

Detritické Cr spinely v sedimentárnych horninách mezozoika Západných Karpát (prehľad nových poznatkov)

JOZEF JABLONSKÝ, MILAN SÝKORA a ROMAN AUBRECHT

Katedra geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava,
Jablonsky@nic.fns.uniba.sk

(Doručené 15. 8. 2001)

Detritic Cr-spinels in Mesozoic sedimentary rocks of the Western Carpathians (overview of the latest knowledge)

More than 600 grains of detrital chromium spinels from Mesozoic sediments of various Western Carpathian units were analysed. The samples came from 12 sites of Lower and Middle Cretaceous of Tatricum (Bystrica, Čutkov potok, Podsuchá), Faticum (Lietavská Lúčka, Oravice, Homôlka, Boboty), Hronicum (Mojtín), Klape Unit (Plevník, Orlové), including two pebbles of Urgonian Limestones from exotic conglomerates (Tatricum – Čavoj and Klape Unit – Nosice). For comparison, some analyses of chromium spinels coming from three localities of Lunz Formation of Hronicum (Podtureň, Dobrá Voda, Liptovská Osada), as well as Liassic crinoidal limestones of Klape Klippe and Rhaetian Fatra Formation of Krížna nappe (Mała Swinica) were carried out.

Heavy mineral analysis of Lower to Middle Cretaceous sediments revealed two or three principal assemblages: 1. zircon-Cr-spinel assemblage (\pm rutile, apatite, tourmaline), represented by localities Podsuchá, Čutkov potok, Bystrica and Homôlka, 2. Cr-spinel (\pm zircon, rutile), represented by Oravice, Lietavská Lúčka and Mojtín localities, and 3. Cr-spinel-zircon (\pm rutile, apatite and tourmaline) found only in Orlové locality. Another important assemblage: Cr-spinel-garnet was recently found in Albian sediments of Czorsztyn Unit at six sites (Tab. 2): Vŕsatec, Horné Srnie Quarry, Lednica Castle Klippe, Jarabina Quarry and Kamenica Klippe. Though no chemical analyses have been made yet from the Cr-spinels of these localities, their presence (mostly over 50 %) in Czorsztyn Unit represents revolutionary fact that offers new view on the paleogeography of the Pieniny Klippen Belt and the Western Carpathians as a whole.

Besides analyses of Cretaceous sediments, some sites of Upper Triassic detritic sediments of Tatricum and Faticum were studied also from the localities Štefanský žľab, south of Plesnivec Cottage (Belianske Tatry Mts. – Havran Unit), Mała Swinica (Polish part of Western Tatra Mts.) and Furkaska locality. Except the Mała Swinica locality, chemical analyses have not been done yet, only the percentual evaluation. In the Tatic and Fatic Rhaetian formations, zircon-rutile to rutile-zircon assemblages are predominant. The Cr-spinel ratios reach up to 9–15.8 %.

The oldest known Mesozoic stratigraphic horizon with Cr-spinels in Western Carpathians is Lunz Formation of Choč nappe (Hronicum). Heavy minerals from sandstones of Dobrá Voda Borehole (DV-1), Šípkov, Mitice, Liptovská Osada, Nemecká, road above Huty, Podtureň and Liptovský Hrádok localities were analysed. From Dobrá Voda, Liptovská Osada and Podtureň, chemism of Cr-spinels has been measured (30 grains). All the examined samples were dominated by zircon (zircon province). The Cr-spinel percentages ranged from 2.8 to 35.7 % (Tab. 3).

The measured data showed that apart from three exceptions, all the measured grains were concentrated in the fields IV and V of Stevens (1944) corresponding to chrome spinels to alumochromites. Comparison of our contour diagrams and the ophiolite types according to Dick and Bullen (1984) showed that most of the studied samples falls into the field of type II peridotites which should reflect individual stages of evolution of an oceanic basin from opening to mature stages of spreading. However, variability in Cr-spinel chemical compositions from various units of Western Carpathians do not display so different trends that would allow to distinguish the same provenances which were estimated on the basis of geological criteria.

Key words: heavy minerals, chrome spinels, Mesozoic, Western Carpathians

Úvod

Chróm spinely ako rezistentné minerály sú častou prímesou v fažkej frakcii sedimentárnych hornín. V niektorých jednotkách alpsko-karpatsko-panónskej oblasti tvoria významnú a charakteristickú zložku fažkej frakcie mezozoických detritických hornín. V posledných rokoch sa ich rozšíreniu, zloženiu a asociácii v uvedenej oblasti sprie-

vodných minerálov venovala zvýšená pozornosť. Hľadajú sa porovnávacie kritériá, ktoré by umožnili určiť ich pôvod a zdroje. Jedným z kritérií je aj chemické zloženie. V Alpách a v Maďarsku sa detritické spinely už analyzovali a výsledky publikovali vo viacerých prácach.

V minulosti sa v Západných Karpatoch vykonalie niekoľko chemických analýz sledovaných minerálov (Mišák et al., 1980), ale publikované výsledky nezodpovedajú ani

trendu analýz z Álp (Wagreich et al., 1995, s. 202), ani z pohoria Gerecse v severnom Maďarsku (Árgyelán, 1992, 1996), a preto sa v ostatnom období urobilo 666 chemických analýz Cr spinelov zo sedimentárnych hornín rozličných jednotiek a stratigrafických horizontov Západných Karpát na mikroanalyzátore JEOL-Superprobe 733. Analyzovali sa vzorky zo sedemnásťich lokalít spodnej a strednej kriedy tatrika, fatrika, hronika, manínskej klapškej a kysucko-pieninskej jednotky včítane zrnu Cr spinelov z dvoch obliakov spodnokriedového vápenca zo zlepencových telies porubského súvrstvia tatrika (Čavoj) a z „upohlavských“ zlepencov klapškej jednotky (Nosice). Na porovnanie skúmaných lokalít uvádzame aj čiastkové výsledky analýz Cr spinelov z vrchného triasu hronika – lunzských vrstiev, z vrstiev spodnojurského piesčitého vápenca klapškej jednotky (bradlo Klape) a z vrchnotriásowych vápnitých pieskovcov krížanského príkrovu (Mala Swinica).

Prehľad výskytov Cr spinelov v mezozoických sedimentoch Západných Karpát

Cr spinely v sedimentárnych horninách západokarpatských jednotiek sú známe niekoľko desaťročí. Identifikovali sa v centrálnych Západných Karpatoch, manínskej jednotke a v bradlovom pásme. V centrálnych Západných Karpatoch sa vyskytujú v tatriku, fatriku a hroniku.

V tatriku sú Cr spinely známe najmä z porubského súvrstvia (alb – cenoman). Vyskytujú sa vo vrstvách litického turbiditného pieskovca. Ich percentuálne zastúpenie zhodnotil Jablonský (1986). Cr spinely sú aj súčasťou obliakov vrstiev piesčitého organodetritického vápenca barému až aptu. Obliaky pochádzajú zo zlepencov čavojských vrstiev v porubskom súvrství (Mišík et al., 1981).

Cr spinely sa identifikovali aj v klastických terigénnych sedimentoch tomanovských vrstiev (Červený úplaz; Sýkora in Michalík et al., 1976), čiže vo vrchnom triase až réte tatrika Vysokých Tatier.

V krížanskom príkrove sa podobne ako v predchádzajúcej tektonickej jednotke Cr spinely vyskytujú najmä v kriedových klastických a karbonátových sedimentoch a ich výskyt sa viaže na tri stratigrafické horizonty.

V horninách valanginu až hoterivu (Oravice) sa viažu na kalkarenity v súvrství flotívneho kalového vápenca (vývoj podobný ako v rossfeldskej formácii a v schrambachských vrstvach vo Východných Alpách).

Na lokalite Lietavská Lúčka-kameňolom sú súčasťou piesčitých kalkarenitov hoterivu. Súvrstvie, v ktorom sa vyskytujú, koreluje Jablonský (1986) so schrambachskými vrstvami.

Cr spinely sa identifikovali aj v ľahkej frakcii turbiditných litických pieskovcov v albsko-cenomanskom porubskom súvrství (Jablonský, 1978), ako aj v obliakoch barémisko-alpských vápencov v zlepenci porubského súvrstvia (Mišík et al., 1980).

Podobne ako v tatriku aj vo fatriku sa Cr spinely našli aj vo vrchnom triase. Ich výskyt sa doteraz potvrdil v krížanskom príkrove Vysokých Tatier (Belianske Tatry) v jednotke Havran a v polskej časti Vysokých Tatier

a známe sú aj z vrchného triasu až rétu zliechovského vývoja krížanského príkrovu – žlab pod Furkaskou (Sýkora in Gaždicki et al., 1979; Sýkora, 1986).

V chočskom príkrove (hronikum) sa Cr spinely zistili v sedimentoch kriedy iba na lokalite Mojtíň, a to vo vrstvách piesčitého vápnitého flotívca a piesčitého vápenca hoterivského veku, a ich druhým stratigrafickým horizontom v tomto príkrove je súvrstvie lunzských vrstiev vrchnotriásowego veku (Michalík et al., 1992). Známe sú aj z lunzských vrstiev v podloží výplne viedenskej panvy (napr. Samuel et al., 1991).

V oblasti mimo centrálnych Západných Karpát sa Cr spinely často vyskytujú v klastických sedimentoch v manínskej, klapškej, kysucko-pieninskej a czorsztynskej jednotke.

V manínskej jednotke sa v súvrství budkovského slieňa (vrchný alb) vyskytuje laminovaný jemnozrnný pieskovec a siltovec obsahujúci Cr spinely.

V klapškej jednotke sa Cr spinely zistili vo vrstvách albského turbiditného pieskovca (Plevník) v cenomanských orlovských jemnozrnných kalkarenitoch (Orlové). Podobne ako v tatriku (Čavoj) sa aj v klapškej jednotke vyskytujú obliaky piesčitého organodetritického vápenca (barém – apt), v ktorých sa okrem Cr spinelu vyskytujú aj litoklasty serpentinitov. Obliaky podobného typu sa našli aj na lokalitách manínskej a kysucko-pieninskej jednotky (Mišík, 1976; Mišík, 1979; Mišík et al., 1980).

Cr spinely sa popri iných mineráloch zistili aj v mezozoickom podloží neogénej výplne viedenskej panvy vo vrstvách spodnoalbského vápnitého flotívca (vrt Smolinské 27), ktoré sú súčasťou manínskej resp. klapškej jednotky (Sýkora et al., 1997). Cr spinely sa identifikovali vo vápencových telesách barému až aptu, spodného aptu až spodného albu a vrchného kampánu až mástrichtu v spodnoterciérnych pročeských zlepencových vrstvach bradlového pásma na východnom Slovensku (Mišík et al., 1991a).

Pri analýze a mikroskopickom štúdiu plôch „hard-groundov“ na styku s albskými červenými flotívymi vápencami chmielowskej formácie na lokalite czorsztynskej jednotky sa vo vápenci zistila klastická prímes. V tej ľahkej frakcii výrazne dominuje Cr spinel (doteraz nepublikovaný údaj).

V klapškej jednotke (v bradle Klape) sme identifikovali Cr spinely v liasovom piesčitom vápenci.

Prvá informácia o Cr spineloch v sedimentoch bradlového pásma je od Starobovej (1962). Identifikovali sa vo vrchnokriedových sedimentoch medzi Hanušovcami nad Topľou a Humenným. V západnom úseku bradlového pásma sa spinely našli v roku 1968 (Wohletz in Oberhauser, 1968).

Cr spinely sa zriedka vyskytujú aj v strihovských zlepencoch (stredný eocén), a to v obliakoch „orbitolínovo“ vápenca barému až spodného aptu i ako súčasť turbiditných pieskovcov strihovských vrstiev (Mišík et al., 1991b).

Metodika práce

Ľahká frakcia sa separovala zo vzoriek pieskovca a piesčitého vápenca s hmotnosťou nad 1 kg. Horniny

Tab. 1
Percentuálne zastúpenie transparentných minerálov v fažkej frakcií kriedových pieskovcov vybraných lokalít Západných Karpát
Translucent heavy mineral ratios in the Cretaceous sandstones from selected sites of the Western Carpathians

minerál	tatrikum			krížňanský príkrov			choč. pr.	klapská j.
	Podsuchá	Čut. potok	Bystrička	Homôlka	Oravice	Liet. Lúčka		
spinel	11.2	17.4	18.9	31.4	86.1	91.9	84.2	38.7
zirkón	50.2	41.3	39.6	48.6	9.6	5.2	4.1	35.0
rutil	14.4	9.9	8.1	3.6	2.1	2.0	0.7	8.8
turmalín	6.0	3.9	4.5	3.2	0.4	0.7	2.1	2.9
apatit	16.1	9.7	1.8	0.0	0.8	0.0	0.7	6.6
titanit	0.0	0.8	0.0	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0
hyperstén	0.0	0.4	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0
pyroxény	0.8	0.6	0.0	1.8	0.3	0.0	0.0	1.5
amfiboly	0.0	0.0	0.9	1.4	0.0	0.0	0.0	1.5
granát	0.0	0.4	3.6	0.9	0.3	0.2	4.1	3.6
meta. min.	0.8	1.4	0.0	2.3	0.1	0.0	3.5	1.5
chlorit	0.8	14.1	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
glaukofán	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5

sa rozdružili odstránením karbonátového komponentu v HCl a CH₃COOH a drvením v čelustiovom drvíči. Podľa možnosti sa vyberali hrubozrnnejšie typy klastík.

Laboratórne práce sa vykonali v takomto poradí:

1. Rozdružovanie hornín: a. rozpúšťanie v HCl a CH₃COOH – piesčitý vápenec, resp. pieskovec s kalcitovým tmelom. Po premytí a prípadnej neutralizácii v NaOH sa nerozpustný zvyšok vysušil a osievaním sa oddelila frakcia 0,05–0,2 mm. b. Typy pieskovca neobsahujúce karbonát boli rozdružené v čelustiovom drvíči, preosiate a premyté vo vode.

2. Čažká frakcia sa oddelila v bromoforme CHBr₃ s hustotou 2,88 g·cm⁻³, z jej časti sa zhotoval zrnový preprérat a zo zvyšku sa ručne odseparovali Cr spinely na chemickú analýzu.

3. Percentuálne zastúpenie minerálov sa zislovalo na zrnových preparátoch (zrná zaliate v kanadskom balzame) alebo pod binokulárnom lupou z voľne nasypaných zŕn čažkej frakcie. Zislovalo sa zastúpenie transparentných minerálov a Cr spinelu (podobne ako vzorky z Východných Álp).

4. Vybrané zrná Cr spinelov boli zaliate do polyesterovej živice, vyleštené a pokovované.

5. Vybrané zrná sa chemicky analyzovali na mikroanalýzatore JEOL-Superprobe 733 v GSSR (urýchlosť napätie 15 kV, čas merania 20–30 s, priemer lúča 3–5 µm). Prístroj bol kalibrovaný na prírodných a syntetických štandardoch. Vo väčšine vzoriek sa analyzovalo okolo 50 zrn. Zastúpenie Fe²⁺ a Fe³⁺ sa vypočítalo spôsobom, aký uvádzajú Fejdi (1982). Výsledky analýz a štruktúrne vzorce každého minerálu – zrna sú v správach (Jablonský et al., 1995, 1996). Zo štruktúrnych vzorcov sa vyráhal pomer Cr/(Cr + Al) a Mg/(Mg + Fe²⁺) a vyniesol sa do bodových a kontúrových diagramov.

Asociácie čažkých minerálov

Štúdiom obsahu čažkej frakcie v pieskovcoch spodnej a strednej kriedy tatrika, fatrika, hronika a klapskej jed-

notky (Jablonský, 1992) a v príspevku prezentovaných vzoriek ukázalo, že z hľadiska obsahu chróm spinelu v čažkej frakcií sú nápadné dve resp. tri asociácie čažkých minerálov, a to 1. zirkónovo-chróm spinelová (s podružným zastúpením rutilu, apatitu a turmalínu), 2. chróm spinelová s podružným zastúpením zirkónu a rutilu a 3. chróm spinelovo-zirkónová (s podružným zastúpením rutilu, apatitu a turmalínu).

Zirkónovo-chróm spinelová asociácia

Táto asociácia je zastúpená vzorkou Podsuchá, Čutkov potok, Bystrička a Homôlka (tab. 1), ktoré reprezentujú vrstvy turbiditového pieskovca porubského súvrstvia (alb – cenoman) tatrika a zliechovskej sukcesie s touto asociáciou na všetkých výskytoch. Paleotransportné smery (od Z až ZJJ na V až VSV) v porubskom súvrství Strážovských vrchov (Jablonský, 1978), ktoré sú v zhode so zmenami turbiditových fácií od proximálnych po distálne, indikujú zdrojovú oblasť mimo centrálnych Západných Karpát.

Materiál vrstiev turbiditového pieskovca pred depozíciou v hlbokovodnom prostredí prešiel modifikáciou na plážach. Prezrádza to výskyt orbitolín, ktoré ako aglutanujúci materiál popri kremeni v hojnej miere využívajú i zrná čažkých minerálov, najmä leukoxénu, zirkónu, chróm spinelu, chloritu a turmalínu. Aglutinácia musela nastať na piesčitom dne v dosahu vlnenia, kde sa nahradila čažká frakcia ako súčasť. Vzorka je z porubského súvrstvia odkrytého v Štefanovskom potoku pod hotelom Boboty zo šupiny spätne nasunutej na paleogén Malej Fatry. Výskyt druhu *Orbitolina (Mesorbitolina) cf. texana* (Roemer) a *Orbitolina concava* Henson poukazuje na rozpätie súvrstvia od albu do cenomanu. Podobný prípad aglutinácie uvádzajú Wagreich et al. (1995), ale z urgónskych vápencov (spodný apt) zo synklinálnej Thiersee.

Porubské súvrstvie sa veľmi podobá losensteinským vrstvám Východných Álp. Z prác Gauppa (1982, 1983) jednoznačne vychodí, že klastický materiál aj ultrabázický

detrit losensteinských vrstiev (alb) pochádza zo severných zdrojov. Rezultuje to zo zmien proximality v jednotkách presunutých cez seba, ako aj z nameraných prúdových smerov zistených na spodných vrstvových plochách pieskovcových lavíc. Gaupp (I. c.) odvodzuje zdrojovú zónu klastí losensteinských vrstiev z oblasti, ktorá by mala byť v pozícii spodného austroalpiniaka. Podľa písomnej informácie tohto autora (za ktorú veľmi srdečne ďakujeme) a jeho prvých odhadov majú detritické chróm spinely (analyzované elektrónovým mikroanalizátorom) z Orlového, Upohlavu a z porubského súvrstvia (pravdepodobne ide o Čavoj) – alb malomagurskej jednotky) porovnatelné zloženie ako chróm spinely losensteinských vrstiev na Z (v Alpách), aké publikoval Pober a Faupl (1988).

Chróm spinelová asociácia

Chróm spinelovú asociáciu zastupujú vzorky z Oravíc, Lietavskej Lúčky a Mojtína a demonštruje sa v klastických spodnej kriedy (valangin – hoteriv) centrálnych Západných Karpát. Tieto spodnokriedové stupne sú v tatriku zastúpené pelagickými fáciami bez turbiditov a v krížanskom a chočskom príkrove sú v nich z niekoľkých lokalít známe turbidity s obsahom siliciklastického alebo ofiolitového detritu s veľkou prevahou chróm spinelov nad ostatnými fažkými minerálmi. Vysoký podiel chróm spinelov, paleotransportné smery (orientácia klastických zŕň) od JV na SZ namerané v pieskovcových vrstvach valanginu krížanského príkrovu (Oravice) a hojnosť chróm spinelov v spodnokriedových a strednokriedových súvrstviach pohoria Gerecse (Császár a Árgyelán, 1994) úvahé (Jablonský, 1992) svedčia o južnej preveniencii ofiolitového detritu a jeho prechode do spodnokriedových súvrství fatrika a hronika. Nízky podiel ostatných transparentných minerálov v chróm spinelovej asociácii týchto turbiditov odzrkadluje charakter zdrojovej oblasti – obdukované ofiolity prenikajúce do jednotiek budovaných prevažne karbonátovými horninami.

Uvedené veľmi pripomína stav vo Východných Alpách, kde je v spodnokriedových klastických členoch tirolika v fažkej frakcií zastúpená asociácia bohatá na chróm spinel. Na typovej lokalite rossfeldského súvrstvia pri Salzburgu sa analýzou karbonátových klastík dokázala ich južná preveniencia, čo potvrdili aj paleotransportné ukazovatele (synsedimentárne vrásy a iné štruktúry s vergenciou na S; ústna informácia R. Faupla). Chemické zloženie Cr spinelového detritu tohto súvrstvia ukázalo, že prevenená oblasť popri chróm spineloch derivovaných z harzburgitov ako prídavok dodávala spinely z lherzolitických hornín bohaté na Al (Faupl a Pober, 1991). Podobné zdvojenie vykazuje dnešné ofiolitové pásmo dinárid na tomto základe (Faupl a Pober, I. c.) odvodzujú zdroj ofiolitového detritu z vardarskej zóny. Tú istú zónu za zdroj ofiolitového detritu strednokriedových klastík pohoria Gerecse pokladá i Sztanó (1990). Rossfeldské vrstvy smerom na V prstovite zasahujú do schrambašských vrstiev bajuvaríka, kde nadobúdajú charakter veľmi podobný opisovaným turbiditom z Oravíc (porovnaj Decker et al., 1983).

Chróm spinelovo-zirkónová asociácia

Z tejto asociácie sme analyzovali len jednu vzorku z Orlového. Z tab. 1 vidieť, že chróm spinel a zirkón sú zastúpené približne v pomere 1:1. Z tohto hľadiska asociácia stojí medzi prvými dvoma asociáciami, azda bližšie k zirkónovo-chróm spinelovej asociácii (pozri aj už spo- menuté porovnanie Gauppa, 1982, 1983).

V podložných albských flyšoch tejto (klapskej) jednotky Marschalco (1986) preukázal paleotransportné smery z V až JV, ktoré sa vo vyšších (distálnejších) šupinách stáčajú na JZ. Materiál sa teda derivoval z vnútornnejších zón karpatského priestoru, ktorý sa podľa klasických predstáv rozkladá z Andrusovovho chrbta na J od pieninika a na S od tatrika. Najnovšie Plašienka (1995) umiestňuje sedimentačný priestor klapskej jednotky do vnútorných zón. Podľa toho by siliciklastický a ofiolitový detrit mali svoje zdroje v ešte vnútornnejších jednotkách.

Nateraz sa zdá, že zastúpenie chróm spinelov v asociáciach je predovšetkým funkciou času. Vyšší ako 80 % obsah majú v spodnokriedových členoch (valangin, hoteriv), kým 1. a 3. asociácia v strednokriedových súboroch (alb – cenoman). Je otázka, či príčinou mohlo byť „riedenie“ ofiolitového detritu rezom a odkrytím hlbších úrovní v zdrojových oblastiach.

Okrem spomenutých sedimentov porubského súvrstvia a ďalších klastických hornín s Cr spinelmi sa v uvedených tektonických jednotkách potvrdila ich prítomnosť aj v czorsztynskej jednotke bradlového pásma. V fažkej frakcií prevláda Cr spinel spolu s granátom (tab. 2) a vytvárajú chróm spinelovo-granátovú asociáciu alebo provinciu, ktorá sa zistila v sedimentoch albu (chmielowská formácia) na styku albských ilovitých vápencov a plôch „hardgroudov“ v czorsztynskej jednotke na šestich lokalitách (Vŕšatec, Horné Srnie-kameňolom, bradlo Lednického hradu, Jarabina-kameňolom a Kamenica-bradlo). Obsah Cr spinelu väčšinou prekračuje 50 %, čo protirečí paleogeografickým predstavám zástancov južného zdroja ofiolitového detritu. Chemické analýzy Cr spinelov ani iných minerálov sa doteraz neurobili.

Tab. 2
Percentuálne zastúpenie minerálov fažkej frakcie vo vápencoch chmielowskej formácie – czorsztynská jednotka
Heavy mineral ratios in the Chmielowa Formation
(Albian of Czorsztyn Unit)

Lokalita	Sp	Zr	Ru	Tu	Gr	At	Mag
Horné Srnie-najvyšší lom 1	57	0	7	9	27	0	0
Horné Srnie-najvyšší lom 2	56	5	9	9	21	0	3
Vŕšatec 1	53	7	4	0	36	0	0
Vŕšatec 2	50	3	9	19	7	12	0
Kamenica	59	2	4	7	28	0	0
Jarabina	46	8	9	4	31	2	0
LEDNICA	65	0	14	9	12	0	0

Sp – spinel, Zr – zirkón, Ru – rutil, Tu – turmalín, Gr – granát, At – anatas, Mag – magnetit

Sp – spinel, Zr – zircon, Ru – rutile, Tu – tourmaline, Gr – garnet, At – anatase, Mag – magnetite

Tab. 3

Percentuálne zastúpenie minerálov ľažkej frakcie v klastických sedimentoch vrchného triasu na lokalitách tatrika, fatrika a hronika
Heavy mineral ratios in the detritic sediments of Upper Triassic of Taticum, Faticum and Hronicum

Lokalita	Vek	Jednotka	Sp	Zr	Ru	Tu	Ap	Gr	Cl	St
Červený úplaz 1	rét	tatrikum	14	39	42	0.8	3.4	0	0	0
Červený úplaz 2	rét	tatrikum	14	42	38	0	5.9	0	0	0
Štefanský žlab	rét	fatrikum	15.8	35.3	30.8	2.3	15.8	0	0	0
chaty Plesnivec	rét	fatrikum	9.1	40.7	40.7	0.9	8.6	0	0	0
Furkaska	rét	fatrikum	11.5	43.3	17.3	4.8	23.1	0	0	0
Dobrá Voda 1	karn	hronikum	14.4	59.9	12.9	0	0	0	12.9	0
Dobrá Voda 2	karn	hronikum	6.1	60.6	12.1	0	21.2	0	0	0
Šípkov	karn	hronikum	35.7	49	8.2	4.1	0	0	31	0
Mitice	karn	hronikum	1.3	66.9	9.8	6.3	0	0	21	0
Nemecká	karn	hronikum	23	63.4	13	5.1	18	0	13	0
Liptovská Osada	karn	hronikum	9.8	66.6	17.6	0	0	0	4	2
cesta nad Hutami	karn	hronikum	4.5	69.3	10.8	4.5	6.4	0	4.5	0
Podtureň	karn	hronikum	5	63.3	11.7	3.3	5	0	5	6.7
Liptovský Hrádok	karn	hronikum	2.8	70.4	14.1	5.6	0	0	7	0

Ap – apatit, Cl – chlorit, St – staurolit, ostatné symboly pozri v tab. 2

Ap – apatite, Cl – chlorite, St – staurolite, for the rest see Tab. 2

Okrem analýz kriedových sedimentov sme začali skúmať sedimenty triasu, v ktorých je častá klastická prímes. V sedimentárnych horninách vrchného triasu sa asociácia a percentuálny obsah minerálov ľažkej frakcie oproti asociáciám v kriedových sedimentoch menia.

Jedinou znáomou lokalitou Cr spinelov vo vrchnotriaso-vých klastických sedimentoch tomanovskej formácie tatrika Západných Karpát je Červený úplaz v Tiehej doline v Západných Tatrách (Sýkora in Michalík et al., 1976). Spinely sa pôvodne identifikovali vo výbrusoch jemno-zrnného až hrubo-zrnného kremenného laminovaného pieskovca tomanovskej formácie (rét). Drvením horniny a oddeľovaním v bromoforme sa získala ľažká frakcia, ktorej zloženie ilustruje tab. 3 (hodnotili sa transparentné mine-

rály a spinely). Chemická analýza Cr spinelov sa doteraz neurobila.

Sýkora (1986) podobne ako v tatriku Vysokých Tatier Cr spinely zistil aj v sedimentárnych horninách najvrchnejšieho triasu až spodnej jury i v krížňanskom príkrove tohto horstva. Sú súčasťou ľažkej frakcie vo vrstvách vápnitého pieskovca a piesčitého vápenca (fatranské vrstvy s. l.). Analyzovali sme ľažké frakcie na lokalite pod Novým-Štefanský žlab na J od chaty Plesnivec (Belianske Tatry – jednotka Havran), v poľských Tatrách z lokality Mala Swinica a v sedimentoch rétu zliechovského vývoja (fatranské vrstvy s. s.) lokalitu Žlab pod Furkaskou. Chemicky sa doteraz analyzovalo iba niekoľko zŕn z lokality Mala Swinica.

Tab. 4

Stratigrafická distribúcia doteraz známych výskytov Cr spinelov v mezozoických sedimentoch západokarpatských jednotiek
Stratigraphic distribution of presently known Cr-spinel occurrences in the Mesozoic sedimentary units of the Western Carpathians

	czorsztynská jednotka	klapská jednotka	tatrikum	fatrikum	hronikum
turón					
cenoman		orlovské pieskovce (Orlove)			
alb	chmielowské súvrstvie (H. Srnie, Vršatec, Jarabina, Lednica, Kamenica)	albský flyš (Plevník)	porubské súvrstvie (Bystríčka, Čut. potok, Podsuchá)	porubské súvrstvie (Homôlka, Boboty)	
apt					
barém		obliaky urgón. váp. (Nosice)	obliaky urgón. váp. (Čavoj)		
hoteriv					schrambašské súvrstvie (Mojtín)
valangin					schrambašské súvrstvie (Liet. Lúčka, Oravice)
berias					
malm					
doger					
lias		krin. vápence (Klapa)			
rét					
norik					
karn					lunzské vrstvy (Podtureň, Dobrá Voda, Lipt. Osada)

Podľa výsledkov niekoľkých analýz v tatriku, v krížňanskom príkrove (tomanovskej formácií) a vo fatranských vrstvách Vysokých Tatier prevláda zirkónovo-rutilová alebo rutilovo-zirkónová asociácia a obsah Cr spinelu je 9–15,8 % (tab. 3).

Doteraz najstarším stratigrafickým horizontom v mezoických sedimentoch Západných Karpát, v ktorom sa vyskytujú Cr spinely, sú lunzské vrstvy v chočkom príkrove. Sedimentovali v jule až tuvale. Cr spinely sa v nich našli v jadre vrtu Dobrá Voda (Broska in Michalík et al., 1992). Spinely sa zistili aj v lunzských vrstvách v podloží neogénnych sedimentov viedenskej panvy (napr. Samuel et al., 1991), a to v súvrství zloženom z flocea, siltovca a pieskovca (litické a živcové droby – Michalík et al., 1992; resp. subarkózy a arkózy – Marschalko a Pulec, 1967).

Analyzovali sme ľažké minerály z pieskovcových vrstiev lokality Dobrá Voda-vrt DV-1, Šípkov, Mítice, Liptovská Osada, Nemecká, cesta nad Hutami, Podtureň a Liptovský Hrádok. Z troch lokalít – Dobrá Voda-vrt DV-1, Liptovská Osada a Podtureň – sa stanovil chemizmus Cr spinelov (spolu 30 zrñ). V spoločenstve ľažkých minerálov v lunzských vrstvach chočského príkrovu vo všetkých analyzovaných vzorkach výrazne dominuje zirkón, takže možno hovoriť o *zirkónovej provincii*. Obsah Cr spinelu bol 2,8–35,7 % (tab. 3).

V lunzských vrstvach bajuvarika a tirolika Východných Álp sa vyčlenilo viac asociácií resp. provincií ľažkých minerálov (pozri Behrens, 1972). S Cr spinelom sa tam často vyskytuje aj granát, ktorý sa v našich vzorkach nezistil. Cr spinel na lokalite Dobrá Voda-vrt DV-1 identifikoval Broska (in Michalík et al., 1992).

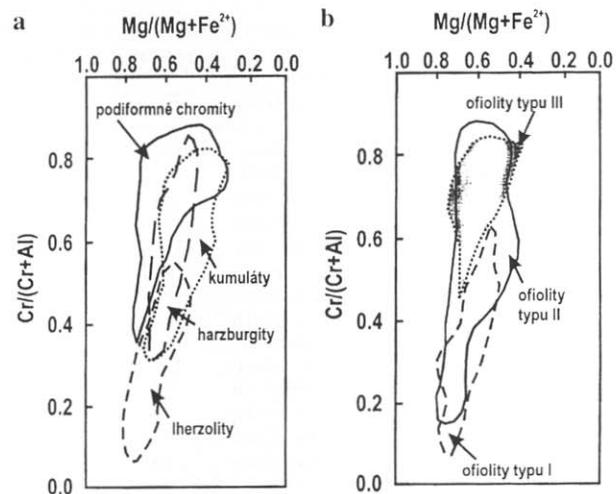
Jednotky a stratigrafické horizonty, v ktorých sa zistil Cr spinel, sú v tab. 4.

Chemická variabilita chrómspinelov

Základné údaje o chemickom zložení a štruktúre analyzovaných zrñ sú v správach Jablonského et al. (1995, 1996). Korelačné diagramy použité v novšej literatúre na vyjadrenie závislosti Mg#, t. j. Mg/(Mg + Fe²⁺) a Cr#, t. j. Cr/(Cr + Al) (napr. Pober a Faupl, 1988) majú začiatok upravo dole a výsledky analýz sme zobrazili v takejto forme grafov (obr. 1 a 2). Údaje sú vyjadrené kontúrovými diagramami na vymedzenie pola bez náhodných alebo ojedinelých údajov. Pri analýze a hodnotení sme použili rovnakú metodiku a rovnaké prístroje.

Zloženie analyzovaných zrñ chrómspinelov sme zobrazili Stevensovým (1944) klasifikačným diagramom spinelov. Vynesené projekčné body ukázali, že okrem troch výnimiek sú všetky vo IV. a V. poli, ktoré zodpovedajú chrómspinelu (IV. pole) a alumochromitu (V. pole; pozri tab. 5). Zároveň konštatujeme, že rozdelenie do IV. a V. pola nie je rovnomerne ani pri detritických spineloch pochádzajúcich z pieskovcových telies, ani pri spineloch z vápencových obliakov (obr. 3–7).

Z kontúrových diagramov vyplýva, že sa zložením trojmocných katiónov všetky vzorky dosí podobajú. Odlišujú sa hlavne rozptylom chemického zloženia: od lineárneho



Obr. 1. a – Kompozičný kontúrový diagram pola chemizmu spinelov jednotlivých typov hornín ophiolitovej skupiny (podľa Pobera a Faupla, 1984). b – Klasifikačný kontúrový diagram peridotitov (podľa Dicka a Bullena, 1984).

Fig. 1. a – Compositional contour diagram of spinel chemical compositions from individual rock types (according to Pober and Faupl, 1984). b – Classification contour diagram of peridotites (after Dick and Bullen, 1984).

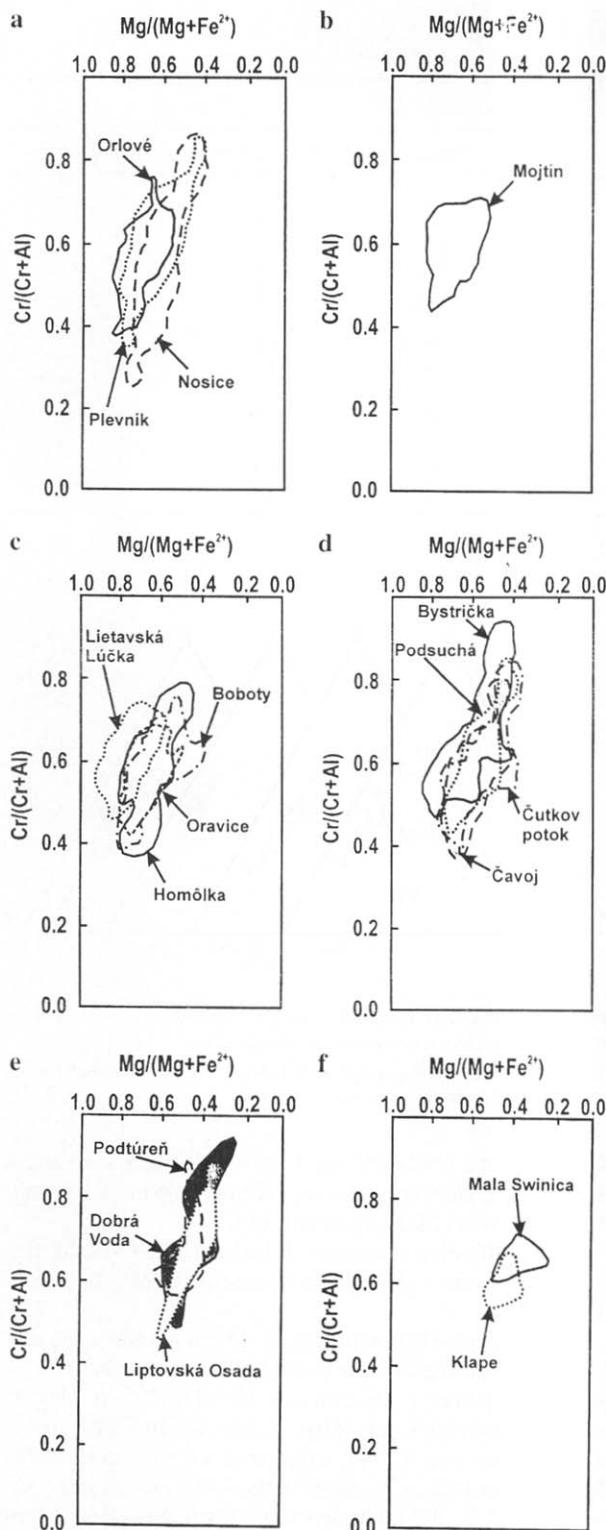
priebehu, aký je vo vzorke Nosice (I u) a vo vzorkach z lunzských vrstiev (obr. 2a, 2e), po iné, ktoré nevykazujú taký stupeň lineárneho priebehu, napr. Čutkov potok (obr. 2d) a Boboty (obr. 2c).

Spoločným znakom vzoriek z porubského súvrstvia je rovnomernejšie rozloženie priemetných bodov v ploche a vo vertikálnom smere výraznejšie pretiahnuté pole priemetných bodov (väčšia variabilita v obsahu Al a Cr). Najmarkantnejší rozdiel je v tom, že pole priemetov analýz z Bystríčky (obr. 2d) je posunuté v prospech Cr (Cr# v rozsahu 0,87–0,46), kým vzorky z Homôfskej (obr. 2c) sú bohatšie na Al (Cr# 0,76–0,38).

Vzorky spodnokriedových turbiditov z Mojtína (obr. 2b), Lietavskej Lúčky a Oravíc (obr. 2c) sa vyznačujú väčším sústredením priemetných bodov analýz okolo jedného centra, čiže obsah Al sa mení v menšom rozsahu. Priemetné pole bodov analýz z Lietavskej Lúčky je oproti ostatným nápadne posunuté v prospech obsahu Mg (chuďobnejšie na Fe²⁺) približne o 0,1.

Vzorka z Orlového (cenoman klapskej jednotky; obr. 2a) má vo všetkých posudzovaných znakoch prekvapujúco prechodné postavenie medzi vzorkami z porubského súvrstvia a zo spodnokriedových turbiditov (rovnomernejší rozptyl priemetných bodov, stredne výrazné maximum, pomerne vysoká variabilita Cr#). V tejto vzorke ležia pod Cr# 0,4 až tri body, čo poukazuje na ich pôvod z lherzolitov.

Spoločným znakom všetkých vzoriek zo všetkých lokalít je nepriama závislosť Mg# od Cr#. Čím vyššie je Cr#, tým menšie je Mg#. Táto závislosť je zrejmá i z výsledkov analýz z Východných Álp a pohoria Gerecse (Pober a Faupl, 1988; Árgyelán, 1996). Oproti vzorkám z Álp sú polia priemetných bodov chemických analýz



Obr. 2. a – Kontúrový diagram chemizmu spinelov z kriedových sedimentov klapeskéj jednotky. b – Kontúrový diagram chemizmu spinelov z lokality Mojtin – huterívske sedimenty chočského príkrovu. c – Kontúrový diagram chemizmu spinelov z kriedových sedimentov križnanského príkrovu. d – Kontúrový diagram chemizmu spinelov z kriedových sedimentov tatrika. e – Kontúrový diagram chemizmu spinelu z lunzských vrstiev chočského príkrovu. f – Kontúrový diagram chemizmu spinelov z liasových sedimentov klapeskéj jednotky (Klapa) a pieskovcových vrstiev rétu križnanskej jednotky (Mala Swinica).

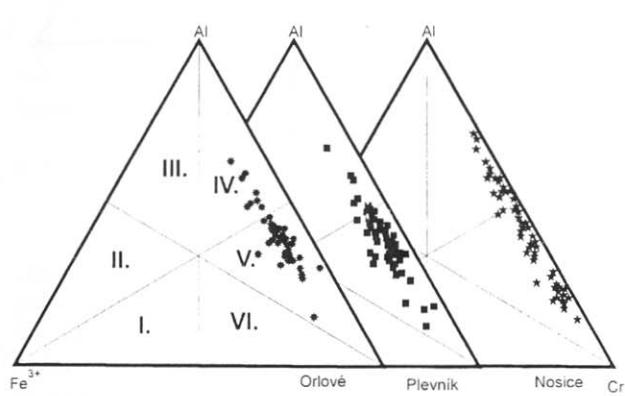
Fig. 2. a – Contour diagram of spinel chemical compositions from Cretaceous sediments of Klape Unit. b – Contour diagram of spinel chemical compositions from Hauterivian sediments of Choč nappe (Hronicum, locality Mojtin). c – Contour diagram of spinel chemical compositions from Cretaceous sediments of Križna nappe (Faticicum). d – Contour diagram of spinel chemical compositions from Cretaceous sediments of Taticum. e – Contour diagram of spinel chemical compositions from Lunz Formation (Carnian) of Choč nappe. f – Contour diagram of spinel chemical compositions from Liassic sediments of Klape Unit (Klapa) and sandstones of Rhaetina of Križna nappe (Mala Swinica).

Z porovnania kontúrových diagramov s typmi ofiolitov podľa Dicka a Bullena (1984) je zrejmé, že prevažná väčšina vzoriek spadá do pola peridotitov typu II. Ide o prechodné typy medzi typom I, ktoré reprezentujú peridotity prostredia stredooceánskych chrbtov, a typom III, ktoré sa viažu na rané štadiá vzniku ostrovných oblúkov (Dick a Bullen, l. c.).

Na geotektonický význam detritických spinelov v minulosti poukázal Zimmerle (1984). Výrazný obsah Cr spinelov v sedimentoch môže signalizovať špecifické tektonické prostredie, začiatok tektonických procesov alebo postupujúcu denudáciu bázických masívov.

Záver

Z protichodných predstáv o dvoch zdrojoch (resp. jednom zdroji a jeho mieste), ktoré dodávali ofiolitový detrit do kriedových klastík jednotiek centrálnych Západných Karpát a bradlového pásma, vyplynula potreba študovať



Obr. 3. Klasifikačný diagram spinelov kriedových sedimentov klapeskéj jednotky (podľa Stevensa, 1944). I – chrómagnetit, II – alumomagnetit, III – ferrispinel, IV – chromospinel, V – alumochromit, VI – ferrichromit.

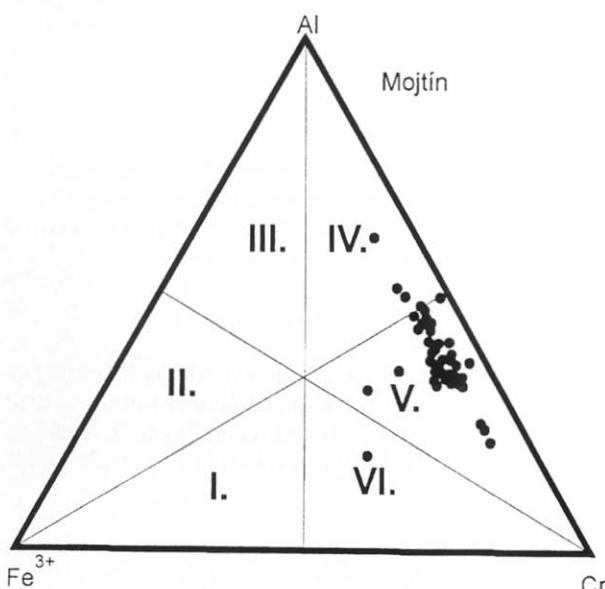
Fig. 3. Classification diagram (after Stevens, 1944) of spinels from Cretaceous sediments of Klape Units. I – chrome magnetite, II – alumomagnetite, III – ferrispinel, IV – chrome spinel, V – alumochromite, VI – ferrichromite.

vzoriek, ktoré sme študovali, v grafoch trochu posunuté doľava (menšie zastúpenie Fe^{2+}). Rozsah zistených hodnôt študovaných vzoriek a trend zmien sú podobné a blízke publikovaným údajom.

Tab. 5

Percentuálne zastúpenie chrómspinelu, alumochromitu a ferichromitu v analyzovaných vzorkach na jednotlivých lokalitách
Ratios of chrome spinel, alumochromite and ferrichromite in the analysed samples at individual localities

Percentuálne zastúpenie							
Vek	Jednotka	Lokalita	Poč. analýz.	Chrómspinel	Alumochromit	Ferichromit	
alb	tatrikum	Bystrička	53	3,8	96,2	0	
alb	tatrikum	Cút. potok	58	15,5	84,5	0	
alb	tatrikum	Podsuchá	35	18,6	81,4	0	
alb	krížn. pr.	Boboty	48	18,8	81,2	0	
alb	krížn. pr.	Homôlka	48	29,2	70,8	0	
neokóm	krížn. pr.	Liet. Lúčka	50	8	92	0	
neokóm	krížn. pr.	Oravice	44	11,4	88,6	0	
neokóm	choč. pr.	Mojtín	50	8	90	2	
alb	klap. j.	Plevník	60	13,3	86,6	0	
cenom.	klap. j.	Orlové	45	17,8	82,2	0	
apt (val.)	tatrikum	Čavoj	55	31	67	2	
apt (val.)	klap. j.	Nosice	56	33,3	66,6	0	
karn	choč. pr.	3 lokality	30	3,3	93,3	3,3	

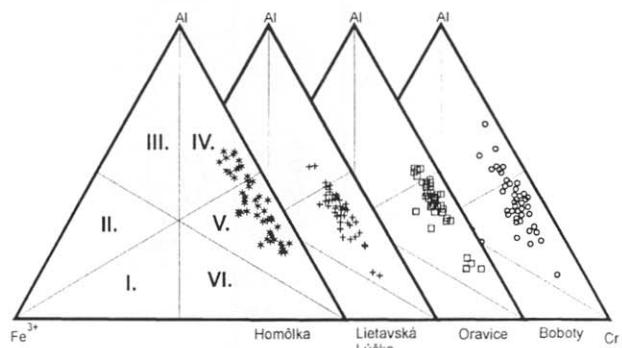


Obr. 4. Klasifikačný diagram spinelov z hoterivských sedimentov chočského príkrovu (symboly – pozri obr. 3).

Fig. 4. Classification diagram of spinels from Hauerian sediments of Choč nappe (symbols – see Fig. 3).

chemické zloženie detritických chrómspinelov fažkej frakcie spodnokriedových a strednokriedových klastík týchto jednotiek. Začali sme analyzovať aj fažké frakcie a Cr spinely v starších súvrstviach mezozoika – jury a trias.

Analyzovalo sa 666 zín chrómspinelov zo sedemnásťich lokalít. Tri vzorky sú zo „schrambašských“ vrstiev (valangin, hoteriv) krížanského a chočského príkrovu (Oravice, Boboty, Lietavská Lúčka, Mojtín), päť z porubského súvrstvia (alb – cenoman) tatrika (Bystríčka, Podsuchá, Čutkov potok, Čavoj) a krížanského príkrovu (Homôlka), tri z klapskej jednotky (alb – cenoman; Orlové, Plevník, Nosice), tri z vrstiev lunzského pieskovca choč-



Obr. 5. Klasifikačný diagram spinelov z kriedových sedimentov krížanského príkrovu (symboly – pozri obr. 3).

Fig. 5. Classification diagram of spinels from Cretaceous sediments of Krížna nappe (symbols – see Fig. 3).

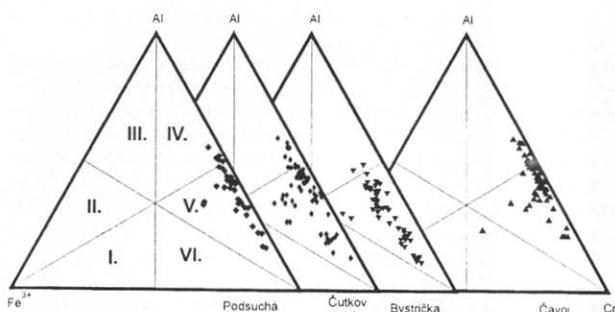
ského príkrovu (Dobrá Voda, Liptovská Osada, Podtureň), jedna z lias klapskej jednotky (Klapa) a jedna z krížanského príkrovu (Mala Swinica); obr. 8.

Podľa zastúpenia minerálov v fažkej frakcii kriedových sedimentov sme vyčlenili štyri asociácie fažkých minerálov:

1. zirkónovo-chrómspineloví (pomer zastúpenia cca 2 : 1), charakteristickí pre porubské súvrstvie, 2. chróm-spineloví (pomer k zirkónu cca 10 : 1), charakteristickí pre spodnokriedové turbidity, 3. chrómspinelovo-zirkónoví (pomer cca 1 : 1), zastúpení vo vrstvách orlovského pieskovca, a 4. chrómspinelovo-granátoví (pomer 6 : 1 až 2 : 1,5), chmielovskú formáciu v czorsztynskej jednotke bradlového pásma.

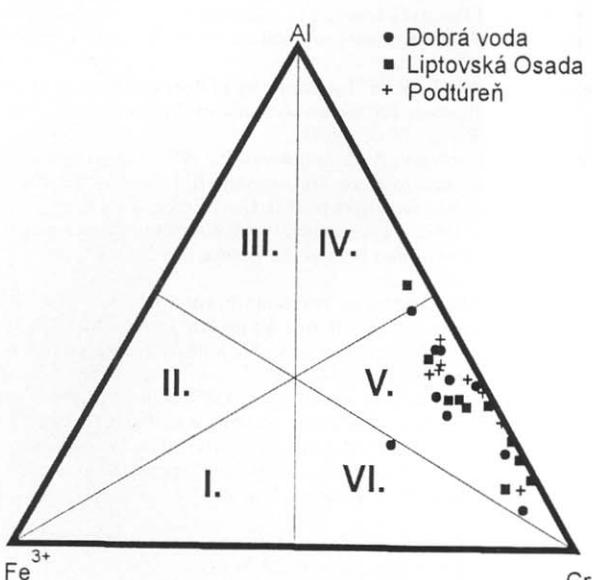
V sedimentoch triasu sme vyčlenili zirkónovo-rutiloví resp. rutilovo-zirkónoví asociáciu (tatrikum a fatrikum) a v lunzských vrstvách hronika zirkónoví.

Geologické a sedimentologické poznatky nielen zo Západných Karpát, ale aj z Východných Álp vedú k predpokladu o jednom zdroji v externej pozícii (unterostalpin,



Obr. 6. Klasifikačný diagram spinelov z kriedových sedimentov tatrika (symboly – pozri obr. 3).

Fig. 6. Classification diagram of spinels from Cretaceous sediments of Triticum (symbols – see Fig. 3).



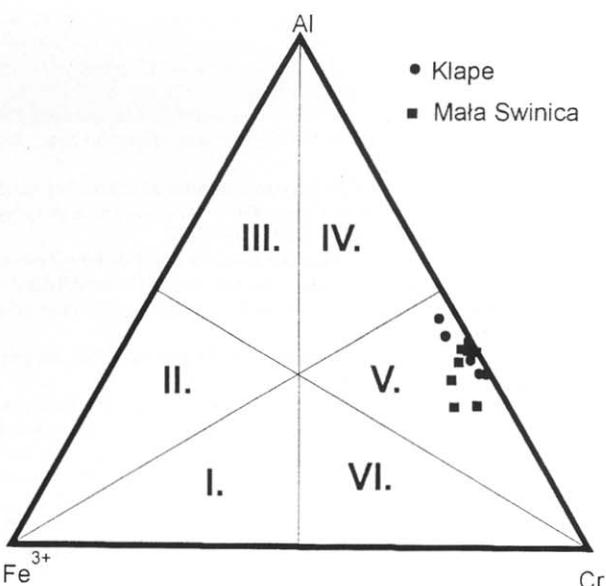
Obr. 7. Klasifikačný diagram spinelov z lunzských vrstiev chočského príkrovu (symboly – pozri obr. 3).

Fig. 7. Classification diagram of spinels from Lunz Formation (Carnian) of Choč nappe (symbols – see Fig. 3).

penninikum) a o druhom, internom (vardarská zóna podľa rakúskych autorov), ktorým by mohlo byť meliatikum, štrukturované už v najvrchnejšej jure (Hók et al., 1995). Variabilita v zložení Cr spinelov z rozličných jednotiek Západných Karpát však nie je natoľko výrazná, aby bolo možno podľa chemického zloženia potvrdiť provenienciu stanovenú na základe geologických kritérií.

Podľa výsledkov chemických analýz predpokladáme, že materskými horninami Cr spinelov v mezozoických sedimentoch Západných Karpát boli ofiolity typu II (pozri Dick a Bullen, 1984), ktoré by mali odrážať štádiá vývoja oceánskeho bazéna (otvorenie až zrelosť).

Výsledky nášho výskumu treba chápať ako predbežné. Spracovanie vzoriek a chemická analýza Cr spinelov v rozličných jednotkách kriedových, juriských a triasových súvrství vykazujú nízku variabilitu (polia sa do značnej miery prekrývajú). Podobné výsledky sú aj z Východných Álp (Pober a Faupl, 1988).



Obr. 8. Klasifikačný diagram spinelov z liasových piesčitých vápencov klapskej jednotky (bradlo Klape) a z piesčitých vápencov rétu krížanského príkrovu (Mała Swinica; symboly – pozri obr. 3).

Fig. 8. Classification diagram of spinels from Liassic sandy limestones of Klape Unit (Klapa) and Rhaetian sandy limestones of Krížna nappe (Mała Swinica; symbols – see Fig. 3).

Podakovanie. Štúdia je súčasťou grantovej úlohy VEGA 2/7091/2000 a 1/7293/2000. Analýza chrómspinelidov sa z väčšej časti finančne podporovala z projektu Geodynamický vývoj Západných Karpát – II. etapa.

Literatúra

- Árgyelán, B. G., 1992: Chemical investigations of detrital chromian spinels of Cretaceous clastic formations of the Gerecse Mountains, Hungary. *Terra Nova abstr. Suppl.*, 4, 2, 3.
- Árgyelán, B. G., 1996: Geochemical investigations of detrital chrome spinels as a tool to detect an ophiolitic source area (Gerecse Mts. Hungary). *Acta geol. hung.*, 39, 4, 341–368.
- Behrens, M., 1972: Schwermineralverteilungen und Sedimentstrukturen in den Lunzer Schichten (Karn, Trias, Österreich). *Jb. Geol. Bundesanst.*, B.–A., 116, 51–83.
- Császár, G. & Árgyelán, B. G., 1994: Stratigraphical and micromineralogical investigation of Lower Cretaceous sediments in Gerecse Mts. Hungary. *Cret. Research*, 15, 417–434.
- Decker, K., Faupl, P. & Müller, A., 1983: Klastische Entwicklung im Neokom der Reichenberger Decke (Ennstal, O. Ö.) Über. 1982 Hochschulschriftenprkt. S. 15, 135–143.
- Dick, H. J. B. & Bullen, T., 1984: Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and Alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contr. Mineral. Petrology*, 86, 54–76.
- Faupl, P. & Pöber, E., 1991: Zur Bedeutung detritischer Chromspinelle in den Ostalpen: Ophiolitischer Detritus aus der Vardarsutur. Jubiläumschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich – Ungarn, 1, 133–143.
- Fejdi, P., 1982: Rtg mikroanalýza horninotvorných minerálov: možnosti stanovenia obsahu Fe²⁺ Fe³⁺. *Mineralia Slov.*, 14, 145–154.
- Gaup, R., 1982: Sedimentationsgeschichte und Paläotektonik der kalpalpinen Mittelkreide (Allgäu, Tirol Vorarlberg). *Zitteliana*, 8, 33–72.
- Gaup, R., 1983: Die paläogeographische Bedeutung der Konglomerate in dem Losensteiner Schichten (Alb, Nördliche Kalkalpen). *Zitteliana*, 10, 155–171.

- Gazdzicki, A., Michalík, J., Planderová, E. & Sýkora, M., 1979: An Upper Triassic–Lower Jurassic sequence in the Krížna nappe (West Tatra mountains, West Carpathians, Czechoslovakia). *Západ. Karpaty, Sér. Geol.*, 5, 119–148.
- Hók, J., Kováč, P. & Rakús, M., 1995: Structural investigations of the Inner Carpathians – results and interpretations. *Mineralia Slov.*, 27, 4, 231–235.
- Jablonský, J., 1978: Príspevok k poznaniu albu zliechovskej série Strážovských vrchov. In: *J. Vozár (Edt.): Paleogeografický vývoj Západných Karpát. Bratislava. GÚDS*, 175–187.
- Jablonský, J., 1986: Sedimentologické štúdium porubského súvrstvia (alb – cenoman) tatrika a zliechovskej sekvencie. [Kandidátska dizertačná práca.] *Manuskript – archív Katedry geológie a paleontológie Prif UK, Bratislava*, 211.
- Jablonský, J., 1992: Rossfeld Formation in Krížna and Choč nappes, Western Carpathians. *Terra Nova abstr. Suppl.*, 4, 2, 37.
- Jablonský, J., Sýkora, M. & Aubrecht, R., 1995: Zdroje, mechanizmy, smery transportu a progradácia nástupu predkomplexnej flyšovej sedimentácie (rossfeldské a porubské súvrstvie). Ročná správa, úloha 3.1.5. Geodynamický vývoj ZK, II etapa. *Manuskript – archív Katedry geológie a paleontológie Prif UK, Bratislava*, 18.
- Jablonský, J., Sýkora, M. & Aubrecht, R., 1996: Zdroje, mechanizmy, smery transportu a progradácia nástupu predkomplexnej flyšovej sedimentácie (rossfeldské a porubské súvrstvie). Ročná správa, úloha 3.1.5. Geodynamický vývoj ZK, II etapa. *Manuskript – archív Katedry geológie a paleontológie Prif UK, Bratislava*, 10.
- Marschalco, R., 1976: Vývoj a geotektonický význam kriedového flyša bradlového pásma. *Bratislava, Veda*, 137.
- Marschalco, R. & Pulec, M., 1967: Sedimentology of the Lunz Beds. *Geol. Sbor.*, XVIII, 2, 331–344.
- Michalík, J., Planderová, E. & Sýkora, M., 1976: To the stratigraphic and paleogeographic position of the Tomanová Formation in the Uppermost Triassic of the West Carpathians. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 27, 2, 299–318.
- Michalík, J., Broska, I., Francú, J., Jendrejáková, O., Kochanová, M., Lintnerová, O., Masaryk, P., Planderová, E., Šucha, V. & Zatkáliková, V., 1992: Štruktúrny vrt Dobrá Voda DV-1 (1140,8 m), (Dobrá Voda – konča skaliek) v Brezovských Karpatoch. *Region. Geol. Západ. Karpát*, 3–139.
- Mišík, M., 1976: Bradlové pásma a globálna tektonika. In: *M. Mahel & P. Reichwalder (Eds.): Československá geológia a globálna tektonika*, 28–36.
- Mišík, M., 1979: Pieniny Klippen Belt and the global tectonics model. From Czechoslovak geology and global tectonics (M. Mahel & P. Reichwalder, eds.). *Bratislava, Veda*, 89–101.
- Mišík, M., Jablonský, J., Fejdi, P. & Sýkora, M., 1980: Chromian and ferrian spinels from Cretaceous sediments of the West Carpathians. *Mineralia Slov.*, 42, 2, 101–112.
- Mišík, M., Jablonský, J., Mock, R. & Sýkora, M., 1981: Konglomerate mit exotischen Material im dem Alb der Zentralen Westkarpaten – paläogeographische und tectonische Interpretation. *Acta geol. geogr. Univ. Comen.*, 37, 5–55.
- Mišík, M. & Sýkora, M., 1981: Pieninský exotický chrbát rekonštruovaný z valúnov karbonatických hornín kriedových zlepencov bradlového pásma a Manínskej jednotky (Der pieninische exotische Rücken, rekonstruiert aus Gerölen karbonatischer Gesteine kretatischen Konglomerate der Klippenzone und der Manín Einheit). *Západ. Karpaty, Sér. Geol.*, 7, 7–111.
- Mišík, M., Sýkora, M., Mock, R. & Jablonský, J., 1991a: Paleogene Proč conglomerates of the Klippen belt in the West Carpathians. Material from Neopieninie Exotic Ridge. *Acta geol. geogr. Univ. Comen.*, 46, 9–101.
- Mišík, M., Sýkora, M. & Jablonský, J., 1991b: Střihovce Conglomerates and South–Magura Exotic Ridge (West Carpathians). *Západ. Karpaty, Sér. Geol.*, 14, 7–72.
- Oberhauser, R., 1968: Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und dem Paläogen im Ostalpenraum. *Jb. Geol. Bundesanst.*, B.–A., 111, Heft 2, 115–149.
- Plašienka, D., 1995: Mesozoic evolution of Tatic units in the Malé Karpaty and Považský Inovec Mts.: Implications for the position of the Klapa and related units in Western Slovakia. *Geol. Carpath.*, 42, 2, 101–112.
- Pober, E. & Faupl, P., 1988: The chemistry of detrital chromian spinels and its implications for the geodynamic evolution of the Eastern Alps. *Geol. Rdsch.*, 77, 671–670.
- Samuel, O., Bužnovský, A. & Snopková, P., 1991: Litostratigrafické vyhodnotenie mezozoika zo štruktúrnych vŕtov Závod – 78, 88, 89 a Studienka – 95 (Viedenská panva). *Geol. Práce, Spr.*, 41–53.
- Starobová, M., 1962: Těžké minerály východoslovenského magurského flyše a vnitřního bradlového pásma. *Geol. Práce, Zoš.*, 63, 47–52.
- Sýkora, M., 1986: Sedimenty rozhrania trias a jury vo vybraných lokalitách krížanského príkrovu Vysokých Tatier. [Kandidátska dizertačná práca.] *Manuskript – archív Katedry geológie a paleontológie Prif UK, Bratislava*, 148.
- Sýkora, M., Halászová, E. & Boorová, D., 1997: Blue amphiboles and microfossils from the Mesozoic Basement of the Vienna Basin (borehole Smolinské 27), Slovakia. *Mineralia Slov.*, 29, 227–233.
- Szatanó, O., 1990: Submarine fan–chanel conglomerate of Lower Cretaceous, Gerecse Mts., Hungary. *Neu. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 7, 431–446.
- Stevens, R. E., 1944: Composition of some chromites of the Western Hemisphere. *Amer. Mineralogist*, 29, 1–34.
- Wagreich, M., Faupl, P. & Schlaginweit, F., 1995: Heavy minerals from Urgonian limestone pebbles of the Northern Calcareous Alps (Austria, Bavaria): Further evidence for an Intra-Austroalpine suture zone. *Geol. Carpath.*, 46, 4, 197–204.
- Zimmerle, W., 1984: The geotectonic significance of detrital brown spinel in sediments. *Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg*, 56, 337–360.

Detritic Cr-spinels in Mesozoic sedimentary rocks of the Western Carpathians (overview of the latest knowledge)

More than 600 grains of detrital chromium spinels from Mesozoic sediments of various Western Carpathian units were analysed. The samples came from 12 sites of Lower and Middle Cretaceous of Taticum (Bystríčka, Čutkov potok, Podsuchá), Faticum (Lietavská Lúčka, Oravice, Homôľka, Boboty), Hronicum (Mojtín), Klapa Unit (Plevník, Orlové), including two pebbles of Urgonian Limestones from exotic conglomerates (Taticum – Čavoj and Klapa Unit – Nosice). For comparison, some analyses of chromium spinels coming from three localities of Lunz Formation of Hronicum (Podtureň, Dobrá Voda, Liptovská Osada), as well as Liassic crinoidal limestones of Klapa Klippe and Rhaetian Fatra Formation of Krížna nappe (Mala Swinica) were carried out.

Percentual evaluation of heavy mineral assemblages

Heavy mineral analysis of Lower to Middle Cretaceous sediments revealed two or three principal assemblages: 1. zircon–Cr-spinel assemblage (\pm rutile, apatite, tourmaline), 2. Cr-spinel (\pm zircon, rutile) and 3. Cr-spinel–zircon (\pm rutile, apatite and tourmaline).

The zircon–Cr-spinel assemblage is represented by localities Podsuchá, Čutkov potok, Bystríčka and Homôľka (Tab. 1). The samples represent turbiditic sandstones of Poruba Formation (Albian–Cenomanian) of Taticum and Faticum (Zliechov Development). The paleotransport directions from W (WSW) to E (ENE) in Poruba Formation of Strážovské vrchy Mts. (Jablonský, 1978) that are consistent with changes of turbidite facies

from proximal do distal, would indicate a source area located externally from the Central Western Carpathians.

The Cr-spinel assemblage is represented by Oravice, Lietavská Lúčka and Mojtíń localities. The assemblage occurs in Lower Cretaceous clastics (Valanginian-Hauterivian) of the Central Western Carpathians. A high percentage of Cr-spinels, paleotransport directions (orientation of detrital grains) from SE to NW measured in Valanginian sandstones of Krížna nappe (Oravice) and abundance of Cr-spinels in Lower to Middle Cretaceous successions of Gerecse Mts. (Császár and Árgyelán, 1994) led to the opinion of Jablonský (1992) about the southern provenance of the ophiolitic detritus in Fatric and Hronic units.

The Cr-spinel-zircon assemblage was found only in Orlové Locality (Tab. 1) where these two minerals are in proportion 1 : 1. This indicates that this assemblage is between the both previous assemblages, perhaps closer to the zircon-Cr-spinel assemblage. In the underlying Albian flysch of this unit (Klapa Unit) Marschalko (1986) measured paleotransport directions from E and SE, higher (in more distal slices) turning to SW. Hence, the material was derived from inner zones of the Carpathian realm, most probably from classical Andrusov Ridge located south of Pieninic and nort of Tatic zone at that time.

The proportion of Cr-spinels appears to be a function of time. Higher percentages (up to 80 %) are in the Lower Cretaceous sequences (Valanginian, Hauterivian), whereas the 1st and 3rd assemblages occurred in Middle Cretaceous sediments. This may indicate a "dilution" of ophiolite detritus by progressing erosion and uncovering of deeper parts of the source areas.

Another important assemblage: Cr-spinel-garnet was recently found in Albian sediments of Czorsztyn Unit at six sites (Tab. 2): Vršatec, Horné Srnie Quarry, Lednica Castle Klippe, Jarabina Quarry and Kamenica Klippe. Through no chemical analyses have been made yet from the Cr-spinels of these localities, their presence (mostly over 50 %) in Czorsztyn Unit represents revolutionary fact that offers new view on the paleogeography of the Pieniny Klippen Belt and the Western Carpathians as a whole. At least, the simplified models placing the ophiolitic source exclusively to the south of the Central Western Carpathians and transporting the ophiolite detritus-bearing sediments only through the Krížna nappe seem to be erroneous in the light of the new data.

Besides analyses of Cretaceous sediments, some sites of Upper Triassic detritic sediments were studied too. However, the percentages of heavy minerals in these sediments are different. The only known Cr-spinel occurrence in Upper Triassic sediments of Taticum is Červený Úplaz in Tichá dolina valley in Western Tatra Mts. (Sýkora in Michalík et al., 1976). The spinels have been identified in thin-sections in fine- to coarse-grained laminated sandstones of Tomanová Formation (Rhaetian). The percentual evaluation of heavy mineral assemblage is in Tab. 3. Chemical analyses of spinels have not been done yet. Similarly as in Taticum, presence of Cr-spinels was ascertained also in Krížna nappe of the same mountains (Sýkora, 1986). They occur in calcareous sandstones to sandy limestones of Fatra Formation (Rhaetian). Heavy mineral assemblages from the localities Štefanský žlab, south of Plesnivec Cottage (Belianske Tatry Mts. – Havran Unit), Mała Swinica (Polish part of West Tatra Mts.) and Furkaška locality. Except the Mała Swinica locality, chemical analyses have not been done yet. In the Tatic and Fatric Rhaetian formations, zircon-rutile to rutile-zircon

assemblages are predominant. The Cr-spinel ratios reach up to 9–15.8 % (Tab. 3).

The oldest known Mesozoic stratigraphic horizon with Cr-spinels in Western Carpathians is Lunz Formation of Choč nappe (Hronicum). Its deposition took place in Julian to Tuvalian. Presence of the Cr-spinels was ascertained in Dobrá Voda Borehole (Broska in Michalík et al., 1992). Spinels were found also in Lunz Formation underlying the Neogene sediments of the Vienna Basin (Samuel et al., 1991). The formation consists of claystones, siltstones and sandstones (lithic to feldspatic greywackes (Michalík et al., 1992) to subarcoses and arcoses (Marschalko and Pulec, 1967). Heavy minerals from sandstones of Dobrá Voda Borehole (DV-1), Šípkov, Mitice, Liptovská Osada, Nemecká, road above Huty, Podtureň and Liptovský Hrádok localities were analysed. From Dobrá Voda, Liptovská Osada and Podtureň, chemism of Cr-spinels has been measured (30 grains). All the examined samples were dominated by zircon (zircon province). The Cr-spinel percentages ranged from 2.8 to 35.7 % (Tab. 3).

Chemical evaluation of spinels

For evaluation of chemical analyses, spinel classification diagram of Stevens (1944) was used. The data showed that apart from three exceptions, all the measured grains were concentrated in the fields IV and V corresponding to chrome spinels to alumochromites (see Tab. 5). It is noteworthy that the distribution between the fields IV and V was different for the spinels coming from the sandstones and from the exotic carbonate pebbles (Figs. 3–7).

Contour diagrams show that the proportions of trivalent cations are similar in all the examined samples. They differ mostly in their distribution from linear distribution, e. g. Nosice – I u, Lunz Formation samples (Fig. 2a, 2e) to more isometric one, e. g. Čutkov Potok (Fig. 2d) and Boboty (Fig. 2c). The common feature of all samples of Poruba Formation is relatively regular planar distribution of points forming a markedly vertically elongated field (wider variability of Al and Cr). The field of Bystríčka (Fig. 2d), however, is shifted closer to Cr axis ($\text{Cr}^{\#}$ in the range of 0.87–0.46), whereas Homôlka sample (Fig. 2c) was richer in Al ($\text{Cr}^{\#}$ in the range of 0.76–0.38). The analyses from Lower Cretaceous turbidites from Mojtíń (Fig. 2b), Lietavská Lúčka and Oravice (both Fig. 2c) are more concentrated around certain centers, i. e. Al contents is less variable. Lietavská Lúčka sample is richer in Mg and poorer in Fe^{2+} . The sample from Orlové (Cenomanian of Klapa Unit – Fig. 2a) has transitional position between Poruba Formation samples and Lower Cretaceous turbidites in all observed aspects (more regular distribution, moderately expressed maximum, relatively high variability of Cr). In this sample, three grains have $\text{Cr}^{\#}$ less than 0.4 which indicates their source from Iherzolites.

Common feature of all localities is negative dependence between $\text{Mg}^{\#}$ and $\text{Cr}^{\#}$. This typical dependence is also evident in the results from the Eastern Alps and Gerecse Mts. (Pober and Faupl, 1988; Árgyelán, 1996). However, if compared with the Alpine localities, our samples show a relative shift in the diagrams because of lesser amount of Fe^{2+} . Nevertheless, the ranges of values and trends of their changes are similar to the published data.

Comparison of our contour diagrams and the ophiolite types according to Dick and Bullen (1984) displayed that most of the studied samples falls into the field of type II ophiolites (Fig. 1b). They are transitional types between the

type I representing mid-oceanic ridge environments and type III related to early stages of volcanic arc evolution (Dick and Bullen, l. c.). Geotectonic importance of detritic spinels was already emphasized by Zimmerle (1984). Considerable amount of Cr-spinels can point to specific tectonic environment, to beginning of tectonic processes or to progressing denudation of former oceanic basins.

Hypothetic source areas

Geological and sedimentological data from the Alps and Western Carpathians led to the opinion about two sources of detritic spinels: an external source (Penninic), providing detritic material to Lower Austroalpine domains and the internal one Vardar Suture (according to Austrian authors) or Meliaticum

(according to Slovak authors) which was tectonized already in latest Jurassic (Hók et al., 1995).

On the basis of chemical analyses we suppose that the source rocks of Cr-spinels were type II ophiolites (Dick and Bullen, 1984) which should reflect individual stages of evolution of an oceanic basin from opening to mature stages of spreading. The results presented herein are still preliminary and require further interpretation and comparison with the neighbouring areas. The chemical composition of Cr-spinels displays low variability and large overlaps between the individual fields. Similar results were presented from the eastern Alps (Pöber and Faupl, 1988). The variability in Cr-spinel chemical compositions from various units of Western Carpathians do not display so different trends that would allow to distinguish the same provenances which were estimated on the basis of geological criteria.