

B. ZORKOVSKÝ

K OTÁZKE VZNIKU MAGNEZITOV

(Ruské a nemecké resumé)

Autor v uvedenom referáte podáva stručný prehľad doterajších názorov na vznik magnezitov, najmä kryštalicích. Na konci svojho referátu prichádza k uzáveru, že pri štúdiu ložísk kryštalicích magnezitov treba doterajšie platné názory na ich vznik, t. j. hydrometasomatický, brať s určitou rezervou a uvažovať, či kryštalicé magnezity v slovenských Karpatoch nemohli vzniknúť aj cestou sedimentárnou, ako to pripúšťa profesor Llaena pre pyrenejské kryštalicé magnezity.

Magnezit je minerál, ktorý patrí do skupiny uhličitanov a má chemický vzorec MgCO_3 s obsahom 47,6 % Mg a 52,4 % CO_2 . Kryštalizuje v sústave trigonálnej. Obyčajne obsahuje izomorfné prímеси FeCO_3 , MnCO_3 a CaCO_3 , potom však magnezit sa stáva horninou, ktorá po vypálení obsahuje:

MgO	80—92 %	SiO_2	1—5 %
Fe_2O_3	5—7 %	Al_2O_3	0—2 %
CaO	2—6 %		

Ak magnezit obsahuje viac ako 7 % Fe_2O_3 , nazýva sa breuneritom. Podľa pomeru $\text{MgCO}_3 : \text{FeCO}_3$ breunerity často sa rozdeľujú na mesitíny (pomer 2 : 1), pistomesity (pomer 1 : 1) a sideroplesity (asi s 12 % MgO). Vyšší obsah Fe_2O_3 spôsobuje znižovanie zlievacej teploty, teda aj zníženie ohňovzdornosti. Preto na opravu SM pecí počas prevozu sa lepšie hodia magnezity bohatšie na Fe, pretože nastáva rýchle pripekanie slinutého magnezitu k rozžeravenému dnu.

Al_2O_3 , ktorého obsah zriedkakedy presahuje 2 %, je prímес nevítaná, pretože pri jej prítomnosti vznikajú pri pálení nízkotopiteľné, eutektické smesi, napr. brown-milerit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), ktorý má bod topenia 1415 °C.

Použitie magnezitu: Magnezit sa používa v rozličných odvetviach priemyslu, najmä však ako surovina pre výrobu bázičného ohňovzdorného materiálu pre výstielku martinských pecí. Takto sa surový magnezit páli. Pálením pri teplote 700—1000 °C vzniká tzv. kaustický magnezit, ktorý

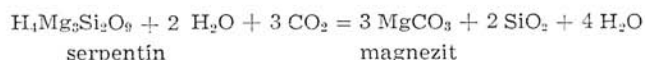
obsahuje 3—8 % CO_2 . Používajú ho v cementárstve pri výrobe xylolitu a heraklitu, ako aj na výrobu sorelového cementu. Od suroviny, ktorá sa má použiť na výrobu kaustického magnezitu, žiada sa, aby neobsahovala viac ako 4,5 % FeO a 2 % CaO . Najlepšou takouto surovinou je tzv. celistvý magnezit.

Pri pálení nad 1700°C vzniká tzv. na „mŕtvo“ vypálený magnezit s obsahom 0,00—0,5 % CO_2 , prípadne tzv. metalurgický magnezit, ktorý CO_2 už neobsahuje. Používajú sa na výrobu ohňovzdorných magnezitových tehál. Najlepšou surovinou býva tzv. kryštalický magnezit.

Magnezit možno použiť aj na výrobu azbesto-magnezitových smesí, na poťah železničných vozňov, na výrobu umelých mlynských kameňov, izolácií pre rádioaparáty, na magnezitové omietky. Magnezit je aj najlepšia surovina pre výrobu kovového Mg, ktorý sa spolu s hliníkom používa na výrobu veľmi ľahkej zliatiny „elektrón“, ktorá má ohromný význam pri stavbe lietadiel. Je to teda surovina výrazne strategická.

Konečne magnezit, najmä celistvý, používajú tiež v chemickom priemysle na výrobu CO_2 . Preto magnezit sa páli pri teplote $600\text{—}700^\circ\text{C}$. Odštiepenie CO_2 sa deje za teploty asi 600°C , teda nižšej ako nastáva rozklad vápenca, kde CO_2 sa odštiepuje až pri teplote 875°C .

Výskyt a vznik magnezitov je rozličný. Tzv. celistvé magnezity, často označované ako „amorfne“, nachádzajú sa v ultrabázických horninách (peridotitoch, serpentinitoch, pyroxenitoch a i.) a vznikli premenou týchto hornín pod vplyvom termálnych vôd, ktoré obsahujú CO_2 , pričom sa uvoľňuje MgCO_3 v podobe magnezitu, ako to zhruba možno znázorniť rovnicou:



Ložiská celistvého magnezitu môžu vzniknúť tiež pochodmi povrchovej infiltrácie pri vetraní serpentinitov, pričom vody odnášajú MgCO_3 do hĺbky a usadzujú ho v puklinách a dutinách v podobe ložísk infiltračného typu. Štruktúra celistvých magnezitov býva kryptokryštalická, lom lastúrnatý, farba biela alebo žltá, obsahujú primiešanky SiO_2 vo forme opálu, CaO , FeO a Al_2O_3 .

Tvar ložísk celistvého magnezitu býva vyvinutý v podobe nepravidelných hniezd, žíliet a šošoviek, ktoré mnohokrát môžu nadobudnúť značné rozmery.

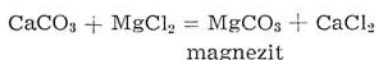
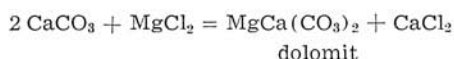
Ložiská celistvého magnezitu sa vyskytujú v Štýrsku (Kraubath), v Grécku (ostr. Euboja), v Juhoslávii (pri Zlatibore), v SSSR na Urale (Chalilovské ložisko), v Indii (v okolí Madrasu) a inde.

Magnezit sa môže vyskytovať aj ako primárna súčiastka v magmatických horninách v tzv. sagvanditoch. Sagvandity sú intruzívne bazické ma-

sívne horniny, ktoré sa vyskytujú v Nórsku, kde prerážajú sľudnaté bridlice, vápence a dolomity. Zložené sú z bronzitu a magnezitu. Olivín môže a nemusí byť prítomný. Primárny obsah Cr, Ni a Pt, ktoré sa v okolitých horninách nenachádzajú, svedčí o tom, že sagvandity patria medzi bazické horniny. Vznik sagvanditov vysvetľuje F. W. Barth (1930) tým spôsobom, že peridotitická magma, preraziac dolomitické sedimenty, obohatila sa dolomitickým obsahom. Pri postupnom ochladzovaní a kryštalizácii Mg-silikátov unikol CO_2 do vrchných častí magmatického telesa, kde nastala jeho koncentrácia. Rastúci tlak plynov umožnil sagvanditovej mase vniknúť do okolitých hornín, pričom popri Mg-silikátoch sa vytvoril aj primárny MgCO_3 . Zvyšujúci vápnik, pochádzajúci z rozloženého dolomitu, pre vysoký obsah CO_2 nemohol vykryštalizovať, ale vo zvyškovom roztoku bol vynešený do okolitých hornín.

Magnezit sa vyskytuje aj na soľných ložiskách, napr. vo východných Alpách, kde vo verfénskych vrstvách nemeckého triasu možno pozorovať dolomitické a magnezitové pruhy. Tieto sa pokladajú za epigenetické a vznikli pôsobením vody soľných ložísk s obsahom Mg na uhličitany, napr. CaCO_3 alebo Na_2CO_3 .

Vznik magnezitov a dolomitov na soľných ložiskách možno znázorniť rovnicou:



Najdôležitejšie výskyty magnezitov sa nachádzajú vo vápencoch a dolomitoch. Magnezity z týchto ložísk sú hlavnou surovinou pre výrobu ohňovzdorného materiálu. Ide o kryštalické magnezity, farby šedej alebo žltkastej, s obsahom rôznych primiešanín, najmä CaCO_3 a FeCO_3 v rozličnom pomere. Svetové zásoby kryštalických magnezitov sa odhadujú na 1,3 miliardy tún, kým zásoby celistvého magnezitu sú sotva 5 % tohto množstva. Pospíšil vo svojej práci (1953) uvádza rozdelenie kryštalických magnezitov podľa molárneho pomeru $\text{CaO} : \text{SiO}_2$, t. j. podľa tzv. CS-modulu na dva základné typy:

- a) typ vápenatý,
- b) typ kremičitý.

Typ vápenatý. Magnezity, ktoré patria k tomuto typu, majú CS-modul väčší ako 2. Vyznačujú sa hrubokryštalickou štruktúrou. Farbu majú svetlošedú s intenzívnym perleťovým leskom. Podľa nerastného zloženia medzikryštálovej hmoty možno vápenatý typ kryštalických magnezitov rozdeliť na dve skupiny.

Do prvej skupiny patria magnezity s vápenato-kremičito-hlinitou medzikryštálovou hmotou, CS-modulom od 2 do 6, pričom CaO pochádza z kryštalického dolomitu. Voľný kremeň sa vyskytuje len v stopách. Magnezity, ktoré patria do tejto skupiny, sú najlepšou surovinou pri výrobe tehál pre metalurgiu. Do tejto skupiny patria napr. z našich magnezitov magnezity z Lubeníka a Dúbravy; z cudzích sú to magnezity Rakúske (Sunk) a magnezity zo Satky v SSSR.

Druhú skupinu tvoria magnezity tiež s vápenato-kremičito-hlinitou medzikryštálovou hmotou, avšak CS-modul je väčší ako 6. Tu vlastne už nejde o magnezity v pravom slova zmysle, ale o dolomitické magnezity s obsahom 60—80 % Mg, prípadne o magnezitové dolomity s obsahom 42—60 % MgO.

Kryštalické magnezity, ktorých CS-modul je menší ako 2, patria k druhému typu, tzv. kremičitému. Podľa nerastného zloženia medzikryštalickej hmoty aj tento typ možno rozdeliť na dve skupiny:

Do prvej skupiny zaraďujeme kryštalické magnezity, ktorých medzikryštálová hmota je kremičito-vápenatá s prevahou voľného kremeňa. Magnezity bývajú jemnozrnné, farby tmavošedej.

Do druhej skupiny patria zase magnezity, ktoré majú medzikryštálovú hmotu kremičito-vápenato-hlinitú s prevahou chemicky viazaného kremeňa v kremičitanoch. Tieto sú zastúpené najmä rumpfitom, chloritom, glaukodotom a mastencom. Magnezity bývajú hrubozrnitejšie, farbu majú svetlošedú, miestami až tmavošedú.

Uvedené skupiny kremičitého typu kryštalických magnezitov sa vyskytujú spoločne na jednom a tom istom ložisku, kde tvoria prechody medzi sebou. Na výrobu ohňovzdorných tehál sa málo používajú, zato sa ich však hodne používa ako pečovacia hmota SM-pecí. Z našich magnezitov ku kremičitému typu patrí napr. magnezit z Košíc. Z cudzích sú to rakúske (Oberdorf, Breitenau, Wald, Veitsch), mandžuské a z USA.

Takmer 80 % svetových ložísk kryštalického magnezitu patrí typu kremičitému a len zvyšujúcich 20 % typu vápenatému. Magnetickou separáciou a miešaním oboch hlavných typov možno CS-modul regulovať podľa našich požiadaviek.

Čo sa týka vzniku kryštalických magnezitov, v tomto nie sú jednotné názory. K. A. Redlich, opierajúc sa o niektoré staršie, napr. Weischenkove názory, ale najmä na základe vlastných štúdií výskytov kryštalických magnezitov v Alpách, dospel k záveru, že alpské kryštalické magnezity vznikli hydrometasomatózou pôvodných vápencov. K. A. Redlichov názor bol aplikovaný na vznik kryštalických magnezitov, vyskytujúcich sa aj v oblastiach mimo alpskej oblasti, napr. v Pyrenejách, v Karpatoch, v SSSR, v Mandžusku, v USA, v Japonsku a inde.

Metasomatózu však neuznávajú všetci bádatelia. Napr. H. Leitmeier vo svojej práci (1951) ostro kritizuje hydrometasomatickú teóriu vzniku kryštalických magnezitov a pripúšťa ich vznik cestou sedimentárnou, pričom hlavnú úlohu majú tiež hydrotermálne roztoky.

Aj Kern (1912) a Rohn (1950) sa domnievajú, že kryštalické magnezity alpské vznikli cestou sedimentárnou z hydrotermálnych roztokov bohatých na Mg.

Rozsa (1925) pre kryštalické magnezity tiež pripúšťa sedimentárny pôvod. Podľa neho vo vzdialených morských a plytkých zálivoch, prípadne v lagúnach paleozoického mora nastala vertikálna, ako aj horizontálna diferenciácia vylučujúcich sa karbonátových hornín. Dvíhaním a znižovaním sa hladiny vody v morských zátokách, prípadne lagúnach, mohli sa vytvoriť jednotlivé vrstvy rozličných zlúčenín, medzi nimi mohlo nastať aj nahromadenie Mg-karbonátu — magnezitu — ktorý neskoršie prekryštalizoval pod vplyvom vysokého tlaku a teploty magmatického pôvodu.

Ďalším zástancom sedimentárnej teórie vzniku kryštalických magnezitov je profesor J. G. de Llaraena. Tento vo svojich prácach (1951 a 1953) vyslovil hypotézu, na základe ktorej predpokladá vznik pyrenejských kryštalických magnezitov cestou sedimentárnou a snaží sa touto teóriou vysvetliť aj vznik ostatných ložísk kryštalických magnezitov, označovaných ako typ „veitský“, vo všetkých zemiach ich výskytov.

Svoju teóriu vyslovil na základe pozorovania ložiska magnezitu v údolí rieky Arga v lome Asturreta, asi 2,5 km severne od Pamplony, hlavného mesta španielskej provincie Navarra. Llaraena predpokladá, že tento magnezit vznikol sedimentáciou z morskej vody, o čom svedčia všetky znaky, ktoré charakterizujú horniny vzniknuté cestou sedimentárnou a ktoré na uvedenom ložisku magnezitu možno pozorovať. Sú to predovšetkým jemné a veľké „rippelmarky“, vložky dolomitov, vápence a bridlice s fosíliami, na základe ktorých možno súvrstvie zadeliť k namurskému stupňu. Magnezit práve tak ako aj jeho izomorfní členovia, kalcit a dolomit, podľa Llaraenu je výsledkom chemickej sedimentácie z morskej vody za prítomnosti amónnych solí, pričom za určitých, chemicko-fyzikálnych podmienok sa vytvoril kalcit, za iných zase dolomit alebo kryštalický magnezit.

Čo sa týka pôvodu amónnych solí, ktoré bezpochyby musia byť pri tvorbe uhličitanov prítomné, Llaraena predpokladá, že v určitých geologických dobách (napr. v Pyrenejách v devóne a karbone) panovali priaznivé klimatické podmienky pre vývoj brakickej fauny a flóry, ktoré v príbrežných morských oblastiach, ako aj v lagúnach, mohli sa v plnej miere rozvíjať. Hnitím odumretých zvierat a rastlín vznikli amónne soli, ktoré potom rea-

govali s morskými soľami a vyvolali vylúčenie a kryštalizáciu karbonátov Mg a Ca.

Je isté, že tento príliš krátky výklad vzniku magnezitu nesie so sebou mnohé nejasnosti, práve také, aké prináša aj hypotéza vzniku odpadových solí, fosfátov, oolitických železných rúd, tiež dolomitov a vápencov, ktoré sú v značnej miere tiež produktami chemickej sedimentácie. Zaujímavý je profil, ktorý uvádza Lla re na (1953):

1. Hrubokryštalický magnezit.
2. Malé polohy vápenitých bridlíc alebo zrnitých dolomitov, striedajúcich sa alebo sa vyklinujúcich. Medzi týmito vrstvičkami sa nachádza jemnokryštalický magnezit.
3. Tenké vrstvičky zo zrnitého dolomitu.
4. Vrstva hrubokryštalického magnezitu s veľkými kryštálmi (až 20 cm).
5. Poloha vápenitých bridlíc, striedajúcich sa so zrnitým dolomitom.
6. Veľká lavica až 1 m mocná, čierneho krinoidového vápenca s goniatitmi.
7. Grauwacky.
8. Kremitá bridlica.

Kontakt medzi jednotlivými vrstvami je jasný a nikde nepozorovať prechod od magnezitu do dolomitu alebo vápenca. Podložie tvoria zelené a šedé bridlice, v ktorých sa nájdu aj dobre zachované skameneliny, bezprostredne pri magnezite aj malé kocky pyritu.

Sedimentárny pôvod Lla re na prikladá aj magnezitom, ktoré sú v pyrenejskom triase (muschelkalku) v provincii Navarra (Vellate-Pass).

Ďalšou zemou, kde sa vyskytujú kryštalické magnezity typu „veitsch“, je SSSR a Mandžusko. O pôvode týchto ložísk sa mienky tiež rozchádzajú. Jedni autori sa domnievajú, že vznikli hydrometasomatickými procesmi, kým druhá skupina autorov sa domnieva, že vznikli cestou sedimentárnou.

V SSSR najväčšie ložisko kryštalického magnezitu je na Urale, ktoré leží približne 60 km západne od mesta Zlatoust pri obci Sadka (príloha II).

Magnezitové ložisko sa nachádza v devónskych vrstvách, ktoré sa skladajú z dolomitov, ílovito-vápnitých bridlíc s ílovitými vložkami. Dolomit je jemnozrnný, takmer celistvý, farbu má modrošedú. V ňom sú uložené mocné lavice magnezitu, ktoré sú dlhé viac ako 8 km. Asi 4 km severozápadne od mesta Sadka sa nachádzajú granity a kvarcity. Magnezit má vzhľad celkom taký ako kryštalické magnezity z Rakúska. Je hrubokryštalický, takže ho ľahko možno rozoznať od jemnokryštalického dolomitu. Magnezitové kryštáliky bývajú 1—10 mm veľké. Mastenec, ktorý na štýrskych magnezitových ložiskách prichádza tak často, tu takmer celkom chýba.

Čo sa týka genézy sadkinského ložiska, nejestvujú jednotné názory.

Zavaridský sa domnieva, že vzniklo cestou hydrotermálnej metasomatózy. Nalivkin zase tvrdí, že je produktom sedimentácie.

Ako sme už spomenuli, ložiská kryštalického magnezitu sa nachádzajú aj v Mandžusku. Tu prichádzajú v karbonátovej sérii, ktorá leží diskordantne na starých prekambrikových vrstvách, skladajúcich sa z metamorfovaných bridlíc s obsahom mastenca a ktoré pre svoj obsah andaluzitu a staurolitu sa označujú ako bridlice staurolitové a andaluzitové. Karbonátové súvrstvie sa začína bielym dolomitom, v ktorom leží masa magnezitov. Tenké vložky bridlíc sprevádzajú celú magnezitovú masu od podlažia k nadložíu.

Bridlice, kryštalické vápence, kremenec a konglomerát zakončujú profil.

Magnezit je viac-menej hrubokryštalický, s obsahom 0,2—1,2 % Fe_2O_3 . Veľmi často je popretkávaný mastencovými šupinkami. Dolomity, ako aj nadložné vápence obsahujú rutil, kremeň, sericit a turmalín.

Na niektorých miestach v oblastiach magnezitových ložísk vystupujú eruptívne horniny bázickej povahy, ako sú diabázy a lamprofýry. Podľa Niinomy (1925) a Kata (1929) tieto eruptíva mali význam pri tvorbe ložísk magnezitu. Podľa nich magnezity boli produktom kontaktnej metamorfózy, ako o tom svedčia kontaktné minerály, ako sú: skalpolit, turmalín, flogopit. Naproti tomu Nishihara (1928) vznik mandžuských magnezitov vysvetľuje cestou sedimentárnou, tvrdiac, že kontaktné minerály v magnezite a dolomite nemusia byť ešte dôkazom epigenetického pôvodu magnezitových ložísk, pretože uvedené minerály mohli vzniknúť aj po vzniku magnezitu.

Hlavné náleziská, ako ich uvádza Niinomy (1925), sú: Pai-hu-shan, Ching-shih-shan, Kuan-ma-shan, Ta-ling, Nan-ta-ling, Niu-hsin-shan.

Konečne treba spomenúť ložiská kryštalického magnezitu typu „veitsch“, vyskytujúce sa v Karpatoch na Slovensku. Sú viazané na pruh karbónskych vrstiev, ktoré na základe nájdenej fauny (Ulrich—Bouček, 1931) patria strednému karbónu. Ložiská magnezitu, často veľmi rozsiahle, vyskytujú sa v dvoch pruhoch. Jeden sa tiahne na juhu v Gemeri, druhý na severe, kde najdôležitejšie ložisko je Bankov pri Košiciach.

Okrem ložísk viazaných na karbón sú v Spišsko-gemerskom rudohorí aj ložiská vo svoroch, veku asi staropaleozoického. Magnezit tu tvorí menšie šošovky spolu s mastencom. Takéto ložiská sú napr. pri Hačave.

Stredný karbón, v ktorom sa nachádzajú hlavné ložiská kryštalického magnezitu podľa súčasného stavu geologického výskumu v Spišsko-gemerskom rudohorí, znamená transgresiu mora v oblasti gemeríd, pri ktorej došlo k sedimentácii rôznych faciálnych vývojev.

V oblasti Spišsko-gemerského rudohoria Fusán—Kamenický—Kantor (1953) rozlišujú tri hlavné faciálne vývoje:

1. vývoj zlepcovo-bridličnatý,
2. vývoj karbonátový,
3. vývoj vápencový s polohami diabázových tufitov.

Vývoj zlepcovo-bridličnatý, ktorý je vyvinutý najmä v severnej časti Spišsko-gemerského rudohoria, skladá sa z tmavých zlepcov, ktoré predchádzajú do drobových zlepcov a drobové bridlice sú zastúpené čiernymi bridlicami so slabými polohami zelených chloritických bridlíc. K tomuto súvrstviu patria aj šedé, grafitické a chloritické lavicovité pieskovce a kvarcity. Karbonátový vývoj je charakterizovaný čiernymi grafitickými fylitmi, s lokálnym vývojom svetlých bridlíc, ďalej sú tu prítomné svetlé, tmavošedé až čierne kryštalické vápence. Na báze bridličnatého súvrstvia bývajú lokálne vyvinuté polohy zlepcov. Vápence sú organogénneho pôvodu, vystupujú v bridličnatom súvrství v podobe väčších alebo menších šošoviek.

Vo všetkých doterajších prácach, ktoré sa týkajú geologickej stavby Spišsko-gemerského rudohoria, uvádza sa s istotou, že karbónske vápence boli vo väčšine prípadov postihnuté Fe- a Mg-metasomatózou a boli takto premenené na siderit, ankerit alebo dolomit a magnezit. V okolí Dobšinej a Mlyniak vápence severného pruhu boli postihnuté Fe-metasomatózou, pri Košiciach však zase Mg-metasomatózou. Od Štítnika na východ neboli vápence postihnuté žiadnou metasomatózou.

Pri tomto výklade o vzniku sideritov a magnezitov, prípadne dolomitov a ankeritov, však nie je jasné, prečo v jednotlivých oblastiach došlo k Mg-metasomatóze a v iných zase k Fe-metasomatóze, keď sa na druhej strane predpokladá, že hydrotermálne roztoky pochádzali z jedného a toho istého magmatického ohniska, t. j. hydrotermy sú viazané na jednu a tú istú magmatickú intrúziu.

Konečne tretí vývoj karbónu je vápencový vývoj s polohami diabázových tufitov. Ide o vápence, ktoré nie sú organogénneho pôvodu ako vápence predchádzajúce, ale vznikli sedimentáciou v hlbšom mori. Sú bridličnaté so slabými vrstvičkami zelenošedých bridlíc. Medzi vápencami sa vyskytujú tufitické polohy o rozličnej mocnosti. Predpokladá sa, že zlepcovo-tufitický vývoj je relatívne vyšší ako karbonátový vývoj, o čom svedčí aj plynulý prechod zlepcov zlepcovo-tufitického vývoja do zlepcov karbonátového vývoja.

Faciálna pestrosť stredného karbónu je odzrkadlením sedimentácie v plytkom mori, kde sa sedimentačné podmienky menili na krátku vzdialenosť, takže napr. v blízkosti zlepcov korálového typu vznikali rozličné typy bridlíc a súčasne v blízkosti pobrežia karbónskeho mora sedimento-

vali sa hrubozrnnejšie sedimenty, ako sú zlepenice, droby a pod., kým v hlbších častiach tohto mora mohli sa usadzovať vápence, ktorých sedimentácia bola prerušovaná strednokarbónskou efúziou diabázov. O tom svedčia na niektorých miestach dosť mohutné polohy diabázových tufitov uprostred vápencov.

Pretože slovenské magnezity podrobne opísali Fr. Ulrich (1933) a K. A. Redlich (1934) J. Šuf (1935) a iní, vo svojej práci zmienim sa len o otázke, týkajúcej sa pôvodu roztokov, ktoré podľa doterajších autorov vyvolali premenu vápencov na magnezity. V oblasti Spišsko-gemerského rudohoria medzi ložiskami sideritovými a magnezitovými je istá paragenetická podobnosť — z toho vyplýva, že pôvod hydroterm treba hľadať v jednom a tom istom magmatickom ohnisku. Posledné skúsenosti, získané za posledných rokov pri geologických prácach v Spišsko-gemerskom rudohorí, ako aj výsledky spektrálnych analýz ukazujú, že hlavné zrudnenie v Spišsko-gemerskom rudohorí je viazané na intrúziu gemeridného granitu, k intrúzii ktorého došlo medzi permom a spodným triasom a doznievanie metalogenézy zasiahlo ešte spodný trias. V období týchto metalogenetických procesov došlo ku vzniku hydrotermálnych žíl Fe a Mg a k metasomatóze karbonátových členov karbónu a teda aj ku vzniku magnezitov (Fusán—Kamenický—Kantor, 1953).

Teraz v krátkosti by som chcel porovnať výskyty našich magnezitov s výskytmi cudzích magnezitov, najmä so španielskymi, ktoré Llaena pokladá za produkt sedimentárnych procesov.

Pyrenejské magnezity sa nachádzajú, ako sme už spomenuli, v devónsko-karbónskych vrstvách, ktoré sú veľmi málo zmenené. Všetky stupne týchto útvarov sa dajú na základe paleontologických zvyškov veľmi dobre rozlíšiť. Tieto horniny boli varijským vrásnením zvrásnené. Na zvrásnenom súvrství paleozoika ležia diskordantne konglomeráty a červené pieskovce spodného triasu (Buntsandstein). Eruptíva varijskeho orogénu, ako aj alpského orogénu, ktorý oblasť pyrenejskú tiež zasiahol, sú od výskytov magnezitov ďaleko vzdialené.

Na druhej strane je oblasť východných Álp a našich Karpát. Tu sa alpský orogén prejavuje so svojim metamorfizmom a eruptívami, pričom pôvodné sedimentárne znaky rozličných paleozoických formácií len s málo výnimkami boli zotreté. „Grauwackenzone“ v Alpách, v ktorej sa vyskytujú ložiská kryštallických magnezitov, skladá sa prevažne z metamorfovaných hornín, kvarcitov s polohami karbonátových hornín, vápencov a dolomitov, z ktorých podľa Redlicha metasomatickou cestou vznikli magnezity, ankerity a siderity. „Grauwackenzone“ bola vrásnená, pričom sa vytvorila šupinatá stavba. Tak sa stalo, že magnezitové ložiská boli roztrhané na jednotlivé šošovky a premiešané s masou bridlic.

Karpatské magnezity sú uložené v podobných horninách, v akých sú uložené aj alpské magnezity. Nachádzajú sa uprostred bridličnatých karbónskych hornín a podľa Redlicha (1935) vznikli tiež metasomatózou karbónskych vápencov. Slovenské magnezity, tak ako aj alpské, boli postihnuté alpským orogénom, ktorý sa prejavil vrásnením, presunovaním a metamorfózou jednotlivých útvarov. Pri týchto pochodoch bola pôvodná vrstevnatosť zmenená. Avšak na niektorých miestach možno pozorovať akési paralelné vrstvenie magnezitu so susednými bridlicami, čo by nasvedčovalo tomu, že ide o sedimentárne súvrstvie silne postihnuté regionálnou metamorfózou. Vzájomné sa striedanie, prípadne výskyt dolomitického magnezitu v jednotlivých ložiskách by sa dalo vysvetliť tým, že sa zmenili podmienky pri usadzovaní sa jednotlivých členov uhličitanového radu, ktoré začínajú vápencom a pokračujú cez dolomit k magnezitu a cez breunerit a ankerit až k sideritu.

Aj satkinské ložisko v SSSR, ktorého vznik Nalivkin, ako sme už spomenuli, vysvetľuje cestou sedimentárnou, má podobné úložné pomery ako sú úložné pomery alpských alebo našich magnezitových ložísk. Podobne je to aj pri ložiskách mandžuských, kde tiež nie je jasné, ako vznikli a ako sme už tiež spomenuli, Nishishara ich pokladá za produkt sedimentačných procesov.

Ako z predchádzajúceho vidieť, väčšina ložísk kryštalicích magnezitov leží v starých horninách, ktoré boli postihnuté silnou metamorfózou a pretrazené masívmi eruptívnych hornín. Je tu akási súvislosť medzi magnezitovými ložiskami a eruptívnymi masívmi. Pri pyrenejských magnezitoch táto súvislosť nie je, pretože, ako sme spomenuli, eruptívne horniny sa nachádzajú ďaleko od magnezitových ložísk.

Pri štúdiu magnezitových ložísk typu „veitsch“ predsa však treba mať stále na mysli kritické pripomienky, ktoré sa týkajú ich vzniku hydrosomatickou cestou (Leitmeier, Rohn, Kern, Llarena, Rozsa, Nishishara, Nalivkin). Treba uvažovať, či magnezit sa nemohol vytvoriť sedimentárnou cestou, a to ako facies v určitej dobe pri vývoji našej zeme na okraji mora, tak ako sa vytvárajú iné horninové látky za určitých faciálnych podmienok, ako sú napr. ložiská odpadových solí, uhlia, oolitických železných rúd, ktorých vznik dnes je nám z väčšej časti známy.

Pri štúdiu slovenských magnezitov otázka vzniku nebola dosiaľ podrobená kritike a bez akýchkoľvek kritických pripomienok sa prijíma teória hydrometasomatózy.

Poznamenávam, že týmto mojím článkom nechcem nijako zavrhnúť teóriu vzniku našich magnezitov cestou metasomatickou, ale zdá sa, ako to ukazujú predbežné geologické výskumy na ložisku Bankov pri Košiciach, že doterajšie názory na vznik karpatských magnezitov treba brať veľmi

opatrne a treba uvažovať, či nemožno pre ne prijať sedimentárnu teóriu, ako to robí Llaarena pre pyrenejské ložiská.

Je isté, že aplikáciu teórie sedimentácie na naše ložiská nemožno urobiť len na základe preštudovanej literatúry, je to možné len na základe dokonalého geologického štúdia jednotlivých ložísk v prírode a na základe podrobného petrograficko-chemického rozboru veľkého množstva materiálu magnezitových ložísk.

*Katedra geológie a nerastných surovín
Vysoké školy technickej, Košice*

LITERATÚRA — ЛИТЕРАТУРА — BIBLIOGRAPHIE

- Bath T. F., 1930: Über die Sagvandite und ihre Entstehung durch Syntexe von Dolomitgesteinen. Min., Petr. XL, 221. Leipzig.
- Birukov B., 1929: Russischer Magnesit. Tonindustrie — 1829 53. S. 928.
- Böckh H. v., 1905: Die geologischen Verhältnisse des Vashegy, des Hradek und der Umgebung dieser. Mitt. a. d. Jahrb. d. ung. geol. Anst. XIV. Budapest.
- VI. 1950, 6. 301—308.
- Doelter C., 1921: Handbuch der Mineralchemie 1. Leipzig.
- Földvári A., 1948: Die geologischen Verhältnisse des Gebietes nordwestlich von Kassa. A Magyar Allami Földtani Intézet évi jelentése, 1939—1940. II. Budapest.
- Fusán O.—Kamenický J.—Kuthan M., 1953: Geologický prehľad Spišsko-gemerského rudohoria. GS IV, 1—2. Bratislava.
- Gross A., 1938: Výskyty magnezitu na Slovensku. Sborník Spojeného banského revíru pre Slovensko a Podkarpatskú Rus, 1. Bratislava, 409.
- Kato T., 1929: The Origin of the Manchurian Magnesite Deposits. Econ. Geol. XXIV, 90.
- Kettner R., 1921: O genezi magnesitu u Nové Vsi, jihozápadně od Oslavan. Časopis moravského musea zemského, XVII—XIX. Brno.
- Kern L., 1912: Der Magnesit und seine technische Verwertung: Glückauf.
- Klier M. O., 1927: Magnesit. Nerudnye iskopaemye. Leningrad.
- Koržinskij D. S., 1950: Faktory ravnovesija pri metasomatóze. Izv. AN ser. geol. 3. Moskva.
- Krusch, 1913: In Dammer—Tietze, Nutzbare Mineralien II. Aufl. 1, 489.
- Llaarena J. G., 1951: Die Lagerstätten des sedimentären Magnesits im Paläozoikum der Westpyrenäen. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Wien, 11.
- Llaarena J. G., 1953: Über die sedimentäre Entstehung des ostalpinen Magnesits „Typus Veitsch“. Montan. Zeitung, 69. Kl. Wien.
- Leitmeier H., 1951: Die Magnesitvorkommen Österreichs und ihre Entstehung. Montan. Zeitung. Wien.
- Leitmeier H., 1954: Über amorphen Magnesit. Mont. Rundschau.
- Loch L.—Redlich K. A., 1935: Die Magnesitvorkommen Rußlands, der Mandschurei, Japans, Schwedens und Norwegens. Zeitschrift für praktische Geologie, 43, 1935, 1.
- Mišík M., 1951: Zpráva o geologickém mapování územia medzi potokmi Muráň a Štítnik v Spišsko-gemerskom rudohorí (rukopis).
- Mohr H., 1919: Die Veitschen Magnesittypus im Ural. Mont. Rundschau, Wien, 1.

- Nemčok A., 1951: Geologická stavba a rudné výskyty v oblasti medzi Rimavskou Baňou a Sirkom (rukopis).
- Niinomy K., 1925: The magnesite Deposits of Manchuria. *Econ. Geol.* XX, 1 25.
- Nishishara H., 1928: Magnesite Deposits of Manchuria. *Econ. Geol.*, XXIII, 2, 218.
- Petrascheck W., 1932: Die Magnesite und Siderite der Alpen. Vergleichende Lagerstättenstudien. Sitzungs Berichte der Akad. der. Wiss. Wien.
- Petrascheck W., 1945: Die alpine Metallogenese. *Geol. Bundesanstalt. Wien.*
- Pospíšil V., 1953: Suroviny pro výrobu bázkických metalurgických žarnin. *Stavivo* r. 31, č. 3. Praha.
- Redlich A. K., 1934: Die Magnesitlagerstätten der Slowakei. *Sborník stát. geol. ústavu ČSR. Praha.*
- Redlich K. A., 1934: Die Typen der Magnesitlagerstätten, ihre Bildung, geologische Stellung und Untersuchung. *Zeitschrift für praktische Geologie*, 42, 1934, 10, 11.
- Redlich K. A., 1927: Die Magnesitlagerstätten Spaniens. *Zeitschrift für praktische Geologie*, 35, 1927, 9.
- Redlich K. A., 1926: Bemerkungen zu H. Mohrs: Zur Entstehungsfrage der alpinen Spatmagnesite vom Typus Veitsch. *Zeitschrift für praktische Geologie*, 34, 1926, 8.
- Redlich K. A., 1909: Die Typen der Magnesitlagerstätten. *Zeitschrift für praktische Geologie* XVII, S. 300.
- Redlich K. A., 1913: Die Genesis der kristallinen Magnesite und Siderite. *Zeitschrift für praktische Geologie.*
- Rohn Z., 1950: Zur Frage der Entstehung des kristallinen Magnesites. *Montan. Zeitung. Wien.*
- Rosza M., 1925: Differenzierungserscheinungen sedimentärer Karbonatgesteine, Kali, Berlin No. 6.
- Slavík F., 1920: Několik slov o magnesitech našich i cizích. *Hornický věstník. Hornické a hutnické listy*, II. Praha.
- Stejskal J., 1931: Lagerstätten feuerfester Rohstoffe in der Tschechoslowakischen Republik. *Zeitschrift für praktische Geologie* 39, 9—10.
- Šuf J., 1935: Magnezitová ložiska a geologické poměry okolí Jelšavy na Slovensku. *Báňský svět*, XIV, 4, 5. Praha.
- Ulrich F., 1933: Československá ložiska magnezitová a dnešní stav jejich využití. *Báňský svět. Praha.*
- Ulrich F., 1930: Nerostné bohatství naší republiky a dnešní stav jeho využití. *Venkov. Praha.*
- Ulrich F.—Bouček B., 1931: Výskyty zkamenělin v magnesitové zóně Slovenského rudohoří. *Věstník Stát. geol. ústavu Čs. rep.* VII, 2. sep. 1—19. Praha.
- Woldřich J., 1912: Geologické a tektonické studie v Karpatech, severně od Dobšíné. *Rozpravy české Akad.* XXI, 10. Praha.
- Woldřich J., 1912: Montanisticko-geologické studie ve Spišsko-gemerském rudohoří, severně od Dobšíné. *Rozpravy české akad.* XXI, 37.
- Woldřich J., 1913: Geologische und montanische Studien in den Karpathen, nördlich von Dobschau. *Archiv f. Lagerstättenforschung.*
- Zelenka L.: Přehled geologických poměrů území severozápadně od Košic (list Gelnice, Košice). *Věstník St. geol. ústavu Čs. rep.*, III, 4—5. Praha.
- Quadrat O., 1920: Magnesitový průmysl na Slovensku. *Listy chemické. Praha.*

К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ МАГНЕЗИТОВ

Автор дает краткое обозрение разных взглядов на возникновение магнезитов в общем, и в частности на возникновение магнезитов кристаллических. Он приходит к заключению, что при изучении месторождений кристаллических магнезитов необходимо критически рассмотреть принятые до сих пор точки зрения на их происхождение, т. е. гидротермическую теорию, и серьезно заняться вопросом о возможности образования кристаллических магнезитов Карпат осадочным путем, подобно тому, как профессор Лларен допускает это для пиренейских кристаллических магнезитов.

Пиренейские магнезиты находятся в очень мало измененных слоях девона и карбона. Все ярусы этих толщ можно хорошо определить на основании палеонтологических документов. При варисийских движениях слои палеозоя были сложены в складки. На них налегают с угловым несогласием конгломераты и красные пески нижнего триаса (Bundsandstein). Изверженные породы, образование которых было вызвано как варисийским орогеном, так и орогеном альпийским, также имевшим место в пиренейской области, находятся на большом расстоянии от месторождений магнезитов.

Иначе обстоит дело в Восточных Альпах и Карпатах. Альпийские орогенические движения вызвали явления метаморфизма и образование изверженных пород, причем первоначальный осадочный характер различных палеозойских свит оказался, за небольшими исключениями, стертым. „Граувакковая зона” Альп, в которой встречаются залежи кристаллических магнезитов, состоит преимущественно из метаморфизованных пород — кварцитов с горизонтами карбонатных пород, известняков и доломитов. Редлих считает, что в результате метасоматического замещения этих последних возникли магнезит, анкерит и сидерит. „Граувакковая зона” была сложена в складки, причем образовалась чешуйчатая структура, залежи магнезита были расчленены на отдельные линзы и перемешаны с массой сланцев.

Также как в Альпах, в Карпатах магнезит находится в сланцеватых карбонских породах, и Редлих (1934) считает, что они образовались под влиянием метасоматизма из карбонских известняков. И тут альпийские орогенические движения привели к образованию складок, надвигов и метаморфизации различных свит. Эти процессы в общем стерли первичную слоистость, но местами ее еще можно распознать у магнезитов и вмещающих их пород, что говорит в пользу осадочного происхождения толщи, которая претерпела сильное изменение под влиянием регионального метаморфизма. То, что в некоторых залежах встречается доломитовый магнезит, можно объяснить изменением условий осадкообразования: первым из членов карбонатного ряда отлагается известняк, затем следует доломит, а после него магнезит, или — последовательно — браунерит, анкерит, сидерит.

Условия залегания магнезита в Саткинском месторождении в СССР, происхождение которого Наливкин считает осадочным, подобны тем, которые существуют в Альпах и у нас. Невыясненным остается происхождение маньчжурских месторождений. Нишигара предполагает, что они осадочные.

Как было сказано выше, большая часть залежей кристаллического магнезита заключена в сильно метаморфизованных древних породах, в которых находятся тела изверженных пород. Между этими последними и залежами магнезита безусловно существует связь. В пиренейских месторождениях этой зависимости не наблюдается, так как от изверженных пород их отделяет большое расстояние.

Так или иначе, при изучении магнезитовых месторождений типа „вейч” необходимо

считаться с критическими замечаниями относительно их метасоматического происхождения (Лейтмейер, Рон, Керн, Лларен, Роса, Нишигара, Наливкин) и принимать во внимание возможность их образования осадочным путем. Залежи магнетита могли отложиться в известный момент истории нашей Земли в морском водоеме недалеко от берега подобно тому, как образуются — при известных фациальных условиях — месторождения других полезных ископаемых, например, самосадочных солей, углей и оолитовых железных руд, происхождение которых нам теперь по большей части известно.

Вопрос возникновения словацких магнетитов до сих пор не был разобран критически — просто принималась теория гидрометасоматического происхождения.

Считаю нужным подчеркнуть, что я совершенно не намереваюсь опровергнуть своими замечаниями теорию метасоматического происхождения наших магнетитов. Моя цель — обратить внимание на то, что существующие взгляды следует принимать с большой осторожностью; необходимо выяснить не правильнее ли считать эти залежи осадочными, как это делает Лларен для пиренейских месторождений. На эти размышления навела меня предварительная геологическая разведка месторождения Банков близ города Кошице.

Перевод со словацкого В. Андрусовой.

Кафедра геологии и полезных ископаемых
Высшей технической школы, Кошице

BELO ZORKOVSKÝ

ZUR ENTSTEHUNGSFRAGE DER MAGNESITE

Die Arbeit bringt eine kurze Übersicht über die Entstehung der Magnesite, besonders der kristallinen Magnesite. Am Schluß seines Referates gelangt der Autor zu dem Resultat, daß man beim Studium der Lagerstätten der kristallinen Magnesite die bisher gültigen Ansichten über deren Entstehung, d. h. die hydrometasomatische Theorie, mit gewisser Reserve nehmen muß und es liegt nahe zu erwägen, ob die kristallinen Magnesite in den slowakischen Karpathen nicht auch auf sedimentärem Wege entstanden sein könnten, wie es Prof. Llaraena für die pyrenäischen kristallinen Magnesite zuläßt.

Die pyrenäischen Magnesite befinden sich in devonisch karbonischen Schichten, die sehr wenig verändert sind. Alle Stufen dieser Formationen lassen sich infolge paläontologischer Organismenreste sehr gut unterscheiden. Die gegenständlichen Gesteine wurden durch die variscische Faltung gefaltet. Auf der gefalteten Schichtenfolge liegen diskordant die Konglomerate und roten Sandsteine der unteren Trias (Buntsandstein). Die Ausbruchsgelände des variscischen Orogens, sowohl wie auch diejenigen des alpinen Orogens, welches die pyrenäische Region ebenfalls erreichte, sind von den Magnesitvorkommen weit entfernt.

Auf der anderen Seite befindet sich die Region der Ostalpen und unserer Karpathen. Hier macht sich das alpine Orogen durch Metamorphismus und Eruptivgesteine bemerkbar, wodurch die ursprünglichen sedimentären Merkmale der verschiedenen paläozoischen Formationen nur mit wenigen Ausnahmen verschwanden. Die Grauwackenzone in den Alpen, worin Lagerstätten kristallinischer Magnesite vorkommen, besteht überwiegend aus metamorphen Gesteinen: Quarziten mit Einlagerungen von Karbonatgesteinen, Kalken und Dolomiten, aus welchen nach Redlich auf metasoma-

tischem Wege die Magnesite, Ankerite und Siderite entstanden. Die Grauwackenzone wurde gefaltet, wobei das schuppige Gefüge entstand. So wurde die Magnesitlagerstätte in einzelne Linsen zerrissen und mit der Schiefermasse vermischt.

Die karpatischen Magnesite sind in ähnlichen Gesteinen eingelagert, wie auch die alpinen. Sie befinden sich inmitten schieferiger (karbonischer) Gesteine und nach Redlich (1934) entstanden sie ebenfalls durch Metasomatose der Karbonkalke. Die slowakischen Magnesite, sowohl wie auch die alpinen, wurden vom alpinen Orogen betroffen, welches sich durch Faltung, Überschiebung und Metamorphose der einzelnen Formationen äußert. Bei diesen Prozessen wurde die ursprüngliche Schichtenablageung abgeändert. An manchen Stellen kann man jedoch eine gewisse parallele Schichtung des Magnesits mit den benachbarten Schiefern beobachten, was darauf hinweist, daß es sich um eine sedimentäre, durch Regionalmetamorphose stark beanspruchte Schichtenfolge handelt. Das wechselseitige Vorkommen, resp. das Auftreten des dolomitischen Magnesits in den einzelnen Lagen könnte dadurch erklärt werden, daß eine Veränderung der Sedimentationsbedingungen während der Sedimentation der einzelnen Glieder der Karbonatreihe eintrat, die mit Kalkstein beginnt und über Dolomit zu Magnesit und über Braunerit und Ankerit zu Siderit fortschreitet.

Auch die Lagerstätte satkinske in SSSR, deren Entstehung Nalivkin auf sedimentärem Wege erklärt, hat ähnliche Ablagerungsbedingungen, wie die alpinen oder unsere Magnesitlagerstätten. Ähnlich verhält es sich auch mit den manschurischen Magnesitlagerstätten, deren Entstehungsweise ebenfalls nicht bekannt ist. Nishishara hält sie für das Produkt sedimentärer Prozesse.

Wie aus den vorhergehenden Zeilen hervorgeht, liegen die meisten Lagerstätten der kristallinen Magnesite in alten Gesteinen, die durch starke Metamorphose betroffen und von Massiven eruptiver Gesteine durchdrungen wurden. Es besteht hier ein gewisser Zusammenhang zwischen den Magnesitlagerstätten und den Plutonen. Bei den pyrenäischen Magnesiten ist ein solcher Zusammenhang nicht vorhanden, da hier die Eruptiva weit von den Magnesitlagerstätten entfernt sind.

Jedenfalls ist es nötig beim Studium der Magnesitlagerstätten des „Veitsch“ Typus fortwährend die kritischen Bemerkungen in bezug auf die hydrothermale Entstehung (Leitmeier, Rohn, Kern, Llaena, Rozsa, Nishishara, Nalivkin) vor Augen zu haben.

Man muß erwägen, ob der Magnesit nicht auf sedimentärem Wege entstehen konnte, und zwar als Fazies in einem bestimmten Zeitabschnitt während der Entwicklung unseres Landes am Rande des Meeres, sowie auch andere Gesteins-Stoffe unter gewissen fazialen Bedingungen entstehen (z. B. die Lagerstätten der Abraumsalze, Kohle, oolithische Eisenerze), deren Entstehungsweise uns jetzt größtenteils bekannt ist.

Beim Studium der slowakischen Magnesite wurde deren Entstehungsfrage bisher noch keiner Kritik unterworfen und die Theorie der Hydrometasomatose wird ohne weitere kritische Bemerkungen angenommen.

Abschließend will ich darauf hinweisen, daß ich durch mein Referat keineswegs die Theorie der metasomatischen Entstehung unserer Magnesitlagerstätte zurückweisen will, doch hat es in Anbetracht der vorläufigen geologischen Forschungen an der Lagerstätte Bankov bei Košice den Anschein, daß die bisherigen Ansichten über die Entstehung der karpatischen Magnesite mit großer Vorsicht betrachtet werden müssen und es ist nötig zu erwägen, ob nicht hier die sedimentäre Theorie angenommen werden könnte, ähnlich wie es Llaena bei den pyrenäischen Lagerstätten tut.

*Kathedr für Geologie und Mineralrohstoffe
an der Technischen Hochschule, Košice*