ni	1,15	Ir	0,47
Cr	0,40	Au	0,20
Na	0,70	V	82
Mg	11,9	Cl	118
Al	1,1		
Ca	1,8		
Mn	0,25		

Poměr Fe/Ni činí u polického chondritu 6,34 a proto spadá do limitu pro olivínicko-hyperstenické chondrity mezi 3 — 7. U ostatních chondritů se tento poměr pohybuje mezi 10 — 13.

Také celkové množství nikelnatého železa, které je v daném případě niklem bohatší, spadá do rozmezí pro olivínicko-hyperstenické chondrity (1 — 10 %) a činí 8,45 %. Proti ostatním třídám chondritů, kde jeho podíl kolísá mezi 16 — 28 %, je ho však podstatně méně.

Obsahem FeO v hodnotě 14,21 % zapadá polický chondrit rovněž do rozmezí pro olivínicko-hyperstenické chondrity, které činí 12 — 22 % a je tedy zřetelně vyšší nežli u olivínicko-bronzitových chondritů s rozmezím pouze 7 — 12 % FeO.

Naproti všem výše uvedeným shodám má polický chondrit však poněkud nižší hodnotu poměru MgO/FeO nežli je stanovený průměr pro chondrity jeho třídy a to 2,5 — 4, z čehož vyplývá, že jeho hořečnatě-železnaté silikáty nejsou tak bohaté na FeO, jako u ostatních chondritů s podobným složením. Hodnota zmíněného poměru pro polický chondrit činí pouze 1,76 (1,8).

Také poměr FeO/FeO+MgO, který činí 36, je odlišný od obvyklého rozmezí pro olivínicko-hyperstenické chondrity, kde se pohybuje v rozmezí mezi 32 — 40.

Obě posléze uvedené odchylky mohou však být způsobeny heterogenním složením chondritu s četnými drobnými uzavřeninami hmot od-

chýlného chemického složení. Takové ovlivnění konečných dat je více nežli pravděpodobné.

## V. SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ POLICKÉHO CHONDRITU

Podle přítomnosti chonder řadí se polický kámen mezi chondrity, které jsou dosud nejhojnějšími meteorickými kameny a tvoří podle B. M a s o n a (1962) plných 85,5 % ze všech dosud pozorovaných pádů. Podle mineralogického složení, zejména podle podílu olivínu a hyperstenu, náleží kámen z Police **do třídy olivinicko-hyperstenických chondritů**, které spolu s chondrity olivinicko-bronzitickými tvoří 90% všech známých chondritů. Výše citovaný autor soudí, že jde obecně o chondrity mineralogicky i chemicky jen málo variabilní s poměrně konstantním složením.

Chondrity olivinicko-hyperstenické se vyznačují poměrně nízkým podílem celkového obsahu železa a menším množstvím nikelnatého železa. Podle nového rozdělení celé skupiny chondritů, které navrhli H. C. U r e y a H. C r a i g (1953) náleží polický chondrit k jejich **typu L** s průměrným množstvím 22,33 % celkového podílu železa. Patří tedy k typu s poměrně malým množstvím celkového podílu železa, k němuž náležejí všechny dosud zkoumané olivinicko-hyperstenické chondrity.

Vedle mineralogického a chemického složení je ovšem zapotřebí přihlídnout také k brekciovitě povaze polického chondritu, která je nápadná na mnoha jeho částech. Bylo zjištěno, že chondrit obsahuje i nehojné drobné uzavřeniny jiných chondritů, z nichž bylo možno přesněji určit orvinit s výraznou fluidální strukturou. Podle klasifikace brekciovitých chondritů, kterou navrhl W. W a h l (1952) je proto možno označit polický chondrit jako **monomiktní brekciovitý chondrit**, obsahující drobné uzavřeniny jiných podobných hmot, které nebylo možno podrobněji prozkoumat.

## SUMMARY

### THE CHARACTERISTIC OF THE CHONDRITE FROM POLICE ON METUJE, NE BOHEMIA, CZECHOSLOVAKIA

A rare single meteoric stone fell on the 16<sup>th</sup> of September 1970, at 8.15 a. m. of the middle-European time, in the village of Suchý Důl, ENE of Police on Metuje (Náchod environs), NE Bohemia, Czechoslovakia. The geographical coordinates of the place of the fall are following: 16° 14' 40" of the longitude, 50° 32' 17" of the latitude. This fall was accompanied with sharp whistling and the stone fell on the solid roof of a house in the village. It broke through this roof and was divided simultaneously into two larger and several smaller fragments.

The largest stone is 118 × 77 × 58.5 mm in size now. Its original weight was probably ca. 780 grams. The large till now preserved part of this stone is weighing 686.1 grams. The second larger fragment was completely used for various investigation purposes and also for making the necessary preparations.

The stone has a **roughly pyramidal shape**. It is an **oriented meteorite** with the evident front surface, which was also the most damaged part of the stone by the impact. On the rear surface we can see abundant but comparatively flat **regmaglypts** extending in the direction of motion of the stone in outer space.

The **black fusion crust** is on the front surface flat nodular, on the rear surface fine scoriaceous to striated with numerous transitions. There was observed also that the fusion crust broke away from several part of the edges of the stone. The interior of the stone is reddish colored in this places. "The fat spots" — the profiles of the chondrules in the fusion crust, are very rare here. The largest of these is 7 × 6 mm in size.

The **interior of the stone** is light grey-greenish in color, locally with the network of fine black veins. The stone has namely a brecciated structure. It belongs to the group of chondrites and to the first group in accordance with the division by W. R. Schmus and J. A. Wood (1967).

There are **three kinds of chondrules** observed here: olivine-, pyroxene- and mixed chondrules. The olivine chondrules were mostly totally destroyed by the shock or collision, the mixed chondrules are rare. The pyroxene chondrules are made up of excentric radiating fibrous bundles of hypersthene and they are generally round in shape. They content sometimes also a small amount of the clinohypersthene, described by B. Mason (1962) as a product of the mechanical deformation of the orthopyroxene. Also the fragments of the chondrules are very abundant here.

The **nickel-iron and troilite aggregates** and grains are strikingly apparent in the fine grained matrix of the stone. They seem to be locally in equilibrium as to the quantity. They form only seldom common interstitial tip-like aggregates. Polygonal grains of chromite are very rare accessories of the matrix. The chemical composition of the opaque minerals of the chondrite in powder was investigated also by the spectral analysis of its magnetic and less magnetic fraction.

The **matrix of the chondrite** is microscopic granular and has sometimes dark colored parts and contents also inclusions. It consists largely of olivine, which is present in the larger grains but mostly in the fine ones with evident effects of a strong shock or pressure. Olivine predominates here over hypersthene, fine grained feldspar and opaque minerals. Also clinohypersthene associated with hypersthene was rarely only determined in matrix. Feldspar belonging to albite-oligoclase was found by using of the Guinier focusing method. No maskelynite is present in the matrix.

In accordance to the observed phenomena it is possible to order the chondrite from Police on Metuje in the chondrite-group with the **minimal traces of the recrystallization** (the shock-phenomena only), with a certain small amount of clinopyroxene. The dark matrix in the parts of the strong crushing represents fine powdered submicroscopic mixture of the strong crushed constituents of silicates, which were dark brown colored probably by the manganese hydrates.

The described chondrite differs with its **mineralogical composition** no substantially from the composition of other olivine-hypersthene chondrites. The chondrites of Knyahynia (Kňahyňa, U. S. S. R.) and of Bluff (Texas, USA) are very related by their mineralogical and chemical composition to the chondrite of Police on Metuje.

An **inclusion of the rare fluidal orvinite** in thin section of this chondrite is very interesting. This inclusion was also quite evident already macroscopically. It consists of fragments of olivine grains and chondrules in dark matrix (crushed powder-like particles of nickel-iron and troilite).

The **chemical analysis** of the described chondrite (M. Veselý and others) agrees entirely with the results of its microscopic investigations. But there is no doubt that the result of this chemical analysis was to a certain degree influenced by the present heterogenous inclusions in the chondrite.

The meteorite of Police on Metuje belongs to the group of **olivine-hypersthene chondrites** or to the L type in according to the classification of H. C. Urey and H. Craig (1953). In the view of its brecciated character we can determine it in accordance to the classification of W. Wahl (1952) as a **monomict brecciated chondrite**.



## EXPLANATIONS OF THE PLATES

### Table I.

1. Front surface with the largest breaking up and the main front plane (E) on the right.
2. Front surface with the largest breaking up. The front planes are following: E above on the left, D above on the right and B down.

### Table II.

3. Detail of the main front plane with a larger regmaglypt.
4. Detail of the regmaglypt on the main front plane.

### Table III.

5. Front surface with the planes A ahead and C above on the left, a part of the largest breaking up on the front surface on the right.
6. Rear surface with the large plane A with numerous regmaglypts. Part of the largest breaking up on the left, part of the B plane down.

### Table IV.

7. Side-part of the chondrite with the large plane B above and a smaller plane D below. A part of the largest breaking up the right.
8. Side-part with main front plane E to the left and with the planes C above and D below.

### Table V.

9. Detail of the interior of the chondrite in place of the largest breaking up (10×).

**Table VI.**

10. Profile through the largest chondrule on the surface of the stone („fat spot“; 10×).
11. Detail of the part of the chondrite with the broken fusion crust (10×).

**Table VII.**

12. Photomicrograph of the chondrite with the good visible large grains of olivine and aggregates of nickel-iron and troilite (80×).
13. Photomicrograph of the spherical hypersthene-chondrule, formed by three radiating excentric situated bundles of the fibres (Enlarged 40×).

**Table VIII.**

14. Photomicrograph of the hypersthene-chondrule (40×, nicols ×).
15. Detail of the same chondrule (120×, nicols ×).

**Table IX.**

16. Photomicrograph of the orvinite inclusion in the brecciated chondrite (15×).
17. Photomicrograph of a fragment of the mixed chondrule (barred chondrule) in the chondrite (60×).
18. Detail of the same chondrule (200×).

## L I T E R A T U R A

- BREZINA A. (1885): Die Meteoritensammlung des k. k. mineralogischen Hofkabinettes in Wien. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, 35, 157—276.
- CEPLECHA Z. (1969): Fall of Suchy Dul Stony Meteorite, Czechoslovakia. The Meteoritical Bulletin, No. 48. November 1969, Moscow, USSR, 1.
- EDWARDS G. (1955): Sodium and potassium in meteorites. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 8, 285—294.
- GOODYEAR J. and DUFFIN W. J. (1954): The identification and determination of plagioklase feldspars by the X-ray powder method. *Min. Mag.*, 30, 224, 306—32.
- KRINOV E. L. (1955): Osnovy meteoritiki. Moskva, 1—391.
- MASON B. (1960): The origin of meteorites. *Journ. Geophys. Research*, 65, 2965—2970.
- MASON B. (1962): Meteorites, New York — London.
- MASON B. (1962): The Classification of Chondritic Meteorites. American Museum Novitates, Number 2085, New York, 1—20.
- MASON B. (1963): Olivine composition in chondrites. *Geochim et Cosmochim. Acta*, 27, 1011—1023.
- MASON B.: The Chemical Composition of Olivine-Bronzite and Olivine-Hypersthene Chondrites. American Museum Novitates, Number 2223, New York, 1—38.
- MASON B. (1965): Feldspar in Chondrites. *Science*, vol. 148, No. 3672, 943.
- MASON B. (1967): Meteorites. *American Scientist*, vol. 55, No. 4, 429—455.
- MASON B. (1967): Olivine composition in chondrites — a supplement. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 31, 1100—1103.
- MASON B. (1968): Pyroxenes in Meteorites. *Lithos*, vol. 1, Number 1, Oslo, 1—11.
- MASON B. and WIJK H. B. (1963): The Composition of the Richardton, Estacado, and Knyahinya Meteorites. American Museum Novitates, Number 2154, New York, 1—18.
- MASON B. and WIJK H. B. (1965): The Composition of the Forest City, Tennesilm, Weston, and Geidam Meteorites. *Ibidem*, Number 2220, New York, 1—20.
- MASON B. and WIJK H. B. (1967): The Composition of the Belly River, Bluff, Bremer-vörde, and Modoc Meteorites. *Ibidem*, Number 2280, New York, 1—19.
- POLDERVAART A. (1950): Correlation of physical properties and chemical composition on the plagioclase, olivine, and orthopyroxene series. *Amer. Mineralogist*, vol. 35, 1067—1079.
- RAMDOHR P. (1963): The opaque minerals in stony meteorites. *Journ. Geophys. Res.*, vol. 68, 2011—2036.
- TSCHERMAK G. (1875): Die Trümmerstruktur der Meteoriten von Orvinio und Chantonay. Sitzber. d. k. k. Akademie der Wiss., Math.-Naturwiss. Cl., L. XX. Bd. 1. Abtheilung, Wien, 459—472.
- UREY H. C. and CRAIG H. (1953): The composition of the stony meteorites and the origin of the meteorites. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 4, 36—82.
- UREY H. C. and MAYEDA T. (1959): The metallic particles of some chondrites. *Ibidem*, vol. 17, 113—124.
- VAN SCHMUS W. R., and WOOD J. A. (1967): A chemical-petrological classification for the chondritic meteorites. *Ibidem*, 31, 747—765.
- WAHL W. (1907): Die Enstatitaugite. *Tschermak's Min. u. Petr. Mitteil.*, Wien 26, 1—131.
- WAHL W. (1952): The brecciated stone meteorites and meteorites containing foreign fragments. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 2, 91—117.

---

SBORNÍK NÁRODNÍHO MUZEA V PRAZE — ACTA MUSEI NATIONALIS PRAGAE

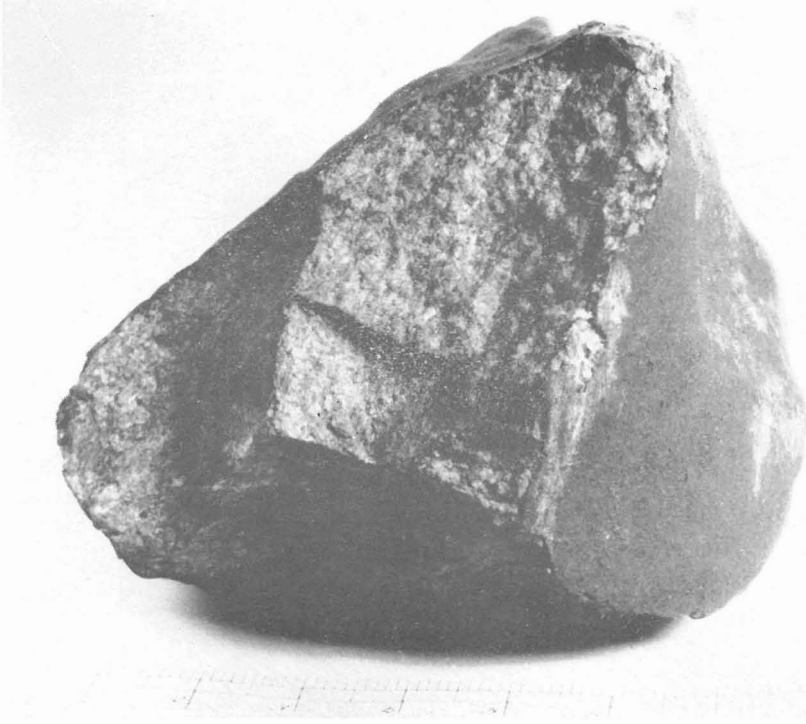
Volumen XXVI B (1970), No. 5

Dr. JIŘÍ KOUŘIMSKÝ CSc.

Cena tohoto čísla 12,— Kčs



TAB. I



1.

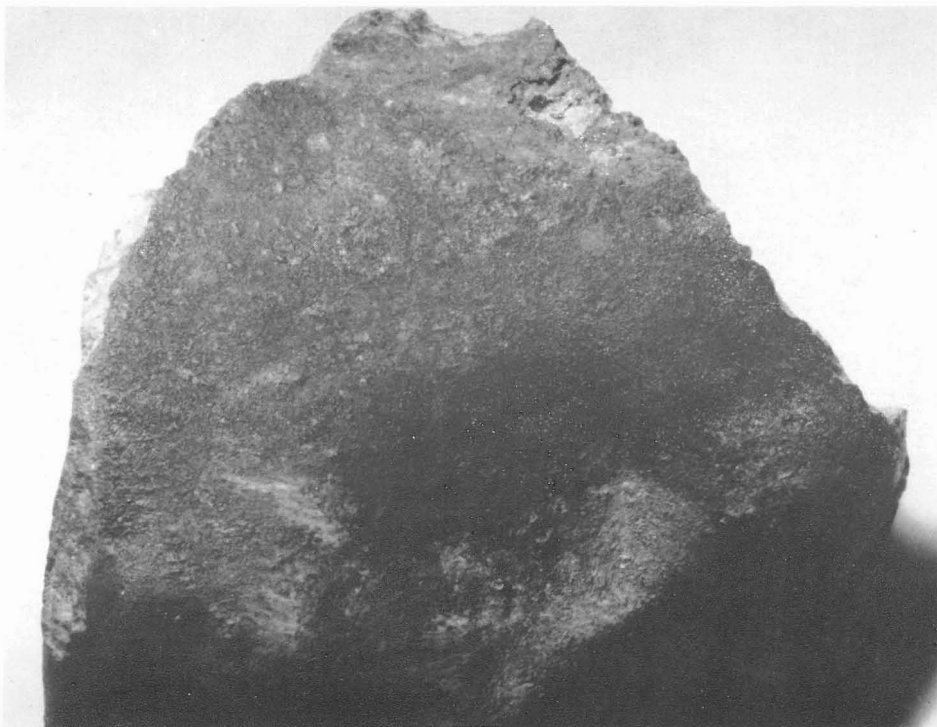


2.

1. Čelní část s velkým odlomem a hlavní čelní plochou E vpravo.

2. Čelní část s velkým odlomem. Vlevo nahoře čelní plocha E, vpravo nahoře plocha B, dole plocha A.

TAB. II



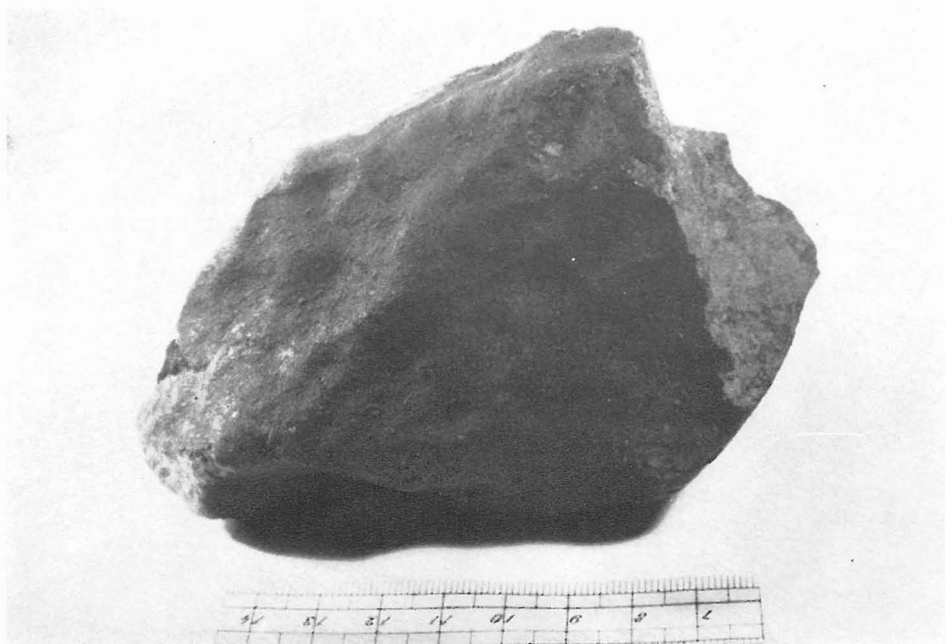
3.



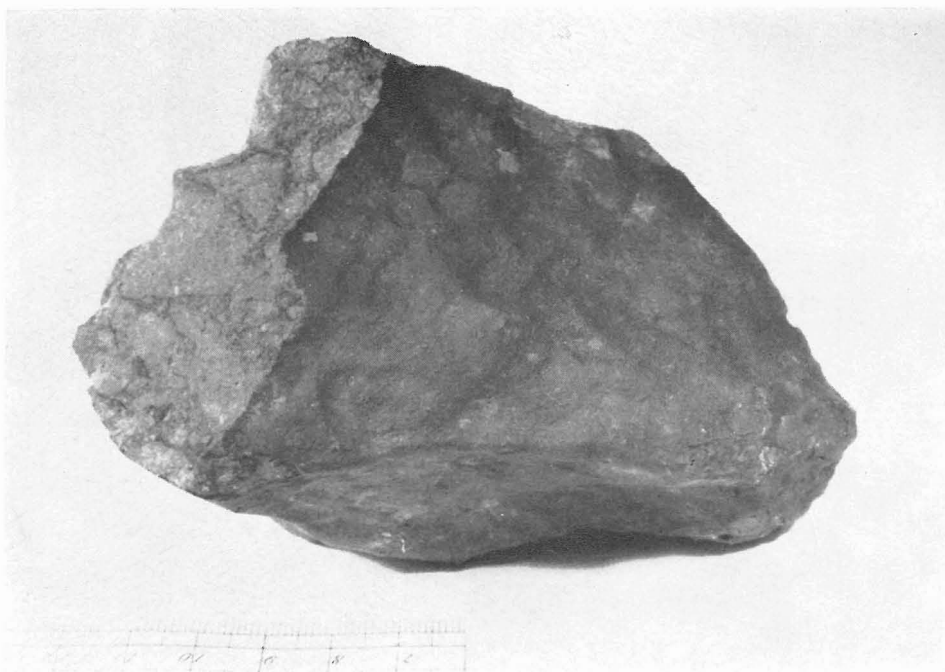
4.

3. Detail hlavní čelní plochy E s větším regmaglyptem.  
4. Detail regmaglyptu na hlavní čelní ploše E.

TAB. III



5.



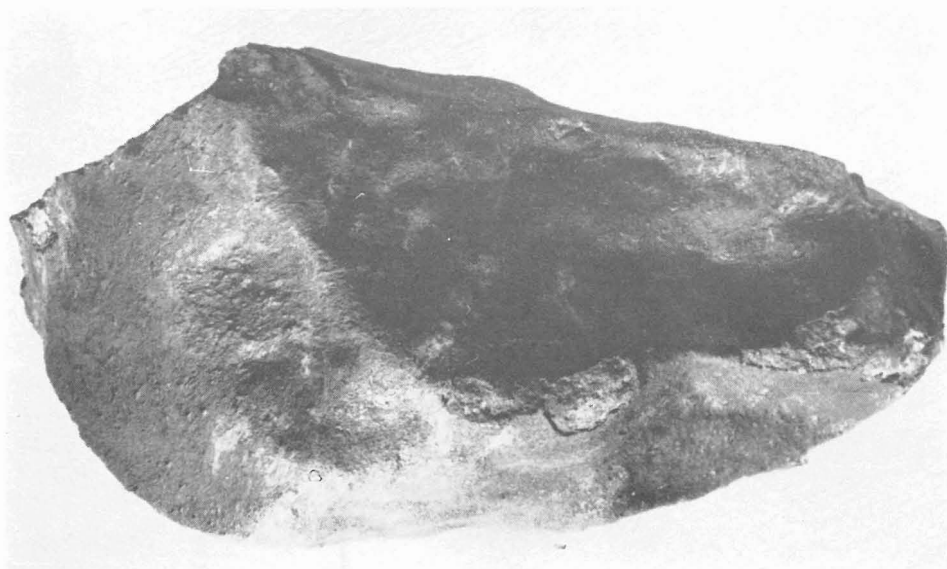
6.

5. Týlní část s plochami B (vpředu) a D (dole), vpravo část velkého čelního odlomu.  
6. Týlní část s velkou plochou A s hojnými regmaglypty. Vlevo část velkého čelního odlomu, dole část plochy C.

TAB. IV



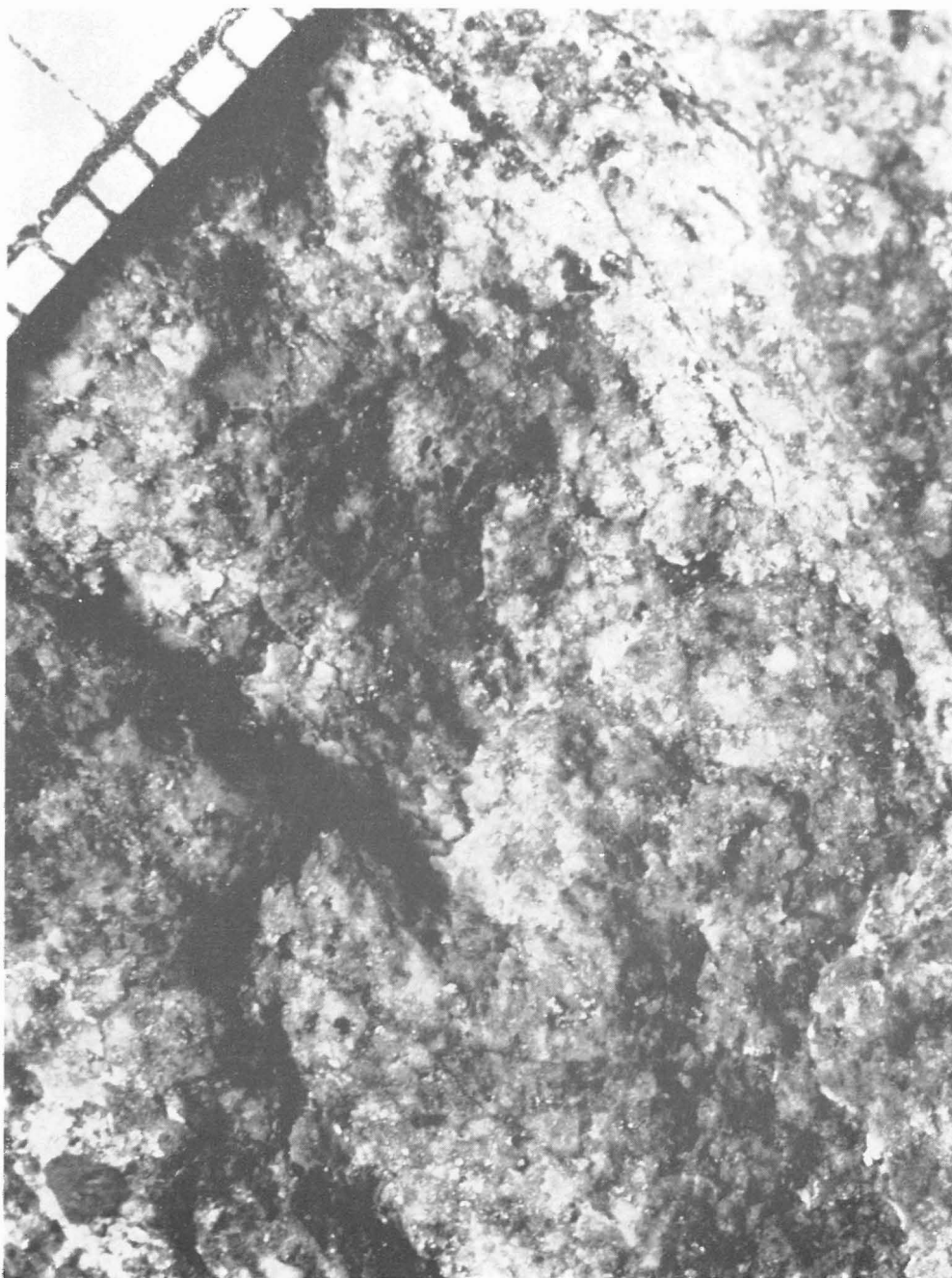
7.



8.

7. Postranní část s velkou plochou B (nahore) a menší plochou D (dole). Vpravo část velkého čelního odlomu.
8. Postranní část s hlavní čelní plochou E (vlevo) a s plochami C (nahore) a D (dole).

TAB. V



9.

9. Detail obnaženého vnitřku chondritu v místě velkého odlomu [10X zvětšeno].

TAB. VI



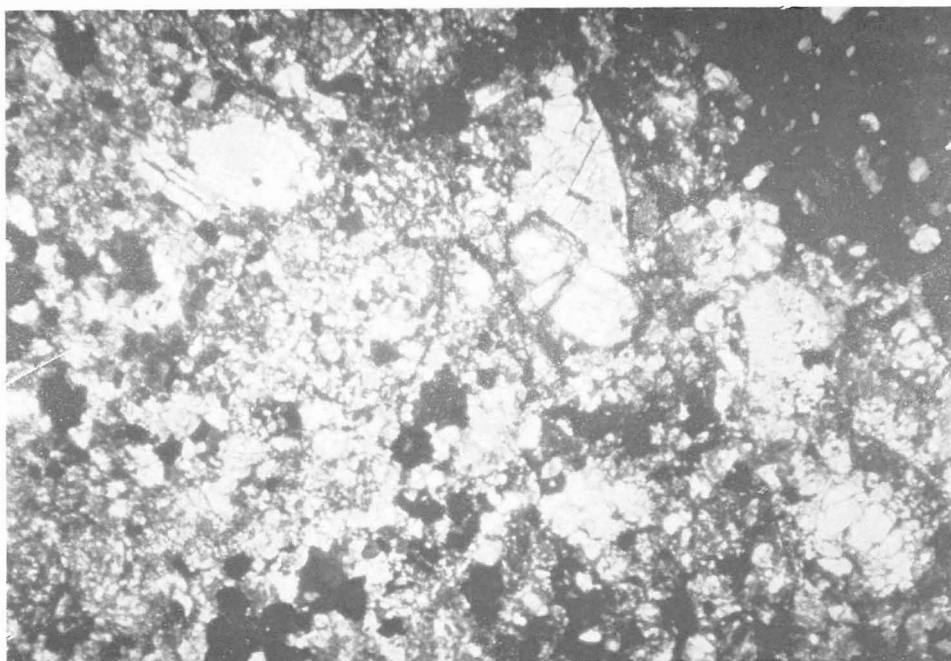
10.



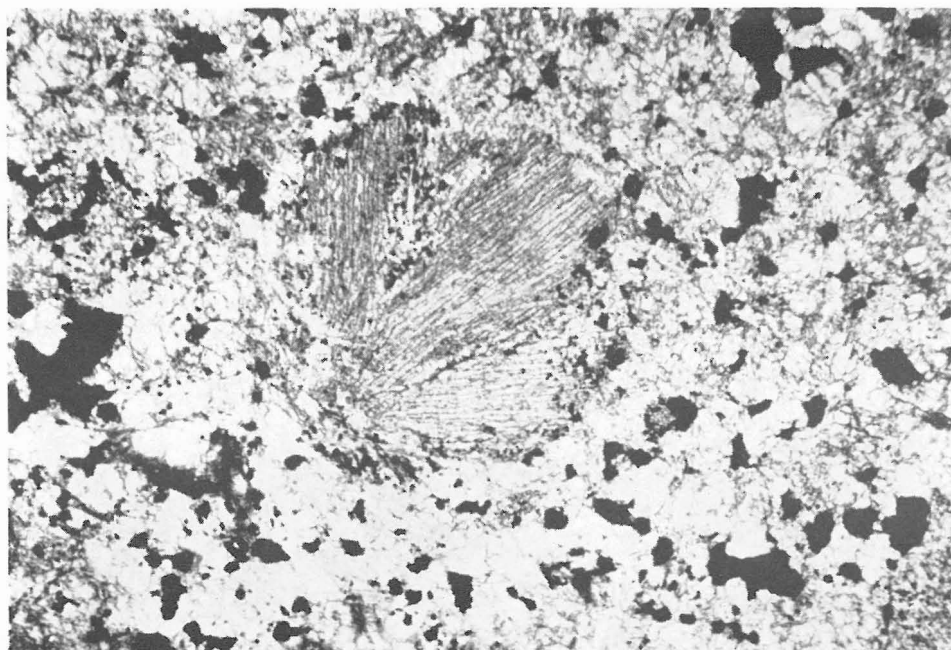
11.

10. Průřez největší chondrou na povrchu kamene („mastná skvrna“, 10× zvětšeno).  
11. Detail části chondritu s odlomenou povrchovou kůrou (10× zvětšeno).

TAB. VII

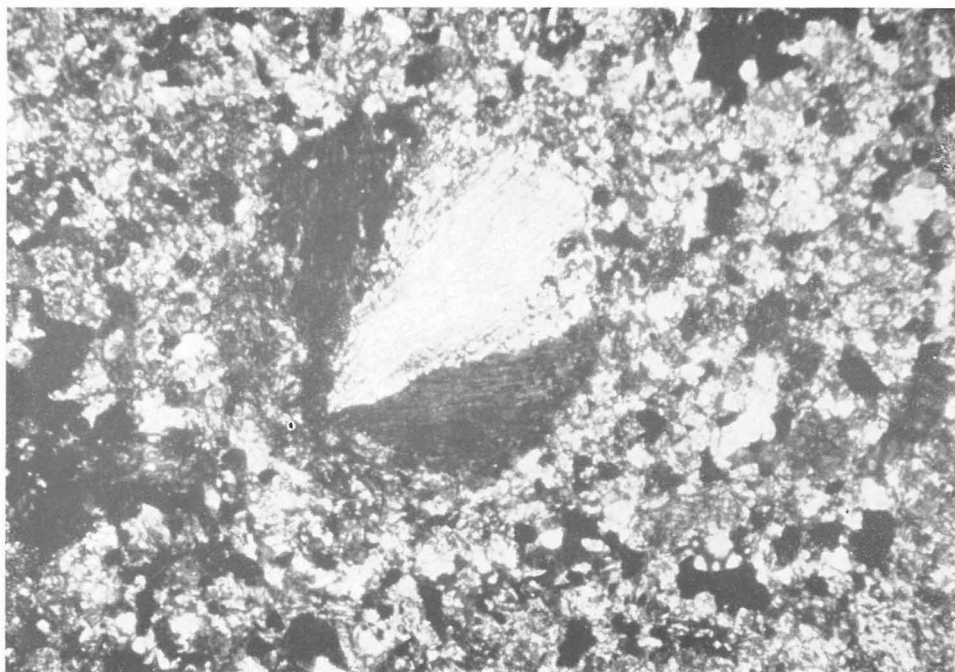


12.

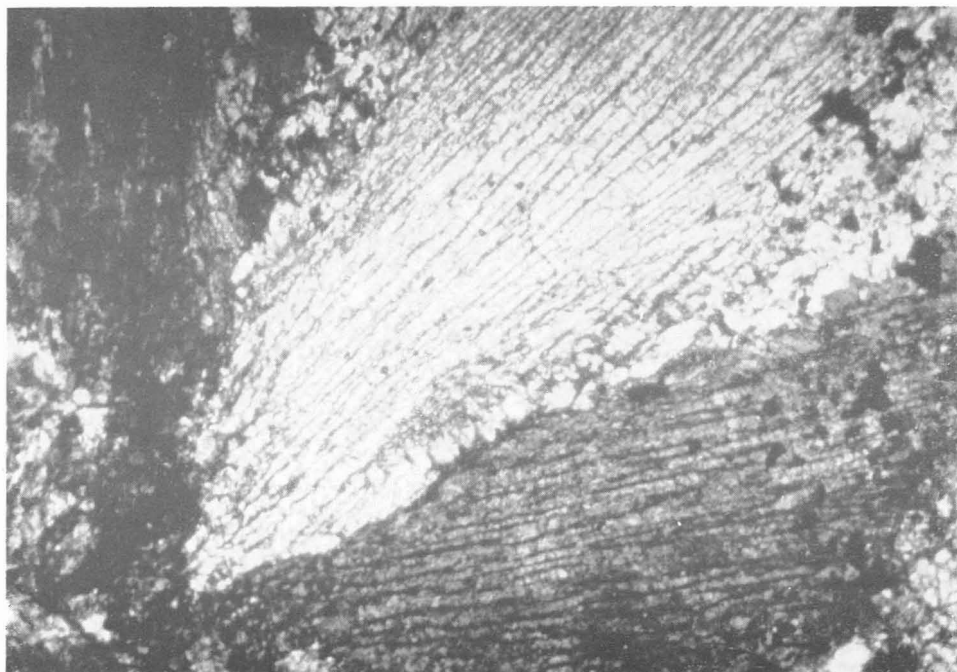


13.

12. Mikrofotografie chondritu s dobře patrnými velkými zrny olivínu a shluky nikelnatého železa a troilitu (80× zvětšeno).
13. Mikrofotografie kulaté hyperstenové chondry tvořené třemi svazky excentricky paprscitě utvořených vláken (40× zvětšeno).



14.

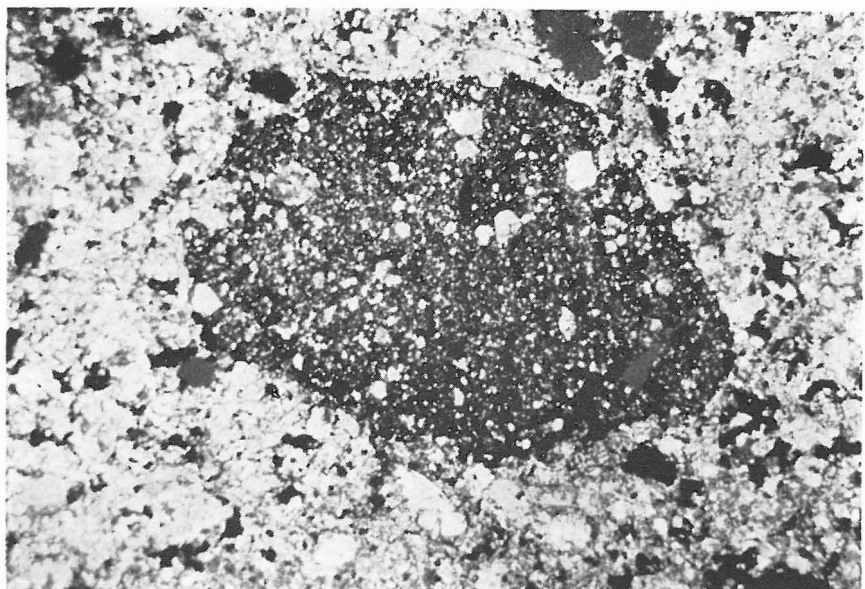


15.

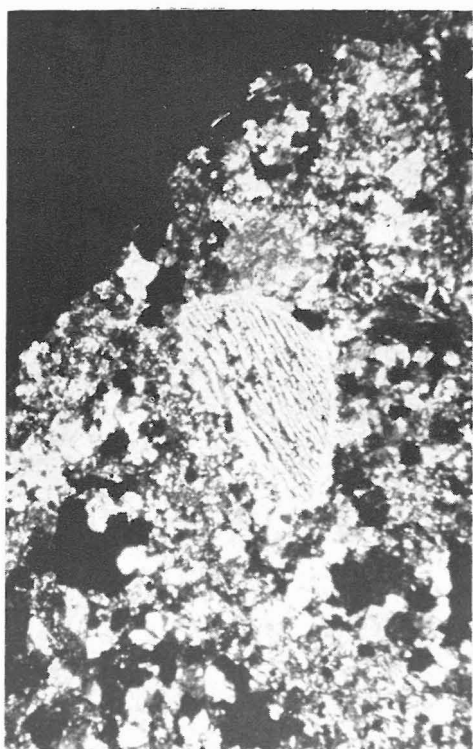
14. Mikrofotografie hyperstenové chondry mezi zkříženými nikoly (40× zvětšeno).  
15. Detail téže chondry mezi zkříženými nikoly (120× zvětšeno).



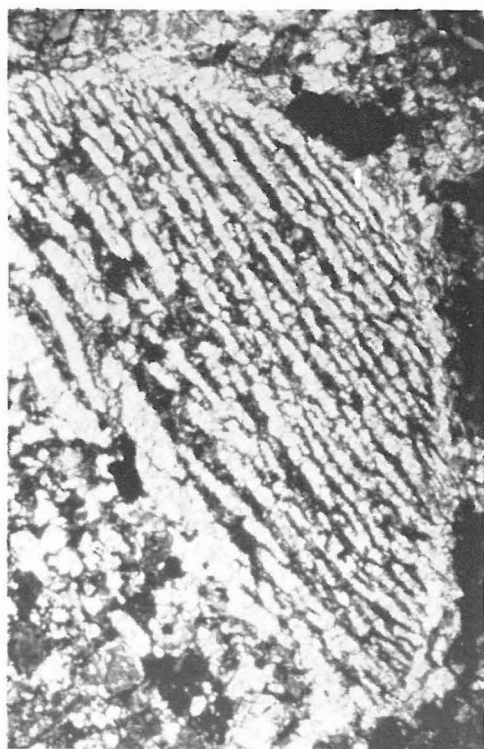
TAB. IX



16.



17.



18.

16. Mikrofotografie uzavřeniny orvinitu v brekciovitém chondritu (15× zvětšeno).  
17. Mikrofotografie úlomku smíšené chondry (tzv. barred chondrule) v chondritu (60× zvětšeno).  
18. Detail téže chondry (200× zvětšeno).