

Радіоактивіта тяжкої фракції recentнých розсыпів во flyši východného Slovenska

IVAN KRIZÁNI* — ANNA KOVÁŘOVÁ**

* Geologický prieskum, pracovisko, 093 01 Vranov nad Topľou

** Geologický prieskum, ATNS, Jesenského 8, 040 51 Košice

(7 obr. v texte)

Doručené 3. 3. 1982

Радиоактивность в минералах тяжелой фракции в шлихах восточной части Западных Карпат

В северной части Восточнословацкого края из речной сети было отобрано и обработано всего 13 124 шлихов. Общая гаммаактивность проверялась на 12 480 шлихах. При объеме 0,5 гр. до 225,0 гр. и постоянном времени $t = 10$ минут ошибка измерений колебалась в пределах 5—20 ‰. Самый большой переменный диапазон 0 до $333 \cdot 10^{-3}$ гр. U экв., имела группа тяжелых минералов в шлихах участка внутрокарпатского пояса. Группа внешнего пояса магурской и дукельской единицы имеет переменный диапазон 0 до $183 \cdot 10^{-3}$ гр. U экв. Группа шлихов утесового пояса имеет 0 до $114 \cdot 10^{-3}$ гр. U экв. Участки шлихов над $100 \cdot 10^{-3}$ гр. U экв. концентрируются главным образом в районах внутрикарпатского пояса менее там где распространены осадки дукельской единицы. Аномальность радиоактивности шлихов характеризуется четким повышением содержания циркона и рутила. Вектор повышения коэффициента элонгации цирконов направлен от внутреннего к внешнему поясу Восточнословацкого участка западокарпатского флиша.

Radioactivity of the heavy fraction in recent placers of the East Slovakian flysch area

Measuring of the total gamma activity of 12,480 panning samples taken from the sediments of the recent water system revealed maximal variation span for the sample set representing the Central Carpathian area (0 — $333 \cdot 10^{-3}$ gU_{eq}). Samples from the external zone of the Magura flysch belt and from the Dukla unit yielded variation span of 0 to $183 \cdot 10^{-3}$ gU_{eq}. The variation decreases in the sample set of the Pieňiny Klippen Belt and of internal units of the Magura flysch belt (0 — $114 \cdot 10^{-3}$ gU_{eq}). Anomalously radioactive panning samples contain conspicuously higher amounts of zircon and rutile. Elongation coefficient of zircons increases from the inner to the outer zones in the West Carpathian flysch.

Meranie úhrnnej gammaaktivity šlichov sme zaradili do komplexu analytických metód používaných pri regionálnej mineralogickej prospekcii vo východoslovenskom úseku západokarpatského flyšu. Šlichy ako koncentráty ťažkých minerálov z aktívnych sedimentov recentnej hydrosiete, získané prepieraním ich piesčito-illovej frakcie, sú vhodným médiom na indikáciu polí výskytu rádioaktívnych minerálov bez nevyhnutnosti ich prácnej identifikácie. Táto metóda poskytla prvú objektívnu informáciu o existencii, usporiadaní a litofaciálno-štruktúrnej väzbe polí zvýšenej až anomálne vysokej rádioaktivity rozsypov v skúmanom regióne.

Metodika výskumu

Sedimenty recentnej hydrosiete sme ovzorkovali šlichovaním s rozstupom vzorkovacích bodov po 250 až 1000 m. Koncentráty ťažkých minerálov (šlichy) sa pripravovali v teréne prepieraním 10 až 20-kilogramových návažkov piesčito-illovej frakcie aktívneho sedimentu z dna riečísk.

Metodiku merania úhrnnej gamaaktivity prírodnín, vypracovanú pôvodne pre vzorky hornín s hmotnosťou 200 až 1200 g (Bartošek, 1961), prispôbili našim veľmi malým vzorkám v laboratórnom stredisku Geologického prieskumu Spišská Nová Ves.

Pri meraní sa nerozlišujú jednotlivé rádioaktívne prvky a nestanovujú sa ich koncentrácie. Na interpretačné účely je cennejšie poznať úhrnnú gamaaktivitu veľkého počtu vzoriek ako kvantitatívne analýzy malého počtu náhodne vybraných vzoriek. Signál úhrnnej aktivity dotujú jednotlivé rádioaktívne prvky gamapodiemi, ktorých veľkosť závisí na tvare gamaspektra príslušného prvku, na spektrálnej citlivosti detektora a na objeme skúmanej vzorky. Pri meraní sa porovnáva gamaaktivita prírodniny a štandardu. Štandardom je spravidla urán, ktorý je v rovnováhe so svojimi rozpadovými produktmi. Úhrnná gamaaktivita vzorky sa potom vyjadruje ekvivalentnou koncentráciou uránu (U_{ekv}), ktorá vyvoláva v detektore taký istý signál ako vzorka pri rovnakých podmienkach merania.

Adaptácia metódy a podmienky merania

Na účely merania úhrnnej gamaaktivity šlichov, ktorých hmotnosť je o 3 až 5 poriadkov

nižšia ako hmotnosť horninových vzoriek, sa metodika merania upravila takto: Presne odvážené šlichy umiestnené do plochých hliníkových nádob sa prikladali na detektor v olovenom tienení. Meranie impulzov emitovaných šlichom trvalo 10 minút. Meranie impulzov pozadia trvalo tiež 10 minút a zaraďovalo sa po každej piatej vzorke. Meranie sa robilo na laboratórnej stolnej aparatúre zostavej z detektora a meracej súpravy. Ako detektor sa použil scintilačný počítač gamaimpulzov SKG-LS M 20 45×50 mm na báze monokryštálu jodidu sodného aktivovaného táliom. Detektor so vzorkou bol umiestnený v olovenom puzdre s hrúbkou stien 50 mm. Na hodnotenie signálov z detektora sa použila laboratórna meracia súprava Tesla NZ-Q 714T. Spodná diskriminačná hladina bola zvyčajne nastavená na 50 keV. Ako porovnávaci štandard sa použil 0,1 % U v rovnováhe s jeho rozpadovými produktmi.

Výsledky výskumu

Zo súboru 13 124 šlichov sme úhrnnú gamaaktivitu zmerali v 12 480 šlichoch. Podstatná časť šlichov s hmotnosťou väčšou ako 4,86 g pochádza z oblastí budovaných predterciárnymi magmatitmi, metamorfismi a ich produktmi zvetrávania v priestore Vysokých Tatier. Ich menšia časť je z priestorov budovaných východoslovenskými neovulkanitmi a metamorfismi ostatných častí tatroveporika a gemerika. Z týchto rájónov pochádzajú aj všetky extrémne ťažké šlichy s hmotnosťou nad 100 g. Polia sústredeného výskytu šlichov s veľmi nízkou hmotnosťou (pod 0,18 g) koincidujú s územiami budovanými prevažne karbonátovými a ilovcovými litofáciami. Hmotnosť šlichov je teda premenná veličina, ktorá poskytuje orientačnú informáciu o obsahu ťažkých minerálov nielen v skúmanom rozsype, ale aj o obsahu ťažkých akcesórií v zdrojových horninách. Rozdelenie hmotností šlichov je na obr. 1.

Pri rozptyle hmotnosti meraných šlichov od 0,2 g do desiatok g a rozptyle nameraných hodnôt úhrnnej gamaaktivity od nuly do $333 \cdot 10^{-3}$ g U_{ekv} sa dosahovala

vyhovujúca úroveň reprodukovateľnosti. Chyba merania pri vzorkách v rozpätí hmotnosti 0,5 až 2 g kolísala od 5 % do 20 %. Pri vzorkách s hmotnosťou väčšou ako 2 g a s vyššou úrovňou gamaaktivity bola chyba merania menšia ako 10 %. Naproti tomu vzorky s veľmi malou hmotnosťou (pod 0,2 g) pri konštantnom 10-minútovom čase merania vykazovali chybu nad 20 %, a preto sme ich z merania gamaaktivity vylúčili.

Fluktuácia nameraných hodnôt úhrnnej gamaaktivity v reprezentatívnom súbore 1478 náhodne vybraných šlichov (obr. 2) odráža zreteľnú heterogénnosť súboru nameraných hodnôt úhrnnej gamaaktivity šlichov. Sú v ňom zastúpené 2 až 3 podsúbory s rozdielnym variačným rozpätím a s rozdielnou úrovňou hodnôt pozadia. Analýzou podsúborov, ktoré sme vyčlenili podľa príslušnosti šlichov do troch hlavných štruktúrno-faciálnych rájónov skúmaného územia, sme zistili podstatné rozdiely medzi nimi tak v úrovni hodnôt pozadia, ako aj vo variačnom rozpätí.

Stredné hodnoty najfrekvencovanejších

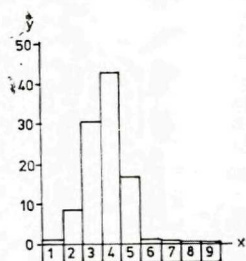
tried určujúce hladinu pozadia úhrnnej gamaaktivity šlichov pre hlavné štruktúrnofaciálne rájóny skúmaného regiónu sú takéto:

— Vnútrokarpatský rájón, reprezentovaný 21,7 % šlichov skúmaného súboru, má hladinu pozadia $30 \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{ekv}$.

— Rájón bradlového pásma a pribradlovej (vnútornej) zóny magurskej jednotky vonkajšieho flyšu, reprezentovaný 32 % šlichov skúmaného súboru, má hladinu pozadia $15 \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{ekv}$.

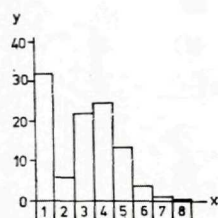
— Rájón vonkajšej zóny magurskej jednotky a duklianskej jednotky, reprezentovaný 41,4 % šlichov skúmaného súboru, má hladinu pozadia úhrnnej gamaaktivity len $4 \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{ekv}$.

Najväčšie variačné rozpätie (0 až $333 \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{ekv}$) má podsúbor reprezentujúci vnútrokarpatský rájón. Podsúbor vonkajšieho pásma magurskej jednotky a duklianskej jednotky má variačnú šírku 0 až $183 \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{ekv}$. Najužšie rozpätie, iba 0 až $114 \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{ekv}$, vykazuje podsúbor reprezentujúci bradlové pásmo a vnútornú zónu magurskej jednotky.



Obr. 1. Histogram rozdelenia hmotnosti šlichov. Triedy hmotnosti: 1 — 0,02 až 0,06 g; 2 — 0,06 až 0,18 g; 3 — 0,18 až 0,54 g; 4 — 0,54 až 1,62 g; 5 — 1,62 až 4,86 g; 6 — 4,86 až 14,58 g; 7 — 14,58 až 43,74 g; 8 — 43,74 až 131,22 g; 9 — nad 131,22 g

Fig. 1. Frequency distribution of panning sample weights. Classes: 1 — 0.02 to 0.06 g, 2 — 0.08 to 0.18 g, 3 — 0.18 to 0.54 g, 4 — 0.54 to 1.62 g, 5 — 1.62 to 4.86 g, 6 — 4.86 to 14.58 g, 7 — 14.58 to 43.74 g, 8 — 43.74 to 131.22 g, 9 — over 131.22 g



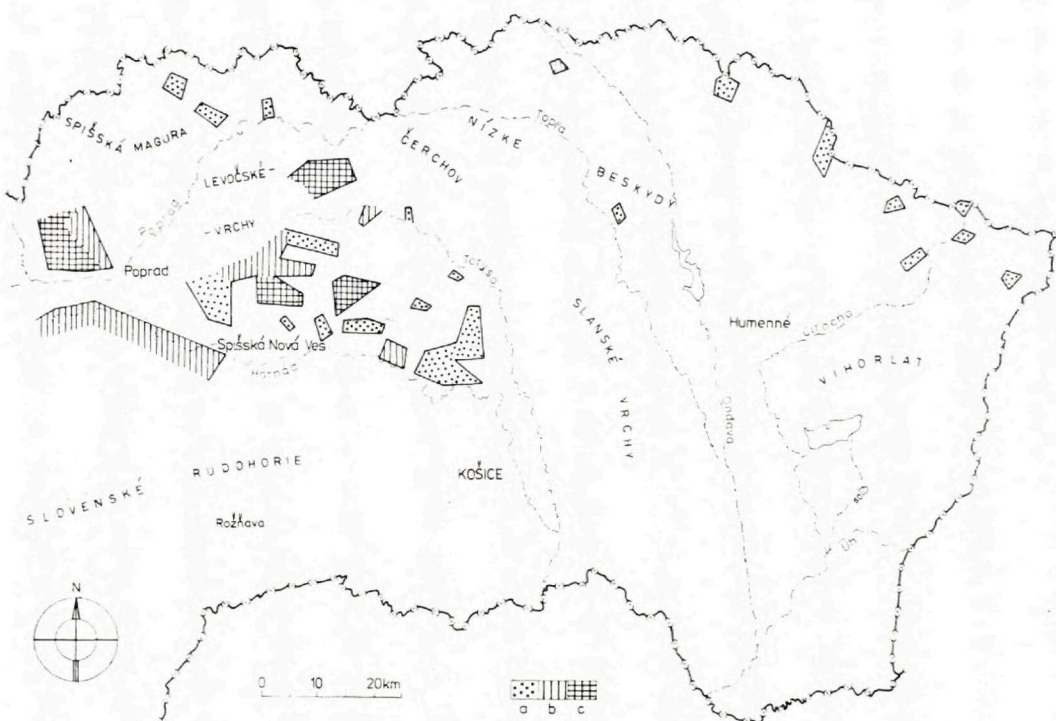
Obr. 2. Histogram rozdelenia nameraných hodnôt úhrnnej rádioaktivity šlichov. Limitné hodnoty tried v $n \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{ekv}$: 1 — $n = 0$ až 4, 2 — $n = 5$ až 9, 3 — $n = 10$ až 19, 4 — $n = 20$ až 39, 5 — $n = 40$ až 79, 6 — $n = 80$ až 159, 7 — $n = 160$ až 320

Fig. 2. Frequency distribution of the measured total gamma activity of panning samples. Classes in $n \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{eq}$: 1 — 0 to 4 n, 2 — 5 to 9 n, 3 — 10 to 19 n, 4 — 20 to 39 n, 5 — 40 to 79 n, 6 — 80 to 159 n, 7 — 160 to 320 n

Pri uvedených hodnotách pozadia a variačného rozpätia je prah anomálnych hodnôt v podsúbore vnútrokarpatského rajónu $70 \cdot 10^{-3} \text{ g U}_{\text{ekv}}$ a v podsúboroch bradlového pásma aj celého vonkajšieho flyšu $40 \cdot 10^{-3} \text{ g U}_{\text{ekv}}$.

Šlichy s vyššou úhrnnou gamaaktivitou, ako sú uvedené prahy anomálnych hodnôt, sa sústreďujú v podstate do dvoch pásem (obr. 3). Južné pásmo hojného výskytu anomálne rádioaktívnych šlichov koinciduje s územiaми budovanými marginálnymi litofáciami vnútrokarpatského paleogénu a predterciérnymi útvarmi tatroveporika aj gemerika. Toto pásmo je zo SV ohraňované bradlovým pásmom. Západné a južné ohraňovanie zrejme presahuje prí-

slušné hranice skúmaného územia. V tomto vnútrokarpatskom rajóne sa sústreďuje aj väčšina zistených polí výskytu šlichov s extrémne vysokými hodnotami nameranej rádioaktivity (nad $100 \cdot 10^{-3} \text{ g U}_{\text{ekv}}$). Druhé pásmo sústredeného výskytu anomálne rádioaktívnych šlichov pokrýva územie budované kriedovo-paleogénnym flyšom duklianskej jednotky. Jeho homogenosť je porušená približne 8 km širokým pruhom územia bez výskytu anomálne rádioaktívnych šlichov, ktorého osou je spojnica obcí Vyšná Jablonka — Papín. Centrum severozápadného segmentu tohto pásma je pri Medzilaborciach a juhovýchodného segmentu pri Starine. V severozápadnom segmente sú indikované dve



Obr. 3. Mapa polí sústredeného výskytu anomálne rádioaktívnych šlichov. a — 100 až $150 \cdot 10^{-3} \text{ g U}_{\text{ekv}}$; b — 150 až $250 \cdot 10^{-3} \text{ g U}_{\text{ekv}}$; c — nad $250 \cdot 10^{-3} \text{ g U}_{\text{ekv}}$
 Fig. 3. Map of concentrated occurrences of radioactive panning samples. Values in $\text{n} \cdot 10^{-3} \text{ g U}_{\text{eq}}$: a — 100 to 150 n, b — 150 to 250 n, c — over 250 n

polia sústredeného výskytu šlichov s extrémne anomálnou rádioaktivitou 100 až $150 \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{\text{ekv}}$: severozápadne od Medzilaboriec je takéto pole medzi obcami Prikra, Miroľa, Vladiča, Čertižné a juhovýchodne od Medzilaboriec v obdĺžniku širokom približne 3 km, ktorého severojužnou uhlopriečkou je spojnice obcí Palota — Výchova. V juhovýchodnom segmente sa vyskytuje päť plošne nevelkých polí sústredeného výskytu extrémne rádioaktívnych šlichov s hodnotami 115 až $130 \cdot 10^{-3} \text{ g } U_{\text{ekv}}$ a tri z nich, situované okolo spojnice obcí Jalová — Ruské, nápadne koincidujú so sigmoidálnou štruktúrou Snina — Ruské.

Centrálnu a plošne najrozsiahlejšiu oblasť skúmaného územia medzi obidvoma opísanými pásmami charakterizuje vcelku disperzný výskyt anomálne rádioaktívnych šlichov.

Nositeľmi rádioaktivity šlichov môžu byť v podstate všetky minerály obsahujúce urán, tórium a izotopy im prislúchajúcich radov rádioaktívnych premien (Polanski — Smulikowski, 1978). Spomedzi hlavných horninotvorných minerálov najviac uránu a tória obsahujú pyroxény (0,01 až 40 g/t U, 2 až 25 g/t Th), amfiboly (1 až 30 g/t U a 5 až 50 g/t Th), biotit (1 až 40 g/t U a 0,5 až 50 g/t Th). Tieto minerály sú však v zóne hypergenézy nestabilné, a preto môžu tvoriť významnú súčasť asociácie šlichov len z rozsypov na materských horninách a v ich blízkom okolí.

Oveľa vyššie koncentrácie uránu a tória sú v akcesorických mineráloch magmatických hornín, najmä v monazite, allanite, xenotime a zirkóne (30 až 35 000 g/t U a 100 až 75 000 g/t Th). Tieto minerály patria medzi veľmi odolné proti chemickému zvetrávaniu i mechanickej dezintegrácii, a preto sa v rozsypoch môžu hromadiť. Produkty premeny vlastných minerálov uránu a tória (hydroxidy, uhličitany,

sírany, fosfáty, arzeničnany, vanadičnany a hydrokremičitany) sú málo až veľmi málo odolné proti mechanickej dezintegrácii pri transporte vo vodnom prostredí, a preto môžu byť prítomné len v rozsypoch na tesnom okolí východov primárnych ložísk uránu.

V našom prípade, keď temer celé skúmané územie budujú morské, prevažne flyšové sedimenty, môžu byť nositeľmi rádioaktivity šlichov z recentných rozsypov prakticky len rezistentné minerály, najmä zirkón, monazit, xenotim, príp. aj zrná kremeňa, živcov, rutilu, ilmenitu a možno aj iných rezistentných horninotvorných minerálov s mikrovýrastlicami minerálov uránu a tória. Spomedzi autigénnych minerálov prichádzajú do úvahy uranofosfáty a uranovanadáty, ktorých prítomnosť v tmavých bitúmenových pelitických sedimentoch menilitových vrstiev duklianskej jednotky uvádza J. Slávik (1968) východne od Medzilaboriec.

Podsúbor anomálne rádioaktívnych šlichov sa od reprezentatívneho súboru šlichov celého regiónu odlišuje väčšou frekvenciou najvyšších tried hojnosti granátov, zirkónu, rutilu, ale aj nižším obsahom a absolútnou časťou výskytu limonitu, pyritu, chloritu, pyroxénov a magnetitu (obr. 4).

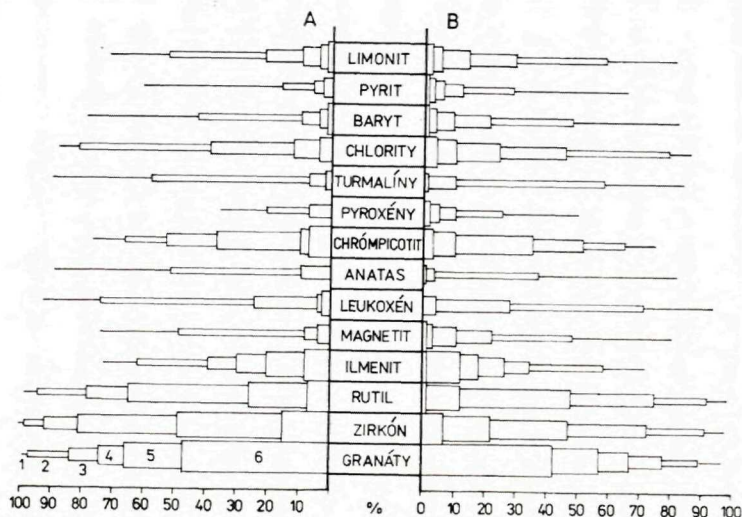
Keď vezmeme do ohľadu (v pomere k zirkónu) malé zastúpenie monazitu (do 500 zŕn v 60 % šlichov celého súboru a len v 36 % reprezentatívnej vzorky anomálne rádioaktívnych šlichov), nepatrné zastúpenie apatitu (v obidvoch reprezentatívnych vzorkách jeho hojnosť neprevyšuje 500 zŕn a sumárna časť výskytu 7 %), zanedbateľnú prítomnosť xenotimu (do 10 zŕn v 1,4 % reprezentovanej vzorky anomálne rádioaktívnych šlichov a úplnú absenciu allanitu v celom analyzovanom súbore šlichov), potom ako hlavný nositeľ rádioaktivity šlichov vystupuje zirkón.

Zirkóny sú v šlichoch morfológicky aj

farebne pestré. Sú krátkostípčekovité a dlhoprizmatické, bipyramidálne zakončené hexagonálnym prierezom, idiomorfné, úlomkovité, hranaté až dokonale zaoblené, vretenovité aj oválne (obr. 5). Zriedkavo sa vyskytli aj dvojčatá zrastené plochami prizmy paralelne s osou *c*. Ojedinele boli prítomné aj sploštené kryštáliky odlišujúce sa od ostatných aj zafarbením. Najhojnejšie sú zastúpené slaboružové, číre a mierne zakalené zirkóny. Hnedasté, žltkavé a červené variety blízke malakónu a hyacinthu sú zriedkavé. Väčšina jedincov je priehľadná, má sklený lesk a nerovný lom. Často obsahujú uzavreniny tmavých rudných minerálov.

Vektor trendu narastania sumárnej čas-

tosti vyšších tried koeficientov elongácie zirkónov ($K_e = 4, 5, 6$) smeruje od vnútorných rájónov k vonkajším rájónom východoslovenského úseku flyšových Karpát (obr. 6). Fónová hodnota koeficienta elongácie $K_e = 2$ charakterizuje odberné série reprezentujúce vnútrokarpatský rájón, bradlové pásmo a magurský flyš, kým sériu SU, reprezentujúcu dukliansku jednotku a priľahlú časť magurskej jednotky, charakterizuje fónová hodnota $K_e = 3$. V súlade so závermi O. I. Matkovského (1979) možno konštatovať, že v smere od vnútorných štruktúrnych jednotiek Karpát k vonkajším klesá podiel zirkónov vzniknutých v metamorfovaných horninách (K_e pod 2) a na ich úkor narastá podiel



Obr. 4. Kumulatívno-frekvenčné histogramy tried hojnosti skupiny hlavných minerálov šlichov. A — reprezentatívna vzorka 74 anomálne rádioaktívnych šlichov, B — reprezentatívna vzorka 982 šlichov z celého skúmaného súboru. Šírky stĺpcov vyjadrujú triedy hojnosti 1 až 6 dĺžky ich percentuálnu frekvenciu v podsúbore príslušnej reprezentatívnej vzorky: 1 — do 10 zŕn, 2 — od 10 do 100 zŕn, 3 — od 100 do 500 zŕn, 4 — od 500 zŕn do 20 % objemu šlicu, 5 — od 20 % do 50 % objemu šlicu, 6 — nad 50 % objemu šlicu

Fig. 4. Cumulative frequency distribution of main mineral groups in panning samples. A — representative population of 74 anomalously radioactive samples, B — representative population of 982 samples from the whole set investigated. Column breadth expresses the frequency class (1 to 6), the length indicates the mineral content in per cents in the partial representative population. 1 — up to 10 grains, 2 — 10 to 100 grains, 3 — 100 to 500 grains, 4 — 500 grains to 20 volume per cent, 5 — 20 to 50 volume per cent, 6 — over 50 volume per cents of the panning sample

zirkónov vzniknutých v magmatických intrúziách (K_e nad 2). Toto konštatovanie nevylučuje ani niekoľkonásobnú redepozíciu zirkónov z recentných rozsypov vo flyši, ktorá vyplýva z výsledkov sedimentologických paleoprúdových a mineralogických výskumov flyšu duklianskej jednotky (Ďurkovič, 1965, Koráb — Ďurkovič, 1966, Ďurkovič, 1968, Koráb — Ďurkovič, 1973).

Porovnaním kumulatívno-frekvenčných histogramov (obr. 7) zisťujeme, že predpaleogénne komplexy (01, 02) a neovulkanity (03) majú záporné korelačné vzťahy medzi rutilom a zirkónom. Vo vnútrokarpatských komplexoch (04, 05, 06), ba

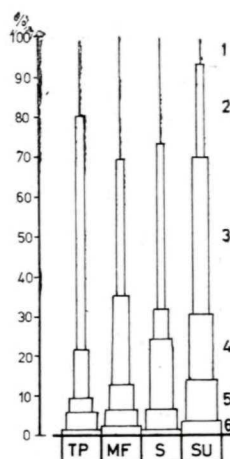
aj v bradlovom pásme (07) sa tieto dva minerály vyznačujú vysokopozitívnou koreláciou. Naproti tomu komplexy vonkajšieho flyšu charakterizuje zreteľná korelačná asymetria. V súbore (09) majú všetky triedy obsahu rutilu a zirkónu temer zhodnú frekvenciu výskytu. Naproti tomu pribradlový krynický komplex (08) je zreteľne ochudobnený o rutil a súbor duklianskej jednotky (10) zase o zirkón.

Na pozadí pomerne veľkej plošnej rozlohy polí výskytu anomálne rádioaktívnych šlichov vo vysokotatranskom, a najmä rudohorsko-čiernohorskom rajóne (cf. obr. 3) je frekvencia anomálne vysokého obsahu zirkónu v šlichoch príslušných



Obr. 5. Habitus zirkónov zo série TP (zväčš.). Foto R. Ďuďa

Fig. 5. Zircon habits from the Central Carpathian area (magnified). Photo by R. Ďuďa



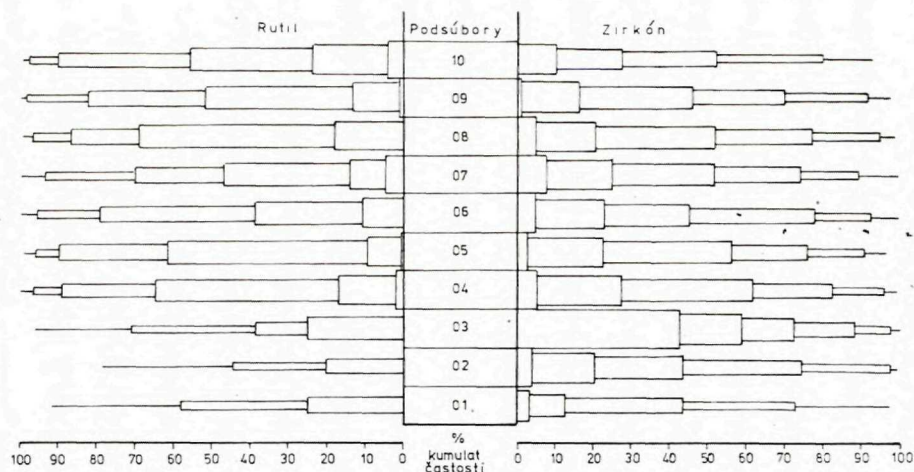
Obr. 6. Kumulatívno-frekvenčné histogramy koeficientov elongácie zirkónov (orig. zostavený z výsledkov merania Ďuďa, 1979). TP — vnútrokarpatský rajón, MF, S — magurský rajón, SU — duklianský rajón. Odstupňované šírky stĺpcov predstavujú zaokrúhlené nominálne hodnoty koeficientov elongácie a výšky stĺpcov zase im príslušajúcu frekvenciu v meranom súbore

Fig. 6. Cumulative frequency distribution of elongation coefficients of zircons (completed from measurements by Ďuďa, 1979). TP — Central Carpathian area, MF, S — Magura flysch, SU — Dukla flysch. Column breadth expresses classes (value) of the elongation coefficient, the length indicate frequency in per cent

podsuborov neúmeraná. Príčina tohto javu spočíva zrejme v tom, že okrem zirkónu sú v šlichoch týchto dvoch podsuborov zaiste prítomné aj zatiaľ neidentifikované vlastné minerály uránu a tória, ktorých

ložiskové akumulácie sú už v severogemerickom uránonosnom perme dokázané (Rojkovič — Novotný, 1981).

Markantný nesúlad medzi mimoriadne vysokým obsahom zirkónu v šlichoch neo-



Obr. 7. Kumulatívno-frekvenčné histogramy tried hojnosti rutilu a zirkónu v podsuboroch šlichov z 10 štruktúrno-faciálnych komplexov. Podsúbory šlichov: 01 — vysokotatranský, zastúpený 48 šlichmi z priestoru vysokotatranského kryštalinika a glaciofluvialu, 02 — spišsko-gemersko-čiernohorský, zastúpený 83 šlichmi zo severného okraja Spišsko-gemerského rudohoria, Braniska a Čiernej hory, 03 — neovulkanický, zastúpený 80 šlichmi z priestoru severných výbežkov neovulkanitov Slanských vrchov a výnosových kužeľov ich zvetranín, 04 — spišský, zastúpený 119 šlichmi z priestoru Spišskej kotliny, juhozápadnej časti Spišskej magury a Levočských vrchov, 05 — šarišský, zastúpený 75 šlichmi z priestoru vnútrokarpatského paleogénu Šarišskej vrchoviny, 06 — šambronský, zastúpený 67 šlichmi zo zvrásnenej šambronsko-kamenickej zóny vnútrokarpatského paleogénu, 07 — pieninský, zastúpený 64 šlichmi z pieninského bradlového pásma, 08 — krynický, zastúpený 152 šlichmi z príbradlovej zóny magurského príkrovu (kryníckej a bystrickej subjednotky), 09 — račiansky, zastúpený 163 šlichmi z račianskej subjednotky magurského príkrovu, 10 — duklianský, zastúpený 131 šlichmi z priestoru duklianskej jednotky. Spôsob zobrazenia tried hojnosti a častosti ich výskytu je zhodný s obr. 4

Fig. 7. Cumulative distribution of rutile and zircon frequency classes in partial sample populations of ten structural-facial complexes. 01 — the High Tatra Mts. (48 samples from crystalline and glaciofluvial terraine), 02 — the Spišsko-gemerské rudohorie, Čierna hora and Branisko Mts. (83 samples), 03 — neovolcanite areas (80 samples from the northern slopes of the Slanské vrchy Mts. and from dejection cones of volcanite weathering products), 04 — the Spiš area (119 samples from flysch lithologies of the Spišská kotlina basin, SW part of the Spišská Magura and Levočské vrchy Mts.), 05 — the Šariš area (75 sample from Central Carpathian Paleogene beds of the Šarišská vrchovina highland), 06 — the Šambron area (67 samples from the folded Šambron — Kamenica zone of the Central Carpathian Paleogene), 07 — the Pieniny area (64 samples from the Pieniny Klippen Belt), 08 — the Krynica area (1952 samples from the innermost, Klippen-near belt of the Magura flysch; the Krynica and Bystrica partial units), 09 — the Rača area (163 samples from the Rača partial unit of the Magura nappe), 10 — the Dukla area (131 samples from the Dukla flysch unit). Mode of presentation as in fig. 4

vulkanického podsúboru a absenciou anomálne rádioaktívnych šlichov v priestore neovulkanitov možno vysvetliť pravdepodobným deficitom uránu a tória v zirkónoch tejto proveniencie. Naproti tomu nepatrné rozdiely vo frekvencii dvoch najvyšších tried hojnosti zirkónu v šlichoch podsúborov reprezentujúcich územia budované flyšom nekorešpondujú s frekvenciou výskytu polí anomálnej rádioaktivity vo flyši. Tento rozpor si nepochybne zasluhuje detailné mineralogické, rádiometrické, ba aj ekologické výskumy indikovaných polí anomálnej rádioaktivity. Kvalitatívne nové poznatky, ktoré možno výskumom načrtnutých problémov získať, budú nepochybne využiteľné nielen pri rozvíjaní metalogenetických a paleogeografických predstáv, ale aj pri riešení akútnych problémov geohygieny súvisiacich s expanziou osídlenia a exploataciou prírodných zdrojov.

LITERATÚRA

- Bartošek, J. 1961: Výskum měření radioaktivity slabě aktivních hornin. *Manuskript — ÚUG Brno*.
- Đuđa, R. 1979: Čiastková správa o výskume ťažkých minerálov šlichov z úlohy Vysoké Tatry — Prešov. *Manuskript — Geoprieskum, oblasť Košice*, 30 s.
- Đurkovič, T. 1965: Clastic Sediments of the Dukla Folds (Flysch of Eastern Slovakia). *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 36, s. 219—234.
- Koráb, T. — Đurkovič, T. 1973: Sedimentológia a paleogeografia podmenilitových vrstiev duklianskej jednotky. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 60, s. 85—119.
- Matkovskij, O. I. 1979: Značenie akcesorných mineralov dľa vyjasnenia prírody i klasifikácii magmatičeských i metamorfičeských porod. Akcesorické minerály. *Folia (Brno) (v tlači)*.
- Rojkovič, I. — Novotný, L. 1931: Geologická stavba a uránové zrudnenie pri Novoveskej Hute. In: *Zbor. ref. IV. slovenskej geologickej konferencie*. Zv. 2. Bratislava, Dom techniky CSVTS, s. 228—240.
- Slávik, J. 1963: Metalogenetische Verhältnisse und Rohstoffe des Ostslowakischen Tertiärs. *Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava)*, 19, S. 45—68.

Radioactivity of the heavy fraction in recent placers of the East Slovakian flysch area

IVAN KRIŽANI — ANNA KOVÁŘOVÁ

Panning prospection was used to characterize the heavy mineral fraction of sediments in the recent water system of the northern part of the East Slovakian region. Altogether 13,123 panning samples were prepared from sandy to argillaceous fraction of sediments. The sample of the original sediment weighed 10 to 20 kg and the sample interval was between 250 and 1,000 metres.

The measuring of the total gamma activity of natural materials was elaborated originally (Bartoušek, 1961) for rock samples weighing 200 to 1,200 g. This methodics was adopted for samples 3 to 5-time lighter in the Laboratory of Identification Methodics of the Geological Survey Enterprise in Spišská Nová Ves.

For the measuring, a table laboratory apparatus has been employed. A SKG-LS M 20 (45×50 mm) scintillation counter of gamma impulses was applied as detector using a sodium iodide monocrystal activated by thallium. The detector was placed into a lead container with 50 mm thick walls. A TESLA NZ-Q 714 T laboratory measuring set was used for the signal counting from the detector. The lower discrimination limit was usually adjusted to 50 keV. An 0.1 % uranium in equilibrium with its decay products was utilized as comparison standard. Precision weighed panning samples poured into flat aluminium container were put in the detector placed in the lead container. The measuring

of impulses emitted by samples continued 10 minutes whereas the measuring of the background lasted the same time and was applied after each fifth sample. The intensity of gamma radiation was evaluated in $n \cdot 10^{-3}$ equivalent grams of uranium (gU_{eq}). The measuring error for samples weighing 0.5 to 2 g was 5 to 20 per cent.

Alltogether 12,480 samples were measured. The frequency distribution of sample weights is in fig. 1. Panning samples weighing over 4.86 g come mostly from stream sediments draining Pre-Cenozoic magmatite and metamorphic terranes and less neovolcanic areas. The fields with concentrated occurrences of panning samples lighter than 0.18 g coincide mostly with carbonate and claystone lithofacies.

The fluctuation of the total gamma activity in a representative population of 1,478 random samples is in fig. 2. The distribution shows clear heterogeneity. The Central Carpathian area is represented by 21.7 per cent of samples in the population. The variation span of the total gamma activity of these samples is $0-333 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$, whereas the background value is $30 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$ and the anomaly threshold value is $70 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$.

The Pieniny Klippen Belt and innermost subunits of the Magura flysch belt is represented by 32 per cent in the representative sample population. The total gamma activity of panning samples fluctuates between 0 and $114 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$ with a background value of $15 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$ and anomaly threshold value of $40 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$.

The outer subunit of the Magura flysch belt together with the Dukla flysch unit is represented by 41.4 per cent in the sample population. Their characteristic variation span is $0-183 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$, the background concentration is only $4 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$ and the anomaly threshold value is $40 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$. The areas of concentrated occurrences with panning samples revealing over $100 \cdot 10^{-3} gU_{eq}$ intensity of total gamma activity are in fig. 3. These areas occur mostly in the Central Carpathian area and less in the Dukla unit.

The sample set giving anomalously high values of the total gamma activity is in fig. 4. The frequency distribution of main mineral groups proves that garnet, zircon and rutile are relatively more frequent in these samples. Hence, these minerals may be also

the main carriers of the gamma activity in the panning samples. The distribution of elongation coefficients of zircons (K_e) coming from the main structural-facial units of the area is in fig. 6, whereas the habit of zircons is given in fig. 5. Because the K_e values increase toward the more external units, this points to the decrease of zircons derived from metamorphites (K_e below 2) and to the increase of zircon content derived from magmatic intrusive rocks (K_e over 2) in more external units of the Carpathian flysch, in accordance with O. I. Matkovskiy (1979). The correlation between the amount of zircon and rutile in panning samples grouped into the ten structural-facial units is in fig. 7. Pre-Paleogene units (01 and 02) or neovolcanic areas (03) are characterized by negative values of the correlation coefficient. Units of the Central Carpathian Paleogene (04, 05 and 06) but also the Pieniny Klippen Belt (07) reveal high positive correlation between the content of zircon and rutile. In the Rača (outer) subunit of the Magura flysch belt are all classes of rutile and zircon present with equal frequency (09). To the contrary, the innermost subunit of the Magura flysch (08) is clearly depleted in rutile and the Dukla flysch (10) in zircon.

There is a clear discrepancy between the frequent occurrence of anomalously high zircon or rutile contents and the areas where concentrated occurrences of panning samples giving anomalously high total gamma activities are present. This may be caused also by the presence of uranium or thorium minerals proper not yet identified in panning samples by mineralogical procedures. Radioactive minerals create economic concentrations in uraniumiferous Permian rocks of the northern part of the Gemeric unit (Rojkovič — Novotný, 1981). Similarly, also authigenic uranium minerals not yet identified may be contained in panning samples taken over the Dukla flysch unit. Such minerals are mentioned by J. Slávik (1968) from dark bituminous pelite within the menilite beds. The clear discrepancy between the extremely high zircon content in panning samples of stream sediments over neovolcanites and their low radioactivity signalizes the probable deficiency of uranium and thorium in zircons of this provenience.

Preložil I. Vargá