

TERMINOLÓGIA

Problémy nomenklatúry a klasifikácie chloritov

MIROSLAV HARMAN

Geologický ústav CGV SAV, Dúbravská cesta 9, 814 73 Bratislava

Doručené 5. 8. 1987

Проблемы номенклатуры и классификации хлоритов

За больше чем сто лет исследования хлоритовых минералов было создано в области их номенклатуры и классификации не совсем наглядное состояние. В статье оцениваются существующие работы из этой области из дорентгеновского и послерентгеновского этапов исследования. Особое внимание уделяется современным методам исследования и взглядам на классификацию, а также современным работам посвященным этой проблеме, опубликованных за границей и в ЧССР. В заключении статьи приведен обзор донные известных видов хлоритов, которые можно точно зачислить, а также основной обзор литературы о хлоритах.

Problems of nomenclature and classification of chlorites

Not clearly arranged state in nomenclature and classification of chlorite minerals was created during more than hundred years of their research. Present works from this field from pre-X-ray and post-X-ray stages of research are evaluated in the paper. Special attention is paid to modern methods of research and views on classification, as well as to the latest works from this field published abroad and in Czechoslovakia. Survey of the hitherto known kinds of chlorites which may be precisely classified, as well as basic survey of literature about chlorites are given in the end of the paper.

Chlority predstavujú veľkú skupinu vrstevnatých alumosilikátových minerálov s premenlivým chemickým zložením. Zo štruktúrneho hľadiska sú chlority usporiadané zmiešanovrstvové minerály obsahujúce striedajúce sa vrstvy 2:1 (mastencové) a medzivrstvové hydroxidové siete (brucitové). Kladný náboj vzniknutý substitúciou vo vrstve 2:1 v oktaedrických pozíciách (napr. substitúcia dvojmocných

atómov Mg, Fe za trojmocný Al) nepostačuje na kompenzáciu negatívneho náboja vzniknutého substitúciou Al^{3+} za Si^{4+} v tetraédroch. Z toho dôvodu vrstva 2:1 má vždy negatívny zvyškový náboj, ktorý musí byť vykompenzovaný kladným nábojom medzivrstvovej hydroxidovej siete, nachádzajúcej sa medzi dvoma vrstvami 2:1. Niektoré chlority môžu v oktaedrických pozíciách obsahovať tiež iné atómy,

napr. Cr, Mn a Ni.

Chlority sú významným produktom sekundárnych premien primárnych minerálov, hlavne pyroxénov, amfibolov a biotitu. Najčastejšie sa vyskytujú v hydrotermálne premenených horninách, ale sú hojné i v metamorfovaných horninách a v sedimentoch. Zloženie chloritov je závislé od podmienok ich vzniku, čo sa dá využiť napríklad pri prospekcii rudných ložísk.

Základy klasifikácie a nomenklatury chloritov v predröntgenovej etape položil Tschermak (1891). Nim stanovené základné typy sa dlho používali a čiastočne boli prevzaté i v neskorších etapách výskumu. Prvotná nomenklatúra bola založená na chemickom zložení a na optických charakteristikách. Tschermak rozdelil chlority na rad, kde krajné členy tvoril opticky pozitívny amesit a opticky negatívny antigorit. Neskôr sa zistilo, že oba krajné členy nemajú štruktúru chloritu. Dlho sa však udržalo Tschermakovo rozdelenie na ortochlority a leptochlority (s nižším a vyšším obsahom Fe).

Klasifikácia Orcela (1926, 1927, 1950) je tiež vytvorená na základe chemického zloženia, ale prihliada už i na štruktúru. Orcel najprv na základe pomerov molekulárnych kvocientov SiO_2 , FeO, Fe_2O_3 , MgO, Al_2O_3 a Cr_2O_3 (hodnoty *s*, *f*, *a*, *c*) a detailnejšie na základe koeficientov *f*, *a*, *c* vymedzil 8 chloritových skupín. V novšom prepracovaní prihliada na štruktúrne charakteristiky a zjednodušuje rozdelenie na 4 základné skupiny (podľa množstva atómov Si a Fe), ako aj podľa hmotnosti a indexu lomu.

Závislosť chemického zloženia a jeho vzťah k optickým vlastnostiam použil vo svojej klasifikácii Winchell (1926, 1936). Ako koncové členy pre svoj štvorcový diagram použil antigorit (Mg), ferroantigorit (Fe, Mg), amesit (Al, Mg) a dafnit (Al, Fe) a domnieva sa, že miešaním týchto zložiek

v rôznom pomere vznikajú rôzne druhy chloritu. Winchellova klasifikácia sa dnes používa už len veľmi zriedka, pretože hranice medzi jednotlivými druhmi sú umelé a druhy sú označené názvom bez ohľadu na zaužívanú nomenklatúru. Určité korekcie tejto klasifikácie uskutočnil Brindley a Robinson (1948), Hey (1954), Albee (1962) a Hey, Tröger, Trochim a Strunz (1980).

Na základe chemického zloženia a štruktúrnych vlastností vypracoval klasifikáciu Serdjučenko (1953), Hey (1954) a Fosterová (1962). Určovanie jednotlivých typov chloritov podľa týchto klasifikácií sa najviac rozšírilo. Všetky tri sú založené na kryštalochemickej báze, pričom Serdjučenko za hlavné kritérium považoval izomorfnú substitúciu v oboch štruktúrnych jednotkách chloritov, klasifikácia Heya a Fosterovej sú založené na základe rozdelenia tetraedrického Al a obsahu Fe a Mg v oktaédroch. Všetky tieto klasifikácie obohatili nomenklatúru chloritov o nové druhy. Vo väčšine prípadov chlorit toho istého chemického zloženia má v každej tejto klasifikácii iný názov. Na tomto princípe je zostavená i klasifikácia Melku (1966).

Z ďalších menej významných klasifikácií treba spomenúť práce Phillipsa (1962), Strunza (1970), Fleischera (1971) a ďalších. Na výpočet hodnôt do väčšiny týchto klasifikácií bol vypracovaný počítačový program CHLO + CHLOX, ktorý použila u nás Činčárová (1985) pri štúdiu chloritov zo Spišsko-gemerského rudohoria. Program umožňuje aj výpočet kryštalochemického vzorca.

Zaujímavú klasifikáciu na základe termickej analýzy vypracovala Ivanovová (1949). Pri zahrievaní väčšiny chloritov uniká hydroxylová voda v dvoch etapách. Jedna etapa je viazaná na 2:1 vrstvu, ďalšia na medzivrstvovú hydroxidovú sieť. Porovnávaním dehydroxylačných endotermických efektov a kombináciou s meraním

indexu lomu Ivanovová vydělila tri hlavné skupiny chloritov (Mg, Mg-Fe a Fe-chlority) a v skupine Mg-chloritov dve podskupiny (penninovo-klinochlórovú a prochloritovo-korundofilitovú). Nomenklátúrne je klasifikácia Ivanovovej závislá od starších typcv klasifikácií. Štúdium termochemických charakteristík chloritov neskôr doplnil Brindley a Sultana Ali (1950), Phillips (1962) a ďalší, u nás Činčárová a Turan (1985).

Všetky doteraz spomenuté klasifikácie závisia od získania čistého minerálu, čo je často veľký problém. Chlority sa často vyskytujú vo forme jemne rozptýlených častíc a v prerastoch s primárnymi a sekundárnymi minerálmi. V takýchto prípadoch je nutná zložitá separácia. Ak neodstránime najčastejšie sprievodné minerály chloritov (kremeň, pyroxén, amfibol, biotit, muskovit) obsahujúce prvky, ktoré tvoria v zložení chloritov najväčšie variácie (Si, Al, Mg, Fe), potom je v prípade nedokonalnej separácie celá chemická analýza chybná a môže viesť k celkom skresleným výsledkom v klasifikácii. Ak sa nedá separovať čistý minerál, je výhodnejšie získať údaje o základných zložkách aplikáciou rtg mikroanalýzy (mikrosondy).

Nové smery v klasifikácii a nomenklature chloritových minerálov prinieslo využitie rtg difrakčnej analýzy. Vzhľadom na to, že difrakčné línie chloritov sú si veľmi podobné, dlho sa i u nás udržiaval názor, že na identifikáciu chloritov nestačí ani podrobný röntgenografický výskum (Melka, 1964), hoci v tej dobe boli už známe pokusy Engelhardta (1942), Michejeva (1953), Albeeho (1962) a ďalších o využitie difrakčných reflexov na identifikáciu druhov chloritov, ako aj ich chemického zloženia. Michejev (1953) založil svoju klasifikáciu na poznatku, že substitúcia Mg dvojmocným železom, ktoré má väčší iónový rozmer, spôsobuje zväčšenie oktaédrov a zmenu reflexu $d(060)$, a teda priamo

úmerne aj hodnoty b . Ďalej Michejev kombinuje vzťah tetraedrického Al k difrakčným hodnotám $d(001)$ a reflexu $d(0.0.12)$. Klasifikácie Michejeva sú nomenklátúrne závislé od klasifikácie Ivanovovej. Sledovanie vzťahov medzi hodnotou bazálneho reflexu chloritov $d(001)$ a obsahom $Al^{IV} + Al^{VI} + Cr$ atómov v tetraedrických pozíciách odvodil Albee (1962) na základe 90 analýz chloritových minerálov a zostavil regresnú krivku, ktorá vyjadruje tieto vzťahy pre prírodné chlority. Pre syntetické chlority vypočítal podobný vzťah Nelson a Roy (1954).

Modernejšie použitie difrakčnej analýzy nevychádza už z jednoduchého porovnávania hodnôt difrakčných línií s tabelovanými hodnotami alebo so štandardom, ale sa zakladá na meraní intenzít a ich vzťahoch. Intenzita rtg žiarenia difraktovaného na určitej kryštalografickej rovine závisí predovšetkým od difrakčnej mohutnosti prítomných atómov, a teda odráža elektrónové kvality substituovaných atómov v štruktúrach chloritu. Difrakčná mohutnosť ťažkých atómov (napr. Fe, Mn a Cr) prítomných v štruktúre chloritov (aj iných silikátových minerálov) je približne dvakrát taká veľká ako difrakčná mohutnosť ľahkých atómov (Si, Mg, Al). Z toho dôvodu izomorfná substitúcia ľahkých atómov ťažkými atómami spôsobí signifikantné zvýšenie intenzít určitých difrakčných reflexov. V prípade chloritových minerálov sa stretávame hlavne s dvoma druhmi substitúcií: a) substitúcia atómov Mg s atómami ťažkých prvkov (Fe, Mn, Cr, Zn), b) substitúcia atómov Si v tetraéd-roch atómami Al.

V prípade a) sa jedná o typickú náhradu ľahších atómov atómami ťažších prvkov, čo má za následok zmenu intenzít difrakčných reflexov. V prípade b) nenastáva náhrada ľahkého atómu ťažším, preto nemožno očakávať zmenu intenzity difrakčného reflexu, nastáva však zmena v jeho

lokalizácii (iný uhol difrakcie).

Meranie intenzít difrakčných reflexov má tiež svoje úskalia. Problémy môžu nastať v prípade výskytu takých minerálov v hornine, ktoré prekrývajú bazálne difrakčné reflexy chloritu (napr. vermikulit, kaolinit). Boli však vypracované také postupy, ktoré dovoľujú aj takéto problémy úspešne riešiť.

Získané poznatky o vzťahoch intenzít difrakčných línii spôsobili prelom v hodnotení doterajších klasifikácií a nomenklatúry chloritov. Shirozu (1958) zdôvodnil vzťahy $d(001)$ k substitúcii Mg^{VI} , $Si^{IV} \rightleftharpoons Al^{VI}$, Al^{IV} a parametra b k substitúcii $Mg \rightleftharpoons Fe^{2+}$, čo ďalej spresnil Brindley (1961). Petruk (1964) dokázal, že substitúcia Mg za ťažšie atómy v oktaédroch spôsobí zvýšenie intenzity všetkých párných bazálnych reflexov $d(002)$, $d(004)$, $d(006)$ atď., a stanovil, že množstvo oktaedricky koordinovaných ťažkých atómov v štruktúre chloritu možno vyjadriť pomerom intenzít $I(002) + I(004)/I(003)$. Priebeh Petrukovej korelácie podrobili ďalšiemu skúmaniu Post a Plumerová (1972), ktorí kombinovali ním odvodené vzťahy s pomerom intenzít $I(003)/I(005)$. Kepežinskas (1965) odvodil štatistický vzťah medzi hodnotou bazálnej línie a totálnou oktaedrickou a tetraedrickou kompozíciou. Bailey (1972) uskutočnil porovnávacie štúdiá vzťahov stanovených týmito i ďalšími autormi v porovnaní s chemickými analýzami chloritov a konštatoval, že kombináciou rovníc pri výpočte možno získať údaje o dominantných komponentoch chloritovej štruktúry (Fe, Mg, Al, Si) s priemernou presnosťou (s možnosťou chýb) v porovnaní s chemickou analýzou do 7,5 %.

Takto získané údaje umožňujú výpočet parametrov v niektorých klasifikáciách staršieho typu, ako napr. klasifikácie Michejeva (1953), Serdjučenka (1953), Heya (1954), Fosterovej (1962) a Posta a Plu-

merovej (1972), o čo sa úspešne pokúsili už Carrollová (1969), Bailey (1972) i autor tohto príspevku (1987) pri výskume chloritov z premenených neovulkanitov.

Výnimočné miesto v klasifikácii chloritov zaujíma triangulárny diagram autorov Oinumu, Shimodu a Suda (1973), ktorý sa zakladá na percentuálnom pomere intenzít vyššieho rádu — $I(001)$, $I(002)$ a $I(003)$. Diagram dovoľuje zaradenie chloritov do základných typov: trioktaedrického a dioktaedrického, ako aj rozdelenie oktaedrických atómov vo vrstve 2:1 a v medzivrstvovej hydroxidovej sieti. Vymedzené oblasti na diagrame určujú príslušnosť chloritov bohatých na Mg a Fe a rozsah chemického zloženia Al-chloritov. Diagram umožňuje výpočet kryštalochemického vzorca a vymedzuje oblasti, v ktorých sa vyskytujú chlority rôznej genézy (hydrotermálne, sedimentárne a pod.). Autori sa nezaoberajú nomenklatúrou chloritov, ale ich práca je prvým krokom k hodnoteniu chloritov podľa moderných kritérií.

Rozvoj selektívnych monokryštálových difrakčných metód umožnil ďalej štúdium polytypov chloritových minerálov. Medznikom v tom sa stala práca Browna a Baileyho (1962), ktorí stanovili 4 polytypy chloritových minerálov (Ib , Ib , Ib — ortorombický, Ib monoklinický a Ia). Toto určenie zahŕňa všetky chloritové minerály bez ohľadu na klasifikačné schémy a je vytvorené na Ramsdellovej symbolike. Neskôr to boli práce Zvjagina (1964, 1966), ktorý definoval symboliku polytypov na základe tzv. OD teórie. U nás ju pre chloritové minerály rozpracovali Ďurovič, Dornbergerová-Schiffová a Weiss (1978, 1983) a Weiss a Ďurovič (1983). Významné je, že jednotlivé polytypové modifikácie sú veľmi citlivé na kryštalizačné podmienky. Môžu teda poslúžiť ako indikátor týchto podmienok, čo by sa mohlo využiť napr. pri hydrotermálnych chloritoch na perspektívu vzdialeností ich výskytu od meta-

logenézy (podobne ako napr. pri sludových mineráloch).

Za viac ako sto rokov výskumu chloritov sa v ich nomenklatúre vytvoril veľmi neprehľadný stav. K jednotlivým druhovým názvom pribudli ešte názvy skupín chloritov podľa najrôznejších kritérií, napr. ortochlority a leptochlority (Tschermak, 1891; Hey, 1954), normálne chlority (diseplochlority) a septochlority (Nelson a Roy, 1954; Melka, 1966), delenia Serdjuchenka (1953), Orcela (1926, 1927, 1950) a iných. Dnes poznáme viac ako 70 druhov chloritových minerálov, niektoré z nich už nemožno ani spoľahlivo zaradiť. Na neúnosnosť takejto situácie poukázali už rôzni autori (napr. Albee, 1962). Kritickej analýze podrobil tento stav aj Bayliss (1975). Jeho odporúčania sa týkajú jednak nomenklatury, ale i klasifikácií, a to najmä trioktaedrických chloritov, ktoré sú v prírode najbežnejšie.

Bayliss (1975) navrhuje definovať štyri koncové členy v skupine trioktaedrických chloritov takto:

klinochlór	$(\text{Mg}_5\text{Al})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$,
chamosit	$(\text{Fe}_5^{2+}\text{Al})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$,
pennantit	$(\text{Mn}_5\text{Al})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$,
nimit	$(\text{Ni}_5\text{Al})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$.

Pri klinochlóre je bežným typom substitúcie vzťah $\text{Mg}^{\text{VI}}\text{Si}^{\text{IV}} \rightleftharpoons \text{Al}^{\text{VI}}\text{Al}^{\text{IV}}$, zloženie tetraedrickej vrstvy (Si_3Al) sa používa v kryštalochemickom vzorci ako koncový člen a predstavuje priemernú hodnotu, ku ktorej je zloženie prírodných vzoriek veľmi blízke ($\text{Si}_{2,7}\text{Al}_{1,3}$). Z toho dôvodu Bayliss navrhuje vylúčiť variety Mg-chloritov, ako leuchtenbergit, ktorý je vlastne klinochlór, ďalej pennin (podľa nomenklatury Fosterovej, 1962, uvádzaný ako penninit), čo je Mg-Si-klinochlór, ako aj sheridanit, ktorý je Al-klinochlór. Varietné meno talkchloritu (Hey, 1954) treba vylúčiť, pretože má zloženie podobné serpentínu a je svojím zložením mimo roz-

sahu trioktaedrickej chloritovej skupiny.

Úplnú substitúciu Mg za Fe^{2+} v klinochlóre navrhuje Bayliss nazývať chamositom. V niektorých chamositoch vzniká i Fe^{3+} oxidáciou Fe^{2+} so stratou H, ale už napr. Fosterová (1962) považuje dvojmocné Fe za normálnu zložku a odmieta klasifikáciu Heya (1954) na ortochlority (s neoxidovaným Fe^{2+}) a leptochlority (s oxidovaným Fe^{3+}), založenú na rozdelení Tschermaka (1891) na delení 4 % Fe_2O_3 , pretože dvojmocné železo bežne nahrádza Al v mnohých chamositoch. Podobne Weiss (1987) zistil, že rozsah substitúcie $\text{Mg} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ je značne široký a pohybuje sa v rozsahu celého izomorfného radu klinochlór — chamosit, zatiaľ čo rozptyl $\text{Al} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$ je relatívne veľmi malý (do 0,4). Kvôli zjednodušeniu klasifikácie teda možno zlúčiť Fe^{2+} a Fe^{3+} a nedopustíme sa vážnejšej chyby. Z tohto hľadiska teda zastarali klasifikácie založené na rozdielnych obsahoch Fe^{2+} a Fe^{3+} , ako napr. klasifikácia Heya (1954) a na nej budované ďalšie klasifikácie. Z tých istých dôvodov možno vylúčiť variety ako dafnit, ktorý je polytypovým chamositom Ib, pseudothuringit, ktorý je Al-chamositom a thuringit, ktorý je Fe^{2+} -Al-chamositom. Podobne brunsvigit by mal byť nahradený názvom Mg-chamosit, korundofilit (niekedy uvádzaný ako korundofyllit) je Fe-Al-klinochlór, ďalej delessit je Fe-klinochlór, diabantit je Mg-Si-chamosit, pyknochlorit (tiež piknochlór) je Fe-klinochlór a ripidolit by sa mal nazývať Fe-Al-klinochlór alebo Mg-Al-chamosit atď.

Malá substitúcia Al chrómom sa v prírode vyskytuje zriedkavo a bola opísaná ako kämmererit a kočubeit. Tieto názvy by sa mali podľa Baylissa vylúčiť v prospech Cr-klinochlóru. Lapham (1958) síce navrhuje ponechať názvy týchto variet, ak obsah Cr_2O_3 je väčší ako 2 %, čo zdôvodňuje tým, že Cr zaberá oktaedrické pozície v kämmererite a tetraedrické po-

zície v kočubeite. Burns (1970) však dokazuje, že energia stability Cr je veľmi rozsiahla, čo by znamenalo, že preferuje oktaedrické pozície. Podobne Weiss (1987) navrhuje ponechať pre Cr-chlority názov *kämmererit*.

Trioktaedrický chlorit, v ktorom sa uskutočnila kompletná substitúcia Mg niklom, opísal de Waal (1970) ako nimit. Prvý výskyt trioktaedrického chloritu bohatého na Mn určili Smith, Bannister a Hey (1946) ako pennantit. Ide najpravdepodobnejšie o minerál, ktorý už opísal Bannister et al. (1955) ako grovesit — člen kaolinitovo-serpentinovej skupiny, ale neskôr ho Peacor, Essene, Simmons a Bigelow (1974) identifikovali ako jednovrstvový polytyp Mn-trioktaedrického chloritu, zatiaľ čo pennantit je dvojvrstvový polytyp Mn-trioktaedrického chloritu. Pretože polytyp má iba varietový štatút, Bayliss navrhuje názov grovesit vylúčiť a nahradíť ho názvom pennantit + polytypový symbol.

Baylissovo zjednodušenie, ktoré v určitom zmysle pripomína izomorfný rad plagioklasov, vytvára možnosť prehľadnej klasifikácie chloritov. Pre nás je dôležité, že Baylissovo odporúčanie prijalo v roku 1978 zasadanie Komitétu pre nomenklatúru AIPEA v Oxforde (referát Baileyho, 1980). Toto zasadanie je významné aj tým, že prijalo uznesenie o premenovaní zložiek chloritovej štruktúry. Dosiaľ používané termíny: „mastencová, event. sľudová vrstva“, „brucitová vrstva“ nie sú vhodné na opis zložiek chloritovej štruktúry, pretože mastenec (sľuda) a brucit dovoľujú iba nepatrnú substitúciu Mg s Al, ktorá je naopak bežná v trioktaedrických chloritoch. Zasadanie uzákonilo namiesto názvu „mastencová vrstva“ používať termín vrstva 2:1 (2:1 layer) a namiesto názvu „brucitová vrstva“ termín medzivrstvová hydroxidová sieť (hydroxide sheet or interlayer sheet). Uvá-

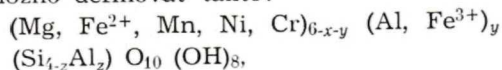
dzame tu toto uznesenie preto, lebo v našej odbornej geologickej literatúre, a to i v novších prácach, sa len so zriedkavými výnimkami ďalej používajú staré termíny a klasifikácie chloritov i staré názvy štruktúrnych jednotiek, čo môže viesť k zmätkom pri porovnávaní našich a zahraničných výsledkov.

Zasadenie Komitétu pre nomenklatúru AIPEA v Oxforde prijalo ešte ďalšie uznesenia o pomenovaní chloritových minerálov. Pre tzv. napúčavajúci chlorit (tiež swelling chlorite — Lippman, 1954; pseudochlorit — Melka, 1957), čo je zmiešanovrstvová štruktúra 1:1 trioktaedrického chloritu — smektitu, bol prijatý názov *corrensit*, pre 1:1 zmiešanovrstvovú štruktúru dioktaedrického chloritu a smektitu bol prijatý termín *tosudit* (Frank Kamenekij et al., 1963) a pre zmiešanovrstvovú štruktúru 1:1 trioktaedrického chloritu a vermikulitu názov *sangarit* (Dric, Kosovskaja, 1963).

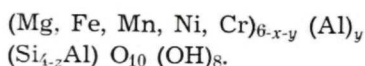
Problémom dioktaedrických chloritov sa zaoberal Müller (1963), Eggleton a Bailey (1967) a ďalší autori. Nomenklatúru navrhli Sudo a Sato (1966).

Treba sa ešte stručne zmieniť o najnovších prácach, ktoré ovplyvňujú nomenklatúru a klasifikáciu chloritov.

Uznesenie Komitétu pre nomenklatúru AIPEA prijal u nás Weiss (1987). Jeho klasifikácia tri-trioktaedrických (trioktaedrických) chloritov vychádza z návrhu Baylissa (1975), ale dopĺňa ešte jeden koncový člen, a to *kämmererit*. O základnom zaradení sa uvažuje iba pri dvojmocných kationtoch v oktaedrických pozíciách. Pretože v minulosti často dochádzalo k problémom pri zaradovaní chloritov s rôznym obsahom Fe^{3+} , v klasifikácii sa berie do úvahy iba celkové Fe. Obecný vzorec trioktaedrického chloritu potom možno definovať takto:



kde podľa údajov z analýz uvádzaných autorom (celkove 329) možno pre trioktaedrické chlority stanoviť rozsahy hodnôt z takto: $1,8 > z > 0,5$ a x ako zastúpenie podielu vakancií $0,0 < x \ll 0,5$. Weiss uvádza, že ak graficky zobrazíme distribúciu oktaedrických katiónov z celého sledovaného súboru, zistíme, že rozsah substitúcie $Mg \rightleftharpoons Fe$ je veľmi široký a pohybuje sa v rozsahu celého izomorfného radu klinochlór — chamosit, podiel vakancií na obsadení kationtových pozícií je približne 0,45 a rozptyl Al a Fe^{3+} je relatívne veľmi malý. Priemerná hodnota obsahu Al je 1,0 a obsahu Fe^{3+} iba 0,4. Ak teda na základe týchto skutočností kvôli zjednodušeniu klasifikácie zlúčime Fe^{2+} a Fe^{3+} , môžeme vyššie uvedený vzorec modifikovať takto:



Za kľúčový problém považuje Weiss určenie izomorfného radu. Tento problém sa dá vyriešiť pomocou dvoch dominantných prvkov v kryštalochemickom vzorci chloritu určením napr. mikrosondou. Ak je dominantné Fe a Mg, chlorit zaradíme do izomorfného radu klinochlór — chamosit, ak je dominantné Mg a Ni, zaradíme ho do radu klinochlór — nimit a pod. Po výbere dvoch dominantných prvkov vypočítame veličinu R, ktorá je súčtom všetkých zvyšujúcich sa oktaedrických katiónov a podielu vakancií. Veličiny D_1 (obsah prvého dominantného katiónu) a D_2 (obsah druhého dominantného katiónu) prepočítaného na % a R tvoria základné klasifikačné jednotky študovaného chloritu. Weiss zo študovaného súboru 329 chloritov zistil, že podľa uvedených kritérií možno 311 chloritov zaradiť do radu klinochlór — chamosit, 9 do radu klinochlór — kämmererit, 7 do radu klinochlór — nimit a 2 do radu klinochlór — pennantit. Z tohto výpočtu je

zrejmá aj frekvencia výskytu rôznych typov chloritových minerálov v prírode, čo potvrdzuje reálnosť tohto druhu klasifikácie a skutočnosť, že sa maximálne približuje skutočným pomerom v prírodných podmienkach.

Podľa tejto klasifikácie je základný názov chloritu tvorený podľa D_1 a podľa podielu D_2 v % môže byť doplnený príslušnou predponou. Ak je hodnota R vyššia, čo vyjadruje prítomnosť relatívne vyššieho podielu ďalšieho prvku, možno tento podiel zdôrazniť druhou predponou. Napr. chlorit $Mg_{66}Fe_{12}R_{22}$ označíme ako klinochlór ($Cl_{66}Ch_{12}$), $Mg_{42}Fe_{36}R_{22}$ označíme ako Fe-klinochlór ($Cl_{42}Ch_{36}$), $Fe_{70}Mg_7R_{23}$ označíme ako chamosit (Cl_7Ch_{70}), $Fe_{58}Mg_7R_{35}$ označíme ako Mg-Mn-chamosit ($Mn-Ch_{58}Cl_7$), $Fe_{45}Mg_{34}R_{21}$ označíme ako Mg-chamosit ($CH_{45}Cl_{34}$) atď.

Veľký prínos Weissovej klasifikácie sa prejavuje aj v aplikácii možnosti rtg-difrakčných metód na zaradenie chloritov. Weissov postup vychádza zo systematického modelovania difrakčných záznamov počítačom pri zmenách rozptylovej mohutnosti oktaedrických katiónov. Pozície atómov boli generované tak, aby zodpovedali primárnej deformácii oktaedrickej a tetraedrickej siete, ktorá je podmienená chemickým zložením. Zo získaných výsledkov vyplynul fakt, že intenzita difrakcií $d(002)$ a $d(004)$ je závislá od zmien celkovej rozptylovej mohutnosti katiónov v oktaédroch vrstvy 2:1 a zodpovedajúcej rozptylovej mohutnosti medzivrstvovej hydroxidovej siete. Táto skutočnosť sa využila pri zostavení závislostí medzi pomerom intenzít $d(002)$ a $d(004)$ a celkovou rozptylovou mohutnosťou oktaedrických katiónov. Ak teda určíme, že študovaný chlorit náleží izomorfnému radu klinochlór — chamosit (čo je najčastejší prípad) a ak vezmeme do úvahy zloženie koncových členov toho radu, potom možno s maximálnym priblížením do grafu odvodeného au-

torom zaniešť zodpovedajúce pozície v izomorfnom rade. Okrem toho na základe pomerov intenzít $d(001)$ a $d(003)$ možno usudzovať, aké je rozdelenie katiónov v oktaédroch vo vrstve 2:1 a v hydroxidovej medzivrstvovej sieti.

Na základe týchto skutočností sa domnievame, že Weissova klasifikácia a nomenklatúra znamenajú vo výskume chloritov veľký kvalitatívny prínos. Pomocou tohto systému možno veľmi názorne určiť zloženie chloritov napr. v rôznych vzdialenostiach od zrudnenia a ich zonálnosť, čo má význam pri prospekcii (Harman, 1987).

Na záver sme zostavili prehľad doteraz známych minerálov zo skupiny chloritov, ktoré možno spoľahlivo zaradiť. Názvy minerálov sme konfrontovali s prácou: Koděra, Ďurovič, Masár, Judinová (1977): Slovenské názvy minerálov. Časť uvádzaných názvov chloritov sa v uvedenej práci nevyskytuje, časť má inú transkripciu a časť má iný význam, čo uvádzame pri názve minerálu. Termíny (okrem kämmeritu), ktoré schválilo zasadanie Komitétu pre nomenklatúru AIPEA v Oxforde 1978 (Bailey, 1980), sú označené hviezdičkou.

Nomenklatúra a klasifikácia chloritov

Trioktaedrické chlority

Mg-chlority:

*klinochlór** (Blake, 1851)

pennín (Kobell, 1838), tiež *penninit* (Fosterová, 1962)

prochlorit (Hödl, 1841) — analóg *klinochlóru*

korundofilít (Cooke, Shepard, okolo r. 1860)

sheridanit (Wolf, 1912) — takmer identický s *korundofilitom*

leuchtenbergit (Komonen, okolo r. 1840) — *klinochlór* s nepatrne vyšším Fe

grochavit (Foullon, 1892) — synonymum *prochloritu*, varieta *sheridanitu*

tabergit (Descloizeaux, okolo 1850) — *pennín* vznikajúci sekundárnou premenou *biotitu*

amesit (Cooke, Shepard, 1860) — s nepatrnou prímiesou Fe

sungilit (Beljankin, 1911) — dnes priradený ku skupine serpentínu podobne akc *zabedassit* (Brunossi, 1917) a *debeilit* (Caillère, 1936)

alumoserpentín

alumometachlorit

talkchlorit (Hey, 1954) — synonymum *pennínu*

serpofit — analóg *pennínu*

pseudofit (Kokšarov, 1851) — analóg *pennínu*

loganit (Kokšarov, 1851)

euralit (Wiik, okolo r. 1890)

pinguit (Michejev, 1953) — ekvivalent *klinochlóru*, event. *pennínu*

stilpnomelán (Ivanova, 1949) — analóg *pennínu*

sudoit (Bailey, Tiller, 1960) — di-trioktaedrický Al-Mg-chlorit IIb

mohelnit (Dvořák, 1943), tiež *moravit* — identický s *klinochlórom*

Fe-Mg-chlority:

delessit (Naumann, okolo r. 1830) — Fe-*klinochlór*

rumpfit (Fritsch, okolo r. 1890) — podľa Slovenských názvov minerálov ide o synonymum *sheridanitu*, v skutočnosti je to *klinochlór* s Fe
ripidolit (Kobell, 1838) — Fe-Al-klinochlór alebo Mg-Al-chamosit
colerainit (Poitevin, Graham, 1918)
pyrosklerit (Kobell, 1838) — s obsahom Cr_2O_3 1,43 %
erinit (Lasauls, 1876) — dnes sa týmto názvom označuje synonymum *corn-wallitu* $\text{Cu}_5[(\text{OH})_2\text{AsO}_4]_2$
Fe-prochlorit (Hödl, 1841)
diabantit (Shannon, 1920) — tiež uvádzaný ako *diabantín*, Mg-Si-chamosit
magnéziumkronštedtit — Mg-Fe³⁺-chlorit, preradený ku skupine serpentínu
epichlorit (Tschermak, 1891) — s nízkym obsahom Mg
klementit (Tschermak, 1891)
helmint (Vavrinec, 1932)
dženkinsit — tiež známy ako železitý antigorit
pikronagolnit (Tschermak, 1891) — nagolnit — varieta s vysokým obsahom Al

Fe-chlority:

*chamosit** (Jung, 1931) — tiež uvádzaný ako *berthierín*
ferri-chamosit, tiež *ferro-chamosit* (Brindley, Yovell, 1953) — synonymum *chamositu*
thuringit (Breithaupt, 1832), Fe²⁺-Al-chamosit, synonymum *owenit*
pyknochlorit (Fromme, 1903) — tiež *piknochlór*, Fe-klinochlór
afrosiderit (Heddle, okolo r. 1890) — varieta *ripidolitu* alebo *dafnitu*
brunsvigit (Fromme, 1902) — *afrosiderit* so zvýšeným obsahom Al
dafnit (Tschermak, 1891) — synonymum *chamositu*
bavalit — analóg *thuringitu*, varieta *dafnitu*
kronštedtit (Steinmann, 1821) — preradený ku skupine serpentínu
Al-chamosit — *chamosit* s obsahom Al až 37 %
Mg-chamosit (Bannister, Whittard, 1945) — *chamosit* s obsahom MgO do 11 %
metachlorit (Tschermak, 1891) — prechodný člen medzi *dafnitom* a *afrosideritom*
strigovit (Tschermak, 1891) — s nízkym obsahom Mg
α-chlorit, *α-chloritit* (Samojlov, 1906) — s anomálne vysokým obsahom Al
grängesit (Hisinger, okolo r. 1890) — *brunsvigit* s obsahom Mn

Cr-chlority (viac ako 2 % Cr_2O_3 — Lapham, 1958):

*kämmererit** (Nordenskiöld, 1841) — tiež opísaný ako Cr-pennín
rodophyllit (Genth, 1852) — chlorit so 4 až 7 % Cr_2O_3
rodochróm (Fiedler, 1842) — jemnodisperzný *kämmererit*
kočubeit (Kokšarov, 1851) — tiež Cr-klinochlór alebo Cr-amesit — až 11,39 % Cr_2O_3
chrómamesit — analóg *kočubeitu*

Mn-chlority:

*pennantit** (Smith, Bannister, Hey, 1946) — tiež Mn-thuringit s obsahom Mn 39 %
manganochlorit (Hamberg, 1890) — s obsahom MnO 1—2,3 %

grovesit (Bannister, 1955) — pennantit + polytypový symbol
kellyit (Peacor et al., 1974) — Mn^{2+} analóg amesitu
baumit (Fronzel, Ito, 1975) — brunsvigit s obsahom MnO až 12,3 %

Ni-chlority:

*nimit** (Hiemstra, de Waal, 1968)
schuchardit (Starkl, 1883) — Ni-klinochlór, podľa Slovenských názvov minerálov schuchardit, Ni odroda antigoritu. Brindley a Souza (1975) ním označujú zmiešanovrstvcvú štruktúru chlorit — vermikulit
jefferisit — Mg-Ni-chlorit — neskôr opísaný ako zmiešanovrstvová štruktúra antigorit — vermikulit
nepuit — pôvodne opísaný Glasserom (1907) ako Ni-chlorit s vysokým obsahom Si, podľa Slovenských názvov minerálov nepuit, Ni odroda antigoritu, neskôr opísaný ako Ni — analóg lizarditu

Dioktaedrické chlority

Li-chlority:

*cookeit** (Brammal, Leech, Bannister, 1937)
manandonit (Frank Kameneckij, 1960)

Al-chlority:

*donbasit** (Bridley, Gillery, 1956)

Chlority so zmiešanovrstvovou štruktúrou

*corrensit** (Lippmann, 1954) — tiež „swelling chlorite“, zmiešanovrstvová štruktúra 1:1 triokt. chlorit — smektit
*tosudit** (Frank Kameneckij et al., 1963) — zmiešanovrstvová štruktúra 1:1 diokt. chlorit — smektit
*sangarit** (Kossovskaja, 1963) — zmiešanovrstvová štruktúra 1:1 triokt. chlorit — vermikulit

Literatúra

- Albee, A. L. 1962: Relationship between the mineral association, chemical composition, and physical properties of the chlorite series. *Amer. Mineralogist*, 47, 851—870.
 Bailey, S. W. 1972: Determination of chlorite compositions by X-ray spacings and intensities. *Clays and Clays Miner. (New York)*, 20, 381—388.
 Bailey, S. W. 1980: Summary of recommendations of AIPEA Nomenclature committee on clay minerals. *Amer. Mineralogist*, 65, 1—7.
 Bannister, F. A., Hey, M. H., Smith, W. C. 1955: Grovesite, the manganese-rich analogue of berthierine. *Mineral Mag. (London)*, 30, 645—647.
 Bayliss, P. 1975: Nomenclature of the trioctahedral chlorites. *Canadian Mineralogist*, 13, 178—180.
 Brindley, G. W. 1961: Chlorite minerals. In: *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*. Ed. G. Brown. London Mineral. Soc., 242—296.
 Brindley, G. W., Sultana Ali, Z. 1950: X-ray study of thermal transformations in some magnesian chlorite minerals. *Acta crystallogr.*, 3, 25, 25.
 Brindley, G. W., Gillery, F. H. 1956: X-ray identification of chlorite species. *Amer. Mineralogist*, 41, 169—187.
 Brindley, G. W., Robinson, K. 1948: Structure of chlorites. *Proc. Leeds Phil. Soc.*, 5, 102 s.
 Brown, B. E., Bailey, S. W. 1962: Chlo-

- rite polytypism: I. Regular and semirandom one-layer structures. *Amer. Mineralogist*, 47, 7—8, 819—850.
- Burns, R. C. 1970: Mineralogical applications of crystal field theory. *Univ. Press Cambridge*, 3, 21—28.
- Carroll, D. 1969: Chlorite in central North Pacific ocean sediments. *Proc. Int. Clay Conf., Tokyo 1969*, 335—347.
- Činčárová, M. 1985: Výskum chloritov zo Spišsko-gemerského rudohoria. [Záv. zpr. částk. úlohy II-4-6/8, III.] *Manuskript — BF VŠT Košice*, 80 s.
- Činčárová, M., Turan, J. 1985: Výsledky štúdia diferenčnotermických dejov chloritov. *Miner. slov.*, 17, 4, 325—333.
- De Waal, S. A. 1970: Nickel minerals from Barberton, South Africa. II. Nimite, a nickel chlorite. *Amer. Mineralogist*, 55, 18—30.
- Dric, V. A., Kosovskaja, A. G. 1963: Sangarite, a new clay mineral with ordered mixed-layer structure. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 151, 934—937.
- Đurovič, S., Dornberger-Schiff, K. 1978: Polytypism in chlorites: OD interpretation and symbolism. *Coll. Abstr.*, 11, *Int. Congr. Crystallograph.*, Warszawa, 8—9.
- Đurovič, S., Dornberger-Schiff, K., Weiss, Z. 1983: Chlorite polytypism. I. OD interpretation and polytype symbolism of chlorite structures. *Acta crystallograph.*, B 39, 547—552.
- Eggleston, R. A., Bailey, S. W. 1967: Structural aspects of dioctahedral chlorite. *Amer. Mineralogist*, 52, 673—689.
- Engelhardt, W. 1942: Die Strukturen von Thuringit, Bavalit und Chamosit und ihre Stellung in der Chloritgruppe. *Z. Kristallogr.*, 104, 142—159.
- Fleischer, M. 1971: Glossary of mineral species. *Mineral. Rec.*, 227 s.
- Frank Kameneckij, V. A., Logvinenko, N. V., Dric, V. A. 1963: A dioctahedral mixed-layer clay mineral, tosudite. *Zapiski Vsesojuz. mineral. Obšč.*, 92, 560—565.
- Fron del, C., Ito, J. 1975: Zinc-rich chlorites from Franklin, New Jersey. *Neu. Jb. Mineral., Abh.*, 123, 2, 111—115.
- Foster, M. D. 1962: Interpretation of the composition and a classification of the chlorites. *U. S. Geol. Survey Prof. Pap.*, 414-A, 43 s.
- Harman, M. 1987: Sekundárne premeny vulkanitov a ich návaznosť na metalogenetické procesy [Zpráva výsk. úlohy II-4-4/07.] *Manuskript — GÚ CGV SAV, Bratislava*, 112 s.
- Harman, M., Forgáč, J. 1988: Geochemistry and mineralogy of altered rocks in Tatár intrusive complex (Štiavnické vrchy Mts.). *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 4, 39, 437—453.
- Hey, M. H. 1954: A new review of the chlorites. *Mineral. Mag.*, 30, 224, 277—292.
- Hey, M. H., Tröger, W. E., Trochim, H. D., Strunz, H. 1980: Die chemische Zusammensetzung der Chlorite unter Angabe der mittleren Lichtbrechung, Doppelbrechung und Dichte. In: *Ramdohr, Strunz, 1980: Lehrbuch der Mineralogie. Springer — Verlag*.
- Ivanova, V. P. 1949: Chlority. *Trudy Inst. geol. Nauk, Ser. Petr.*, 35, 56—63.
- Kepežinskas, K. B. 1965: Opredelenie sostava chloritov po ich fizičeskim svojstvám. *Dokl. Akad. Nauk ZSSR*, 164, 3, 658—661.
- Koděra, M., Đurovič, S., Masár, I., Judinová, V. 1977: Slovenské názvy minerálov. *Bratislava, Alfa*, 81 s.
- Lapham, D. M. 1958: Structural and chemical variations in chromium chlorite. *Amer. Mineralogist*, 43, 921—956.
- Lippmann, F. 1954: Über einen Keuperton von Zaisersweher bei Maulbronn. *Heidelb. Beitr. Mineral. Petrology*, 4, 130—134.
- Melka, K. 1957: Náznaky na klasifikace chloritů. *Čas. Mineral. Geol.*, 1, 2, 58—67.
- Melka, K. 1966: New suggestions for the subdivision of the chlorite group. *Proc. Int. Clay Conf., Jeruzalem*, 27—32.
- Michejev, V. I. 1953: Opredelenie mineralov gruppy chloritov rentgenometričeskím metodom. *Zap. Vsesojuz. mineral. Obšč.*, 3, II, 82, 214—224.
- Nelson, B. W., Roy, R. 1954: New data on the composition and identification of chlorites. *Proc. 2nd. Nat. Conf. Clays and clay miner. U. S. Nat. Acad. Sci. Res. Council.*, 335—348.
- Oinuma, K., Shimoda, S., Sudo, T. 1973: Triangular diagrams in use of a survey of crystal chemistry of chlorites. *Proc. Int. Clay Conf., Madrid*, 123—130.
- Orcel, J. 1926: Essai de classification des chlorites. *Acad. Sci. C. R. (Paris)*, 183, 363—365.
- Orcel, J. 1927: Chemical composition of chlorites. *Bull. Soc. Fr. Minér.*, 50, 75—454.
- Orcel, J., Caillere, S., Hénin, S. 1950: Nouvel essai de classification des chlorites. *Mineral. Mag.*, 29, 211, 329—340.
- Peacor, D. R., Essenne, E. J., Simmons, W. B., Biggelow, W. C. 1974: Kellyite, a new An-Al member of the serpentine group from Bald Knob, North Carolina, and new data on grovesite. *Amer. Mineralogist*, 59, 1153—1156.
- Petruck, W. 1954: Determination of the heavy atom content in chlorite by means of the X-ray diffractometer. *Amer. Mineralogist*, 49, 61—71.
- Phillips, W. R. 1962: A differential thermal study of the chlorites. *Mineral. Mag.*, 6, 33, 404—411.

- Post, J. L., Plummer, C. C. 1972: The chlorite series of Flagstaff Hill area, California: a preliminary investigation. *Clays and Clay Miner.*, 20, 271—283.
- Serdjučenko, D. P. 1953: Chlority, ich chemická konštitúcia i klasifikácia. *Trudy Inst. Geol. Nauk*, 140, Ser. Min. Geochim., 14, 340 s.
- Shirozu, H. 1958: X-ray powder patterns and cell dimensions of some chlorites in Japan, with a note on their interference colours. *Mineral. J.*, 2, 209—223.
- Smith, W. C., Bannister, F. A., Hey, M. H. 1946: Pennantite, a new manganese rich chlorite from Benalt mine, Rhiw, Carnarvonshire. *Mineral. Mag.*, 27, 217—220.
- Strunz, H. 1970: Mineralogische Tabellen. *Geest a Portig, K. G. Leipzig*.
- Sudo, T., Sato, M. 1966: Dioctahedral chlorites. *Proc. Int. Clay Conf., Jerusalem*, Vol. 1., 33—40.
- Tschermak, G. 1891: Die Chloritgruppe, I., II. *Sitz. Ber. Akad. Wiss. (Wien)*, 99, I. 266 s., II. 29—107.
- Weiss, Z. 1987: Ústne a písomné zdelenie z materiálov pripravovanej publikácie.
- Weiss, Z., Ďurovič, S. 1983: Chlorite polytypism. II. Classification and X-ray identification of trioctahedral polytypes. *Acta crystallogr.*, B, 39, 552—557.
- Winchell, A. N. 1926: Chlorite as a poly-component system. *Amer. J. Sci.*, 5, 11, 283—300.
- Winchell, A. N. 1936: Third study of chlorite. *Amer. Mineralogist*, 21, 642—651.
- Zvjagin, B. B. 1964: Elektronografija i strukturnaja kristallografija glinistych mineralov. *Moskva, Nauka*, 280 s.
- Zvjagin, B. B., Gorshkov, A. I. 1966: Secondary diffraction in mineral crystals superimposed with rotation. *Proc. 6th. Int. Congr. on Electr. Micr., Kyoto*, 1, 603—604.

ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

A. Vozárová: **Tlakový charakter hercýnskej metamorfózy v gemeriku** (Bratislava 18. 2. 1988)

V tektonickej jednotke gemerika bol stanovený tlakový charakter hercýnskej metamorfózy. Geobarometrické odhady boli založené na kritériách, ktoré navrhol Sassi (1972) a ďalej rozpracoval Sassi a Scolari (1974), Guidotti a Sassi (1976, 1986). Spracovaných bolo 244 vzoriek z grafitických a chloriticko-sericitických kremenitých fylitov zo štyroch oblastí východnej časti Slovenského rudohoria. Pochádzajú z troch litostratigrafických jednotiek: ochtinského súvrstvia, gelnickej a črnejskej skupiny. Analyzované vzorky boli na základe mineralogického zloženia rozdelené do dvoch skupín: a) fylity s obsahom paragonitu (s ohraničeným minerálnym spoločenstvom Mus — Alb — Par); b) fylity bez prítomnosti paragonitu (s neohraničeným minerálnym spoločenstvom Mus — Alb).

Na základe analytických údajov získaných metódou stanovenia b_0 -hodnôt muskovitov sa určili geobarometrické podmienky a približný termálny gradient počas hercýnskej metamorfózy v gemeriku.

Systematické rozdiely v b_0 -hodnotách muskovitov oboch vymedzených podskupín fylitov (s paragonitom a bez paragonitu) priniesli ďalšie dôležité údaje umožňujúce použiť

tie tejto metódy v horninách s ohraničeným spoločenstvom minerálov Mus — Alb — Par. Všetky preparáty boli upravené v brusiarni GÚDŠ, ďalšie laboratórne spracovanie vzoriek bolo urobené na Petrologickom a mineralogickom inštitúte Univerzity v Padove. Získané výsledky interpretoval Sassi a Vozárová (1987).

Geobarometrická interpretácia bola urobená na základe priemernej b_0 -hodnoty muskovitov 8,997 Å, ktorá bola získaná zo skupiny fylitov bez paragonitu (59 vzoriek). Na základe porovnania tejto hodnoty s údajmi z prác Sassiho a Scolariho (1974) a Guidottiho a Sassiho (1986) sa zistilo, že hercýnska metamorfóza v gemeriku patrí k nízkotlakovým metamorfózam a dá sa porovnať s Buchan metamorfózou vo východnom Škótsku (priemerná $b_0 = 8,992$ Å).

Termálny gradient hercýnskej metamorfózy v gemeriku, prevládajúci v období jej vyvrcholenia, bol odvodený z diagramu, ktorý navrhol Guidotti a Sassi (1986) a ktorý z hľadiska rozptylu b_0 -hodnôt v P-T poli ďalej rozpracoval Sassi (1987). Keďže biotit a Al_2SiO_5 minerály nie sú stabilnými minerálnymi fázami v analyzovaných horninách, pozdĺž b_0 -izolínie zodpovedajúcej hodnote 8,997 Å možno uvažovať o pomerne úzkom termálnom rozsahu premeny, zodpovedajúcom približne 350—370 °C.

Termálny gradient hercýnskej metamorfózy v gemeriku bol približne 40 °C/km.