

UDK 553.495:551.736(497.12) = 861

Raspodela U, Th i K u alevrolitima, psamitima i psefitima Žirovskog vrha

Distribution of U, Th, and K in siltstone, psammitic
and psephitic rocks of Žirovski vrh

Veljko Omaljev

Geoinstitut, 11000 Beograd, Rovinjska 12

Kratak izvod

Ova statistička izučavanja raspodele urana, torijuma i kalijuma u granulometrijskim frakcijama gredenskih slojeva Žirovskog vrha predstavljaju dalju razradu originalne metodologije autora. Raspodela singenetskih parcijalnih populacija urana, torijuma i kalijuma zavisna je od granulometrijske separacije klastičnih sedimenata Žirovskog vrha. Crveni alevroliti su relativno obogaćeni u ovim elementima u odnosu na crvene psamite i psefite. Raspodela urana je logaritamaska, a kod crvenih alevrolita još i simetrična. U crvenim alevrolitima torijum je raspoređen desno-asimetrično, a u krupnijim granulacijama logaritamski. Slično je raspodeljen i kalijum. Uran je bitno drugačije raspoređen u sivim klastitima u odnosu na crvene, raspodela je uvek logaritamaska sa karakterističnim logaritamskim repom: što je posledica prisustva mobilnog (dijagenetskog) urana u vidu parcijalnih populacija relativno visokih koncentracija. Torijum i kalijum su raspodeljeni slično kao u crvenim tvorevinama, a njihove koncentracije opadaju od sitnijih ka krupnijim frakcijama sivih klastita.

Abstract

In order to determine the distribution of uranium, thorium and potassium in clastic rocks of different particle size from Žirovski vrh, a dual histogram method has been used. Each of the sedimentary environment is represented by one statistical sample. The uranium distribution within the gray clastic rocks is always logarithmic and follows the second law with well expressed left asymmetry. By the logarithmic tail in the right part of the histogram younger partial uranium populations are revealed. Distribution of uranium in red siltstone is normal and follows the first law; at the same time it is lognormal. In red psammite the uranium distribution resembles that from gray clastites. Likewise the distributions of thorium and potassium in gray and red siltstone, psammite and psephite are given.

Uvod

Uzorci za određivanje sadržaja urana, torijuma i kalijuma u crvenim i sivim klastitima gredenskih slojeva Žirovskog vrha uzimani su već pri prvim prospekcionim radovima. Uzorkovanje je imalo slučajan karakter, primerci su uzimani sa površine terena i iz istraţnih radova u periodu 1960—1966. godine. Najveći broj podataka je dobijen oprobavanjem bušotina. Uran, torijum i kalijum su određeni radiometrijski u laboratoriji Geoinstituta u Beogradu.

U ovom radu proučavamo raspodelu radioaktivnih elemenata u alevrolitima, psamitima i psefitima crvene subformacije, kao i odgovarajućih sivih tvorevina sive subformacije (ukupno 455 podataka). Parcijalna ispitivanja crvenih proslojaka u sivoj subformaciji su onemogućena zbog malog broja podataka (ukupno je 29 podataka).

Osnovne populacije urana, torijuma i kalijuma u svakoj izučavanoj sredini su predstavljene statističkim uzorcima. Raspodela u kolektivnom statističkom uzorku ovih subformacija gredenskih slojeva je ranije objavljena (V. Omaljev, 1979 c), a ovaj rad je nastavak pomenutih izučavanja.

Statistička ispitivanja raspodele urana, torijuma i kalijuma su izvedene paralelno u linearnim i logaritamskim statističkim razmerama. Napominjemo da pojam statističke razmere nema veze sa pojmom grafičke razmere u kojoj su nacrtani dvojni histogrami. Raspodele ovih elemenata su definisane matematički, u skladu sa ranije izloţenim teoremama i zakonima raspodele (V. Omaljev, 1978 b). Ova izučavanja su posebno izvedena za tvorevine crvene i posebno sive subformacije gredenskih slojeva Žirovskog vrha.

Crvena subformacija

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u tvorevinama crvene subformacije Žirovskog vrha reprezentovana je sa statističkim uzorkom od 146 podataka. Ovaj kolektivni statistički uzorak je sastavljen od parcijalnih uzoraka: crvenih alevrolita, crvenih psamita i crvenih psefita. Broj podataka i srednji sadržaj ispitivanih elemenata je sledeći (tabela 1).

Statistička ispitivanja raspodele elemenata u uzorku crvenih psefita su onemogućena apsolutno malim brojem podataka, te smo formirali novi statistički uzorak od psamita + psefita.

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u kolektivnom uzorku crvene subformacije je opisana ranije (V. Omaljev, 1979 c), te će se samo pojedini

Tabela 1. Broj podataka i srednji sadržaj urana, torijuma i kalijuma u tvorevinama crvene subformacije Žirovskog vrha

	N	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)
Crveni alevroliti	82	2,45	13,04	2,37
Crveni psamiti	57	1,98	8,63	1,27
Crveni psefiti	7	1,17	3,21	0,33
Crveni psamiti + psefiti	64	1,89	8,04	1,17
Crvena subformacija	146	2,21	10,85	1,84

karakteristični detalji pominjati kod analize parcijalnih uzoraka, koji su detaljno opisani. Dvojni histogram raspodele u kolektivnom statističkom uzorku dajemo na sl. 1 i 2.

Crveni alevroliti. Crveni klastični sedimenti najfinije granulacije, alevroliti, su reprezentovani sa statističkim uzorkom od 82 podatka, što čini 56,16% učešća u kolektivnom uzorku. Veličina ovog uzorka je svakako nedovoljna u smislu ranijih definicija (V. O m a l j e v, 1978 b). Međutim, reprezentativnost statističkog uzorka nije iskazana jedino brojem podataka, već i samim karakterom raspodele. Pravilnost statističke raspodele, koja je blizu idealne (sl. 1), pokazuje da veličina ovog uzorka uslovno zadovoljava. To je naročito potencirano učešćem u kolektivnom uzorku crvene subformacije, jer čini preko 1/2 ukupnog broja podataka.

Raspodela urana u crvenim alevrolitima je simetrična, bliska normalnoj, a ova simetričnost se prenosi i na raspodelu u tvorevinama crvene subformacije. Parametri statističke raspodele su: $M = 2,4 \approx \bar{x} = 2,45 < Mx = 2,6$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,8 do 5,0 ppm urana.

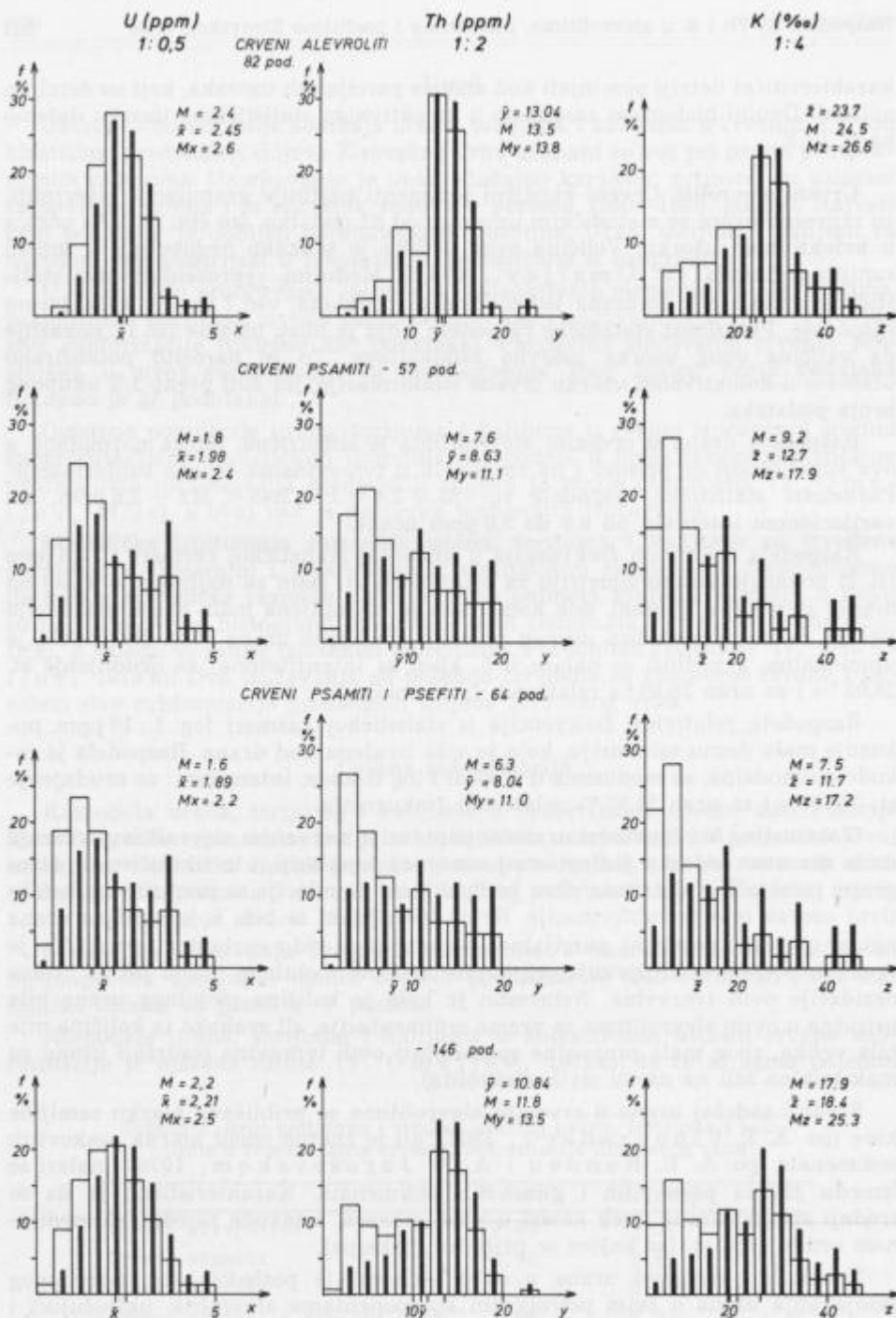
Raspodela relativnih frekvencija u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 0,5 ppm (sl. 1) pokazuje visoku simetriju za orudnjenje st. (sem za najbogatije klase na desnoj strani histograma), dok kod urana je zastupljena mala desna asimetrija (što je zakonita posledica desnog položaja medijane urana Mx). Raspodela je unimodalna, a modusi se nalaze u 5. klasi sa intenzitetima: za orudnjenje st. 28,05% i za uran 26,95% relativnih frekvencija.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm pokazuje malu desnu asimetriju, koja je više izražena kod urana. Raspodela je takođe unimodalna, sa modulusima u 4. klasi I log dekad, intenziteta: za orudnjenje st. 34,15% i za uran 31,92% relativnih frekvencija.

Maksimalna kompaktnost uranove populacije u crvenim alevrolitima ukazuje da se sav uran nalazi u jedinstvenoj osnovnoj populaciji, i to isključivo u petrogenim mineralima detritusa. Ova kompaktnost populacije se prenosi i na kolektivni uzorak crvene subformacije. Nema indicija da se bilo koja količina urana nalazi u nekoj posebnoj parcijalnoj populaciji u vidu mobilnog urana. To je svakako posledica izlučivanja celokupne količine mobilnog urana još za vreme oksidacije ovih tvorevina. Neizvesno je koja je količina mobilnog urana bila prisutna u ovim alevrolitima za vreme sedimentacije, ali svakako ta količina nije bila velika, zbog male propustne sposobnosti ovih tvorevina (sadržaji urana su maksimalno bili na nivou sivih alevrolita).

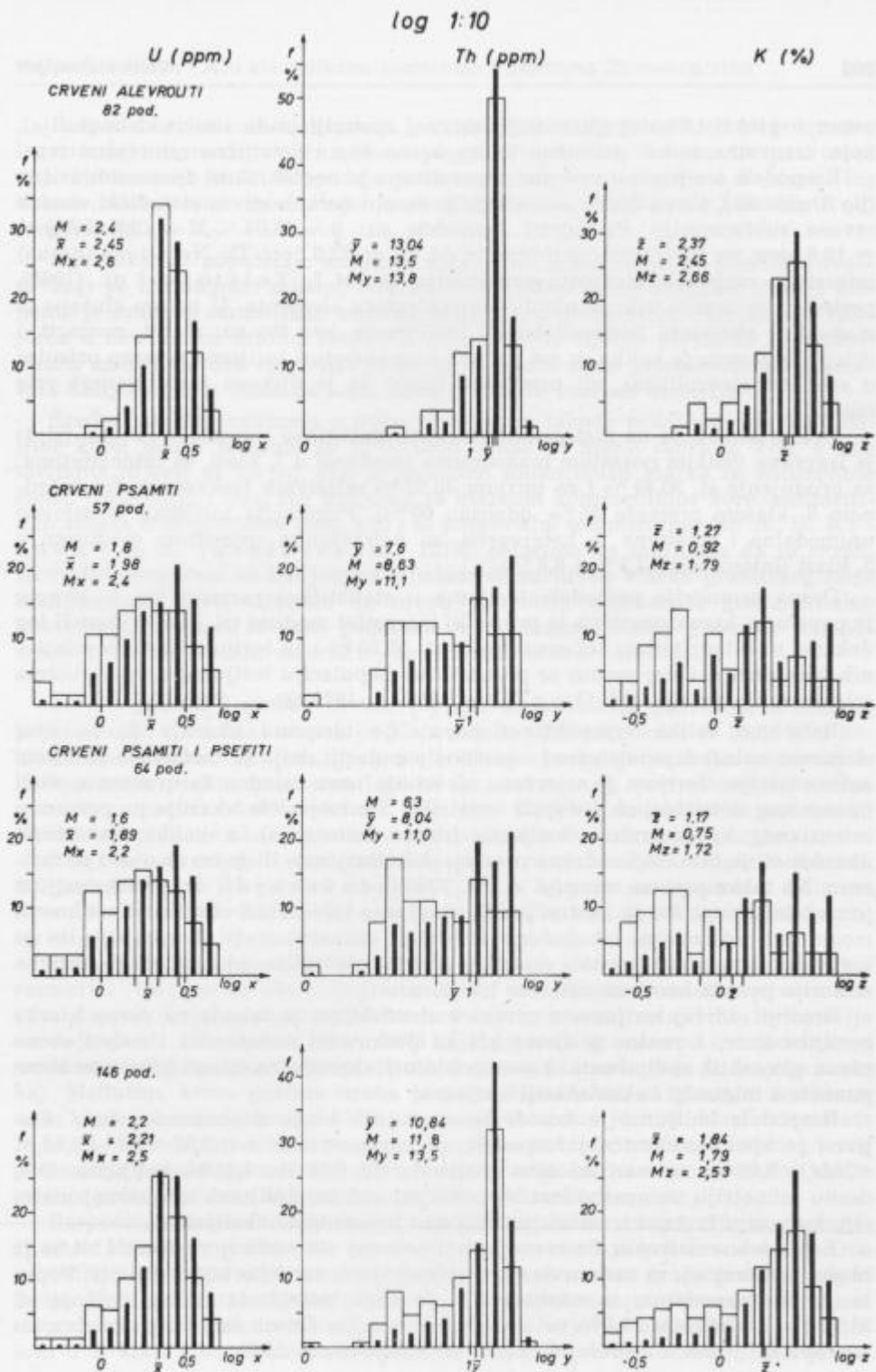
Srednji sadržaj urana u crvenim alevrolitima se približava klarku zemljine kore (po A. P. V i n o g r a d o v u, 1962), ali je znatno iznad klarka peskovitih sedimenata (po A. B. R o n o v u i A. A. J a r o š e v s k o m, 1976) i nalazi se između klarka peskovitih i glinovitih sedimenata. Karakteristično je da se srednji sadržaj urana uvek nalazi u klasi modusa, a takođe zajedno sa medijanom orudnjenja st. (sa kojom se približno poklapa).

Simetričan raspored urana u ovim stenama je posledica tzv. normalnog rasejavanja urana u svim petrogenim komponentama alevrolita, uključujući i vezivnu materiju. Relativno visok srednji sadržaj urana, koji premaša klark peskovitih sedimenata, navodi na pretpostavku da je jedan deo urana čvrsto



Sl.1. Dvojni histogrami raspodele U, Th i K u crvenoj subformaciji, u linearnoj statističkoj razmeri

Fig. 1. The dual histograms of U, Th and K distribution in the red subformation, in the linear statistical scale



Sl. 2. Dvojni histogrami raspodele U, Th i K u crvenoj subformaciji, u logaritamskoj statističkoj razmeri

Fig. 2. The dual histograms of U, Th and K distribution in the red subformation, in the logarithmic statistical scale

vezan u prekrystalisaloj glinovitoj vezivnoj materiji (sada sericitska materija), koja verovatno sadrži približno toliko urana kao i detritična mineralna zrna.

Raspodela torijuma u crvenim alevrolitima je neočekivano desnoasimetrična (po 3. zakonu), a ovu desnu asimetriju prenosi i na kolektivni statistički uzorak crvene subformacije. Parametri raspodele su: $\bar{y} = 13,04 < M = 13,5 < M_y = 13,8$ ppm, na varijacionom intervalu od 3,2 do 22,3 ppm Th. Negativna (desna) asimetrija raspodele elementa predstavlja, po M. I. Tolstoju i dr. (1965), posledicu prisustva više minerala koncentrata elementa. U našem slučaju to mogu biti akcesorni minerali bogati torijumom, kao što su: alanit, monacit, i drugi. Neizvesno je koliko su ovi mogući koncentratori torijuma stvarno prisutni u crvenim alevrolitima, ali pretpostavljamo da je njihova zastupljenost vrlo mala.

Desna asimetrija na histogramu linearne statističke razmere 1 : 2 ppm (sl. 1) je izazvana velikim porastom maksimuma (modusa) u 7. klasi, sa intenzitetima: za orudnjenje st. 30,49 % i za torijum 30,67 % relativnih frekvencija (sa susednom 8. klasom premaša 55 %, odnosno 60 %). Populacija torijuma je uslovno unimodalna i relativno je heterogena, sa neizraženim sporednim modusom u 5. klasi (intenziteta 12,2 % i 8,8 %).

Desna asimetrija raspodele torijuma u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm je povećana, karakterističan je preveliki intenzitet modusa (sl. 2) u 2. klasi II log dekade, sa intenzitetima: za orudnjenje st. 50,00 % i za torijum 54,42 % relativnih frekvencija. Ovaj modus se prenosi i na populaciju torijuma u tvorevinama crvene subformacije (V. Omaljev, 1979 b, 1979 c).

Relativno velika kompaktnost populacije torijuma ukazuje da se ovaj elemenat nalazi u jedinstvenoj osnovnoj populaciji, koja je formirana prilikom sedimentacije. Torijum je u crvene alevrolite unet zajedno sa uranom u vidu mineralnog detritusa, uključujući i matriks. Tip raspodele ukazuje na prisustvo intenzivnog koncentrata torijuma (desna asimetrija), a veliki maksimum ukazuje da je bilo i sekundarne preraspodele torijuma, ili je on obaran i iz rastvora. Na takve procese ukazuje A. A. Drozdovskaja i dr. (1968), torijum je mobilniji nego što se obično pretpostavlja, a intenzivno oksidisani sedimenti mogu biti sekundarno obogaćeni. Preveliki maksimum (sl. 2) ukazuje da je verovatno obogaćena vezivna materija crvenih alevrolita, odnosno da se vezivna materija ponaša kao koncentrator torijuma.

Srednji sadržaj torijuma u crvenim alevrolitima je takođe na nivou klarka zemljine kore, a znatno je iznad klarka peskovitih sedimenata i nalazi se na nivou glinovitih sedimenata. I ove vrednosti ukazuju na ulogu glinovite komponente u migraciji i akumulaciji torijuma.

Raspodela kalijuma je takođe iznenađujuće blago desnoasimetrična, relativno je bliska simetričnoj raspodeli, sa parametrima: $\bar{z} = 2,37 < M = 2,45 < M_z = 2,66$ %, na varijacionom intervalu od 0,58 do 4,46 % kalijuma. Ovu desnu asimetriju verovatno izaziva povećani sadržaj kalijuma u vezivnoj materiji, koja se u izvesnom smislu ponaša kao koncentrator kalijuma.

Raspodela relativnih frekvencija u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 4 % je bliska simetričnoj, sa malom desnom asimetrijom, naročito kod kalijuma. Populacija je unimodalna, sa modusima u 7. klasi intenziteta: za orudnjenje st. 21,95 % i za kalijum 23,5 % relativnih frekvencija. Desnu asimetriju izaziva intenzitet kalijuma u sledećoj 8. klasi, sa intenzitetom 23 %.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri $\log 1 : 10 \%$ je izrazito logaritamski desnoasimetrična, što se prenosi i na kolektivnu populaciju u crvenoj subformaciji (sl. 2). Raspodela je unimodalna, sa modusima u 5. klasi I log dekade, intenziteta: za orudnjenje st. 25,61 % i za kalijum 30,2 % relativnih frekvencija.

Kompaktnost populacije kalijuma u crvenim alevrolitima je posledica rasejavanja po normalnom zakonu. Najznačiji koncentrador kalijuma u ovim stenama je svakako sericitisana vezivna materija, a ravnomerno rasejavanje kalijuma u detritičnim zrnima feldspata dovela bi do tipične normalne raspodele. Desna asimetrija ove raspodele može se objasniti samo prisustvom koncentratora kalijuma, a to može da bude samo glinovita vezivna materija.

Srednji sadržaj kalijuma u ovim stenama se takođe približava klarku zemljine kore, manji je samo za 10 % (kod urana je manji samo za 2 %, a kod torijuma je veći za 0,5 %), dok je približno toliko iznad klarka za sedimentne stene. Upoređujući ovaj fon kalijuma sa klarkom kontinentalne kore, sedimentnim slojem kontinentalne kore, kao i sa peskovitim sedimentima (po A. B. Ronovu i A. A. Jaroševskom, 1976), dolazimo do zaključka da su crveni alevroliti obogaćeni sa kalijumom i nalaze se na nivou klarka granitskog sloja kontinentalne kore, odnosno na nivou glinovitih sedimenata geosinklinalne kontinentalne kore. Iz ovih podataka je evidentan značaj glinovite komponente u vezivu crvenih alevrolita, kao koncentratora kalijuma.

Crveni psamiti i psefite. Crveni psamiti su količinski podređeni u crvenoj subformaciji, statistički uzorak od 57 podataka učestvuje samo sa 39,04 % u kolektivnom uzorku. Veličina ovog statističkog uzorka je svakako nedovoljna. Pošto uzorak psefita ima samo 7 podataka, načinjen je novi statistički uzorak psamiti + psefite od 64 podataka, koji ima učešće u kolektivnom uzorku od 43,84 %. Populacije oba ova uzorka ispitivali smo dvojnimi histogramima.

Raspodela urana je levoasimetrična, pokorava se 2. zakonu (logaritamskom), sa parametrima: $M = 1,8 < \bar{x} = 1,98 < Mx = 2,4$ ppm za psamite, odnosno $M = 1,6 < \bar{x} = 1,89 < Mx = 2,2$ ppm za zajednički uzorak, na varijacionom intervalu (iz psamita, koji obuhvata i psefite) od 0,4 do 4,9 ppm urana.

Leva asimetrija raspodele je naročito dobro izražena u linearnoj statističkoj razmeri $1 : 0,5$ ppm na oba histograma (sl. 1), sa tipičnom levoasimetričnom krivom gustine (koja se može zamisliti nad histogramima) relativnih frekvencija orudnjenja st. (V. Omaljev, 1978 b). Raspodela je uslovno unimodalna, sa modusom u 3. klasi oko 24 % relativnih frekvencija orudnjenja st. (za oba uzorka). Međutim, kriva gustine urana je jasno bimodalna, sa glavnim modusom u 3. klasi intenziteta preko 17 %, a sporedni modus je u 8. klasi intenziteta 16,4 % i 15,3 % relativnih frekvencija. Karakteristična je tendencija opšteg levog pomeranja populacija u oblast nižih koncentracija sa porastom granulacije, što izaziva povećanje leve asimetrije, naročito kod orudnjenja st.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri $\log 1 : 10$ ppm je logaritamski desnoasimetrična, što naročito dolazi do izražaja kod urana (sl. 2). Ovu asimetriju izazivaju najsiriromašnije probe, koje verovatno grade posebnu populaciju. Dominantna parcijalna populacija je kompaktna, sa uslovno simetričnom raspodelom relativnih frekvencija orudnjenja st., uslovno unimodalno, sa modusom u 3. klasi I log dekade malog intenziteta blizu 17 %. Modus urana je po-

meren udesno za dve klase, sa intenzitetima 20,74 % relativnih frekvencija za psamite i 19,34 % za zajednički uzorak.

I pored malog broja podataka dobro je izražena suštinska razlika raspodele urana u crvenim alevrolitima i krupnozrnijim frakcijama. Sa povećavanjem krupnoće zrna opadaju koncentracije urana, cela populacija se pomera ulevo te dolazi do levoasimetrične raspodele, koja bi u psefitima verovatno bila hiperboloidna.

Izvesna heterogenost osnovne populacije urana posmatrane u linearnim statističkim razmerama je svakako posledica izluženja urana u procesima oksidacije ovih tvorevina. Sav mobilni uran je izlužen, ostao je samo nemobilni uran u detritičnim zrnima, nasleđen još iz primarnih izvora. Možemo pretpostaviti da je u ovim tvorevinama prvobitno bilo toliko urana kao i u odgovarajućim sivim tvorevinama (po klasama granulacije).

Relativno velika kompaktnost dominantne parcijalne populacije urana, posmatrana u logaritamskoj statističkoj razmeri, ukazuje da se sav uran nalazi rasejan u petrogenim mineralima po logaritamskom zakonu. Veoma izražena desna logaritamska asimetrija ukazuje da nije bilo naknadnih stvaranja izrazitih koncentratora urana u vidu sopstvenih minerala (dijagenetska preraspodela). Proces akumulacije urana u ovim stenama su bili pasivni, jer su posledica samo sedimentne diferencijacije.

Srednji sadržaji urana u crvenim psamitima su ispod klarka zemljine kore, a nešto iznad klarka za intermedijarne magmatske stene. Ovi fonski sadržaji su na nivou klarka sedimenata geosinklinala i platformi, što je svakako u skladu sa globalnim rasejavanjem urana u bezrudnim formacijama peščarskog sastava. U psefitima dolazi do opadanja sadržaja urana (preliminarno, zbog malog broja podataka), što je verovatno posledica izostajanja petrogenih koncentratora (liskuni, feldspati, akcesorni minerali, itd).

Raspodela torijuma je takode levoasimetrična u psamitima, a ova asimetrija se još povećava kod zajedničkog uzorka tako da kriva gustine orudnjenja st. postaje hiperboloidna. Parametri raspodele su: $M = 7,6 < \bar{y} = 8,63 < My = 11,1$ ppm za psamite, a za zajednički uzorak je $M = 6,3 < \bar{y} = 8,04 < My = 11,0$ ppm, na varijacionom intervalu nasleđenom iz psamita od 1,2 do 19,7 ppm Th.

Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. je uslovno unimodalna (u linearnoj statističkoj razmeri), sa modusom u 3. klasi intenziteta 21 % za psamite, a kod zajedničkog uzorka modus je u 2. klasi sa intenzitetom 26,56 %. Raspodela torijuma je relativno ravnomerna (sl. 1), sa modusima u 6. klasi intenziteta oko 15 % relativnih frekvencija.

U logaritamskoj statističkoj razmeri (sl. 2) raspodela orudnjenja st. je ravnomerna, sa nevelikim maksimumima: za psamite u 1. klasi II log dekade intenziteta 15,79 % i za zajednički uzorak u 6. klasi I log dekade sa intenzitetom 17,19 % relativnih frekvencija. Raspodela torijuma je logaritamski desnoasimetrična, sa maksimumom u poslednjoj klasi populacije (3. klasa II log dekade) intenziteta: za psamite 22,08 % i za zajednički uzorak 21,12 % relativnih frekvencija. Najsiromašnija proba je usamljena, kao da ne pripada ovoj populaciji torijuma.

Ovakvo neujednačena raspodela relativnih frekvencija je svakako posledica i nedovoljnog broja podataka za ovaj tip raspodele, tako da se rezultati ove analize moraju smatrati za preliminarne.

Ravnomerno rasejavanje torijuma u svim potrojenim mineralima verovatno ima za posledicu ovakvu statističku raspodelu, koja se u osnovi pokorava logaritamskom zakonu, ali nije logaritamski simetrična. Predpostavljam da u ovim stenama ima koncentratora torijuma u vrlo malim količinama, a oni dovode do logaritamske raspodele.

Smanjenje srednjih sadržaja torijuma u ovim stenama je znatno veće od urana (u odnosu na alevrolite) i iznosi 34–38 %. Srednji sadržaji torijuma u psamitima su nešto iznad klarka za intermedijarne magmatske stene, a oni takođe odgovaraju klarku peskovitih sedimentata platformi. U procesu sedimentne diferencijacije grubozrni materijal je manje hemijski i mehanički preobrađen, te bi trebalo da krupnozrni klastiti vernije odražavaju srednje vrednosti sadržaja primarnih izvora. U tom bi slučaju alevrolitska frakcija bila obogaćena torijumom (i u manjoj meri uranom).

Raspodela kalijuma je izrazito levoasimetrična, bliska hiperboloidnoj, sa parametrima: $M = 0,92 < \bar{z} = 1,27 < Mz = 1,79$ % za psamite i $M = 0,75 < \bar{z} = 1,17 < Mz = 1,72$ % za zajednički uzorak, na varijacionom intervalu nasledenom iz psamita od 0,21 do 4,44 % kalijuma.

Raspodela kalijuma u krupnozrnijim crvenim sedimentima je heterogenija u odnosu na alevrolite. Velika leva asimetrija u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 4 % (sl. 1) je u izvesnoj meri neočekivana. Glavni modus je predominantan i nalazi se već u 2. klasi, sa intenzitetom oko 28 % relativnih frekvencija orudnjenja st. Glavni modusi kalijuma su pomereni udesno za tri klase, sa intenzitetima oko 17 % relativnih frekvencija. U logaritamskoj statističkoj razmeri log 1 : 10 % raspodele relativnih frekvencija su multimodalne.

Ovako neujednačena statistička raspodela kalijuma u krupnozrnijim crvenim klastitima je svakako posledica neravnomernog sadržaja K-feldspata i glinovite (sericitisane) vezivne materije, što ne treba smatrati iznenađenjem. Kalijum, kao glavni element ovih stena i zemljine kore, je delimično nasleđen iz primarnih izvora u vidu K-feldspata i liskuna i ova parcijalna populacija se nalazi oko glavnog modusa. Bogatije parcijalne populacije se nalaze na desnoj strani histograma i pripadaju vezivnoj materiji, a nalaze se ispod kompaktne populacije kalijuma u crvenim alevrolitima (sl. 1 i 2). Dominantna leva parcijalna populacija kalijuma prenosi se i na kolektivnu populaciju crvene subformacije (V. Omaljev, 1979 b, 1979 c).

Srednji sadržaji kalijuma u ovim crvenim klastičnim sedimentima su ispod klarka intermedijarnih magmatskih stena, a takođe se nalaze ispod klarka peskovitih sedimentata platformi i geosinklinala. U sedimentnoj diferencijaciji veoma se smanjio sadržaj kalijuma u krupnozrnijim frakcijama, više od urana i torijuma. Veliki deficit kalijuma je nastao naročito u psefitima, gde je sadržaj minimalan (0,33 % K).

Srednji sadržaji kalijuma u crvenim gredenskim slojevima su uvek manji od odgovarajućih granulometrijskih frakcija sivih, a ta razlika raste povećavanjem krupnoće fragmenata. Ova činjenica verovatno nije posledica samo sedimentne diferencijacije, jer prilikom sedimentacije tvorevina živih rečnih korita i poplavnih ravnina predpostavljam da je nelogično očekivati veću akumulaciju kalijuma u sedimentima rečnih korita. Sadašnja situacija je najverovatnije posledica sekundarnog izluživanja kalijuma prilikom oksidacije tvorevina poplavnih ravnina, a to utoliko više ukoliko je tvorevina krupnozrnija.

Siva subformacija

Siva subformacija gredenskih slojeva na Žirovskom vrhu je pretežno izgrađena od sivih klastičnih tvorevina, u kojima se nalaze crveni proslojci. U ovom radu analiziramo samo sive sedimente po granulometrijskom sastavu, jer u crvenim proslojcima nema dovoljno podataka za statističku analizu.

Sive tvorevine su po pravilu krupnozrnije od crvenih, bilo da se radi o crvenim proslojcima ili tvorevinama crvene subformacije.

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u sivim klastičnim sedimentima Žirovskog vrha je reprezentovana sa statističkim uzorkom od 309 podataka, što potpuno zadovoljava. Ovaj kolektivni uzorak je sastavljen od parcijalnih statističkih uzoraka: sivih alevrolita, sivih psamita i sivih psefita. Broj podataka i srednji sadržaj ispitivanih elemenata je sledeći (tabela 2).

Raspodela ovih elemenata u kolektivnom uzorku je opisana ranije (V. O m a l j e v, 1979 c), te će se pominjati samo karakteristični detalji, koji su nasleđeni od ovih parcijalnih statističkih uzoraka.

Raspodela urana u sivim klastičnim sedimentima Žirovskog vrha je bitno drugačija od raspodele u crvenim klastitima, što je posledica prisustva mobilnog urana u vidu parcijalnih populacija visokih koncentracija (relativno). Uvek je zastupljena logaritamska raspodela, te su histogrami dati samo u statističkoj razmeri $\log 1 : 10$. Torijum i kalijum su takođe levoasimetrično (logaritamski) raspoređeni, ali relativno slično kao i u crvenim tvorevinama. Kod ovih elemenata izostaju mlađe dijagenetske parcijalne populacije, koje su karakteristične samo za uran.

Tabela 2. Broj podataka i srednji sadržaj urana, torijuma i kalijuma u tvorevinama sive subformacije Žirovskog vrha

	N	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)
Sivi alevroliti	12	4,98	10,07	2,59
Sivi psamiti	178	8,92	1,41	1,74
Sivi psefiti	119	4,78	6,02	1,27
Siva subformacija	309	7,18	6,98	1,59

Sivi alevroliti. Statistička ispitivanja raspodele urana, torijuma i kalijuma u sivim alevrolitima su onemogućena zbog veoma malog broja podataka. Priključenje ovih 12 podataka sivim psamitima je takođe onemogućeno prevelikom razlikom u broju podataka (uzorak alevrolita je oko 15 puta manji od uzorka psamita), kao i predpostavkom velike razlike u formi statističke raspodele elemenata.

Srednji sadržaj urana u sivim alevrolitima je oko dva puta veći od sadržaja u crvenim alevrolitima, a takođe je veći i od klarka kiselih magmatskih stena. Ove stene su svakako obogaćene uranom, a mi predpostavljamo da je to obogaćenje nastalo već u fazi sedimentacije, kao rezultat adsorptivnog vezivanja urana u fazi stvaranja primarnih sindijagenetskih akumulacija urana (V. O m a l j e v, 1979 a). Mobilni uran u ovim tvorevinama je sačuvan sve do savremenog doba zahvaljujući konzervaciji redukcione sredine, za razliku od crvenih alevrolita

iz kojih je mobilni uran izlužen. Mobilni uran iz alevrolita, verovatno, nije učestvovao u procesima reciklacije urana u sivim klastičnim sedimentima, što zaključujemo iz malog varijacionog intervala, od 2,0 do 8,1 ppm urana.

Srednji sadržaj torijuma je znatno niži od crvenih alevrolita, niži je od klarka zemljine kore i nešto je viši od klarka peskovitih sedimenata geosinklinala i platformi. I ove tvorevine su u izvesnom smislu obogaćene torijumom, ali je neizvesno da li je to posledica prisustva glinovite vezivne materije, sa većim singenetskim sadržajima torijuma, ili su prisutni i procesi obogaćenja torijumom. Varijacioni interval od 3,9 do 18,1 ppm Th je sličan drugim sivim klastitima, jedino izostaju najniže vrednosti.

Srednji sadržaj kalijuma je najviši od svih granulometrijskih frakcija u gre-denskim slojevima Žirovskog vrha, a nalazi se iznad klarka zemljine kore. To je svakako posledica vezivanja kalijuma glinovitom materijom matriksa u toku sedimentne diferencijacije i sedimentacije. Varijacioni interval od 1,15 do 4,30 % kalijuma je karakterističan po tome što izostaju koncentracije ispod 1 % K (posledica malog broja podataka).

Sivi psamiti. Sivi psamiti dominiraju po broju podataka u sivim klastičnim sedimentima (178 podataka) jer u kolektivnom uzorku učestvuju sa 57,61 %, a verovatno dominiraju i u samoj sivoj subformaciji, naročito u stratigrafski višim nivoima (II i III ritam sedimentacije).

Raspodela urana je logaritamska, po 2. zakonu, sa parametrima $M = 5,1 < \bar{x} = 8,92 < Mx = 12,2$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,9 do 98,0 ppm urana (što je maksimalan varijacioni interval pri ispitivanjima). Histogram je veoma produžen u desnu stranu (sl. 3), obuhvatajući dve log dekade, populacija je tako multimodalna.

Jasno su polarisane parcijalne populacije: u I log dekadi je predominantna parcijalna populacija sindijagenetskog urana, koja je uslovno unimodalna; a u II log dekadi su diagenetske parcijalne populacije logaritamskog repa.

Relativno kompaktna sindijagenetska parcijalna populacija I log dekade ima glavni modus raspodele u 7. klasi, intenziteta 15,17 % relativnih frekvencija orudnjenja st.; dok je glavni modus urana u poslednjoj 10. klasi I log dekade, sa intenzitetom 11,48 %, što ukazuje na izvesna naknadna obogaćenja uranom na prelazu u II log dekadu (mešaju se populacije) Sindijagenetska parcijalna populacija ima srednji sadržaj urana 4,84 ppm, što je slično sivim alevrolitima, ali je verovatno prvobitno bila nešto siromašnija. Uran ove populacije je delimično u detritičnim zrnima (singenetski uran), a delimično je to mobilni diagenetski uran u vezivnoj materiji. Sindijagenetska parcijalna populacija urana je pomerena udesno u odnosu na singenetsku populaciju crvenih psamita, ali je po karakteru raspodele slična (sl. 2 i 3). Predpostavljam, da je i u peščarima poplavnih ravšina prvobitno bila stvorena slična sindijagenetska populacija urana (srednjeg sadržaja oko 4 ppm), koja je procesima oksidacije pretvorena u tipičnu singenetsku populaciju crvenih psamita.

Parcijalne populacije urana u II log dekadi su mnogobrojne, tako da je raspodela multimodalna. Karakterističan je drugi modus raspodele urana u poslednjoj, 10. klasi II log dekade, sa intenzitetom 11,40 % relativnih frekvencija. Ove parcijalne populacije dolaze od prisustva diagenetskog mobilnog urana, koji je u procesima reciklacije obogaćen te dolazi do stvaranja sopstvenih ura-

novih minerala (pehblende i kofinita). Veliko izduženje u desnu (pozitivnu) stranu apscise daje formu logaritamskog repa, što je bitna razlika u odnosu na druge logaritamske raspodele. Ovaj karakterističan logaritamski rep dolazi do izražaja i u kolektivnom statističkom uzorku sivih klastita Žirovskog vrha.

Nove parcijalne populacije urana logaritamskog repa su posledica postojanja reciklacionih procesa preraspodele, u smislu stvaranja sve bogatijih akumulacija urana rudnih tela (pri ovim ispitivanjima namerno su izbegnuta rudna tela). Zato je postojanje logaritamskog repa statističke raspodele urana od najvećeg metalogenetskog značaja sa aspekta identifikacije metalogenetski povoljnih petrogenih sredina za stvaranje bogatijih akumulacija urana, što je slučaj na Žirovskom vrhu.

Srednji sadržaj urana parcijalnih populacija logaritamskog repa (samo u II log dekadi) je 29 ppm U, što je za 6 puta bogatije od sindijagenetske populacije; odnosno, preko 3 puta bogatije od osnovne populacije.

Srednji sadržaj urana osnovne populacije je znatno iznad klarka kiselih magmatskih stena i odgovara fonu kiselih alkalnih diferencijata (L. L. Leonova, i dr., 1961). To je posledica prinosa urana prilikom preraspodele u procesu diagenese, što u suštini predstavlja rudonosne procese u metalogenetskom smislu (V. Omaljev, 1979 a, 1979 b).

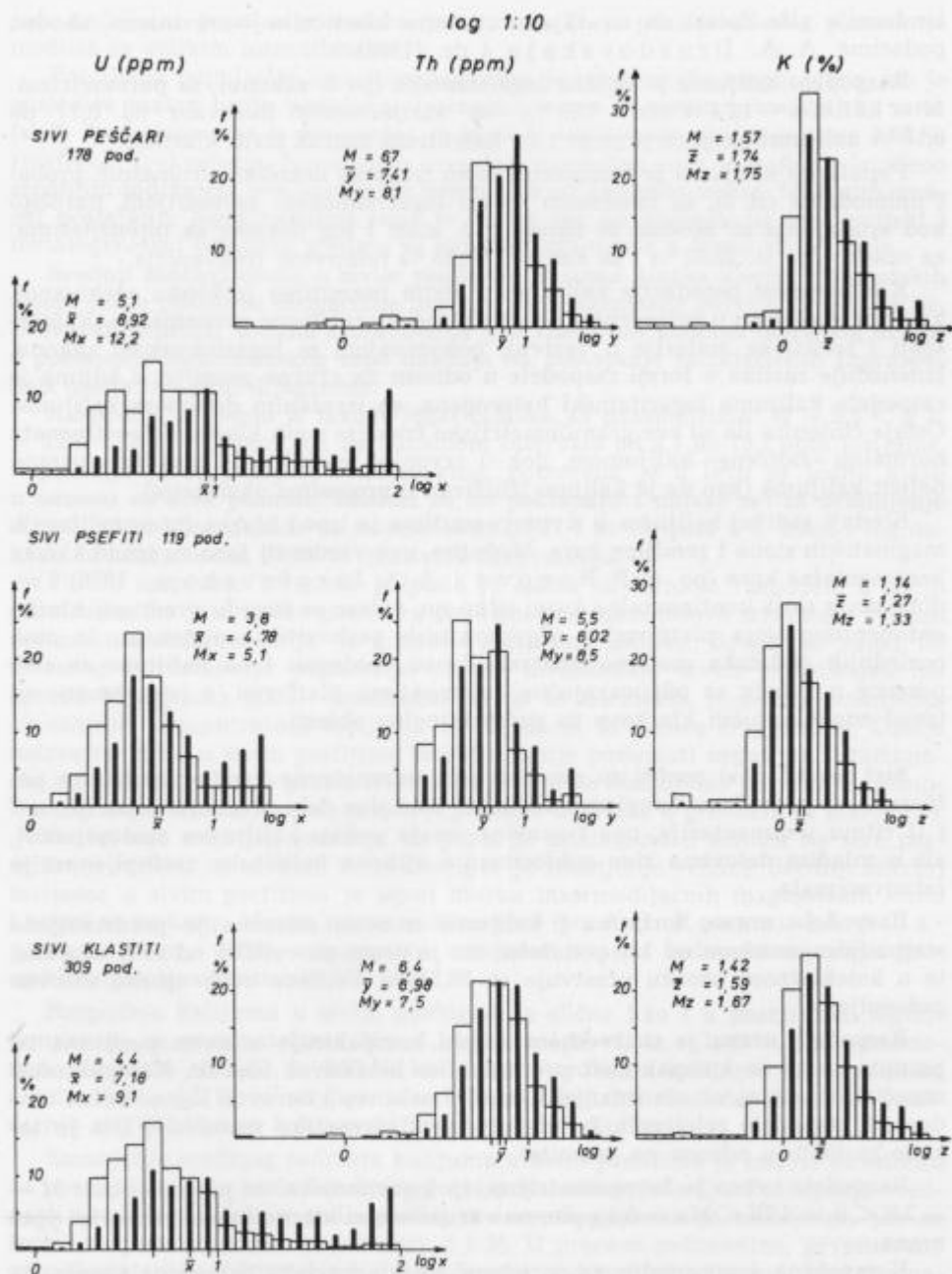
Raspodela torijuma je levoasimetrična, tj. logaritamska, sa parametrima: $M = 6,7 < \bar{y} = 7,41 < My = 8,1$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,3 do 21,9 ppm torijuma. Ova raspodela je iznenađujuće različita od one u crvenim psamitima (verovatno neke razlike dolaze zbog razlike u broju podataka), veoma je izražena lognormalna tendencija kompaktne parcijalne populacije (sl. 3) sa slabo izraženim negativnim logaritamskim repom (ova forma raspodele se prenosi i na kolektivni uzorak).

Dominira široki maksimum zastupljen u tri klase, sa neizražajnim modusom od 22,47 % relativnih frekvencija orudnjenja st. u 8. klasi I log dekade. Lognormalna tendencija je još bolje izražena kod raspodele relativnih frekvencija torijuma, koja je nedvosmisleno unimodalna, sa izraženim modusom u 10. klasi I log dekade intenziteta 26,31 %. Najsiriromašnije probe su usamljene i čine diskontinuirani negativni logaritamski rep.

Relativno kompaktna populacija torijuma u sivim psamitima je posledica rasejavanja torijuma u petrogenim mineralima, među kojima su prisutni akcesorni koncentratori u nevelikoj količini, što je nasledeno još iz primarnih izvora. Pri tome su delovali samo faktori sedimentne diferencijacije.

Srednji sadržaj torijuma u ovim stenama je niži od crvenih psamita i nalazi se nešto iznad klarka intermedijarnih magmatskih stena, a takođe se približava vrednosti klarka peskovitih sedimenata platformi kontinentalne kore.

Razlike u formi raspodele, kao i srednjih sadržaja torijuma, ukazuju na činjenicu da određeni faktori sedimentne diferencijacije deluju i na torijum. gledajući ove razlike u pojedinim granulometrijskim frakcijama crvenih i sivih tvorevina. To svakako ukazuje da migracija torijuma, od primarnih izvora do sedimentnog prostora, nije samo pasivna (u rasipnoj formi detritusa), već da je izvestan deo torijuma svakako migrirao u rastvorenoj formi (koloidni i pravi rastvori). Ne možemo drugačije objasniti različitu formu raspodele i stepen akumulacije torijuma u sitnozrnijim (gde je izražena akumulacija) i krupnozrnijim sedimentima (gde postoji osiromašenje), bez obzira na facijalnu pripadnost. Ova



Sl. 3. Dvojni histogrami raspodele U, Th i K u sivim klastitima sive subformacije, u logaritamskoj statističkoj razmeri

Fig. 3. The dual histograms of U, Th and K distribution in the gray clastic rocks of gray subformation, in the logarithmic statistical scale

tendencija više dolazi do izražaja u crvenim klastičnim tvorevinama, shodno podacima A. A. Drozdovskaja i dr. (1968).

Raspodela kalijuma je tipična logaritamaska (po 2. zakonu), sa parametrima: $M = 1,57 < \bar{z} = 1,74 < Mz = 1,75 \%$, na varijacionom intervalu od 0,17 do 6,13 % kalijuma (koji se prenosi i na kolektivni uzorak sivih klastita).

Populacija kalijuma je kompaktna (sem izuzetka nekoliko siromašnih proba) i unimodalna (sl. 3), sa izraženom levom logaritamskom asimetrijom, naročito kod orudnjenja st. Modusi se nalaze u 2. klasi I log dekad, sa intenzitetima: za orudnjenje st. 32,02 % i za kalijum 26,38 % relativnih frekvencija.

Kompaktnost populacije kalijuma u sivim psamitima je bliska očekivanoj, kalijum je rasejan u petrogenim koncentratorima relativno ravnomerno (K-feldspati i sericitska materija u vezivu), pokoravajući se logaritamskom zakonu. Iznenaduje razlika u formi raspodele u odnosu na crvene psamite, u kojima je raspodela kalijuma logaritamski heterogena, sa izraženim deficitom kalijuma. Ostaje činjenica da su sve granulometrijske frakcije sivih klastičnih sedimenata normalno »zasićene« kalijumom, dok u crvenim psamitima i psefitima postoji deficit kalijuma (kao da je kalijum izluživan u procesima oksidacije).

Srednji sadržaj kalijuma u sivim psamitima je ispod klarka intermedijarnih magmatskih stena i zemljine kore. Međutim, ove vrednosti fona su iznad klarka kontinentalne kore (po A. B. Ronovu i A. A. Jaroševskom, 1976) i sedimentnog sloja kontinentalne kore; odnosno, nalaze se između vrednosti klarka sedimentnog sloja platformi i odgovarajućih peskovitih sedimenata. Iz ovih poslednjih podataka možemo smatrati da su vrednosti fona kalijuma za sive psamite u skladu sa odgovarajućim sedimentima platformi, a istovremeno su iznad odgovarajućih klarkova za geosinklinalne oblasti.

Sivi psefiti. Sivi psefiti su predstavljeni prvenstveno konglomeratičnim pešćarima, a podređeno konglomeratima. U starijem delu sive subformacije, u I i II ritmu sedimentacije, ove tvorevine imaju veliku količinsku zastupljenost, ali u mlađim delovima sive subformacije njihova količinska zastupljenost je relativno mala.

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u ovim stenama je predstavljena statističkim uzorkom od 119 podataka, što je drugi po veličini od svih uzoraka, te u kolektivnom uzorku učestvuje sa 38,51 %. Veličina ovog uzorka uslovno zadovoljava.

Raspodela urana je u izvesnom smislu kompaktnija u sivim psefitima od psamita, a ta se kompaktnost prenosi i na kolektivni uzorak. Kompaktnosti naročito doprinosi veoma smanjeni logaritamski rep i naravno lognormalna tendencija raspodele relativnih frekvencija sindijagenetske populacije (što je takođe različito u odnosu na psamite).

Raspodela urana je levoasimetrična, tj. logaritamaska, sa parametrima: $M = 3,8 < \bar{x} = 4,78 < Mx = 5,1$ ppm, na varijacionom intervalu od 1,4 do 18,6 ppm urana.

Kompaktna, lognormalno raspoređena, sindijagenetska parcijalna populacija urana I log dekad je unimodalna, sa modusima u 6. klasi, sa intenzitetima: za orudnjenje st. 23,53 % i za uran 17,60 relativnih frekvencija. Srednji sadržaj urana ove sindijagenetske populacije je 3,97 ppm i znatno je niža od odgovara-

juće parcijalne populacije u sivim psamitima. To je posledica levog pomeranja modusa sa velikim intenzitetom.

Parcijalna populacija logaritamskog repa je ravnomerno raspoređena, što je posledica malog broja podataka. Intenzitet urana zakonito pravolinijski raste (sl. 3) do maksimuma u poslednjoj, 3. klasi II log dekad, do intenziteta 9,65 ‰ relativnih frekvencija. Siromaštvo ovog logaritamskog repa je najbolje izraženo srednjim sadržajem ove parcijalne populacije od 14,7 ppm urana. Međutim, značaj postojanja logaritamskog repa je veliki, jer on ukazuje na geohemijski i metalogenetski povoljnu sredinu za akumulaciju urana u formi rudnih tela.

Srednji sadržaj urana u sivim psefitima je iznad klarka kiselih magmatskih stena, što je posledica obogaćenja uranom sindijagenetske parcijalne populacije. U svakom slučaju, u ovim tvorevinama ima značajnih količina mobilnog urana, a postojanje logaritamskog repa ukazuje na postojanje reciklacionih preraspodela urana za vreme diagenese.

Raspodela torijuma je takođe logaritamska, sa parametrima: $M = 5,5 < \bar{y} = 6,02 < My = 6,5$ ppm, na varijacionom intervalu od 2,7 do 18,1 ppm torijuma. Populacija je unimodalna i kompaktna, pomerena je u levo za jednu klasu u odnosu na sive psamite. Modusi se ne poklapaju i nalaze se: za orudnjenje st. u 7. klasi I log dekad sa intenzitetom 25,21 i za torijum u 9. klasi I log dekad sa intenzitetom 24,68 ‰ relativnih frekvencija.

Forma raspodele torijuma potpuno je slična sa formom raspodele u sivim psamitima, što je svakako posledica približno jednakih uslova stvaranja. Proces sedimentne diferencijacije, u granulometrijskom smislu, doveli su samo do izvesnog osiromašnja populacije, što se manifestuje levim pomeranjem po apscisi histograma (sl. 3). Smatramo da je to normalna posledica smanjenja akcesornih koncentratora torijuma sa porastom krupnoće fragmenata. Ostaje neizvesno zašto u sivim psefitima izostaje ranije pomenuti negativni logaritamski rep najsiromašnijih proba. Normalno bi bilo da očekujemo povećanje zastupljenosti najsiromašnijih parcijalnih populacija torijuma u grobozrnim klastitima.

Smanjenje srednjeg sadržaja torijuma je minimalno u odnosu na sive psamite (za razliku od crvenih tvorevina, gde je smanjenje veliko). Srednji sadržaj torijuma u sivim psefitima je ispod klarka intermedijarnih magmatskih stena i nalazi se na nivou klarka kontinentalne kore (po A. B. Ronovu i A. A. Jaroševskom, 1976), odnosno na vrednosti klarka sedimentnog sloja geosinklinalnog tipa kontinentalne kore.

Raspodela kalijuma u sivim psefitima je slična kao i u psamitima, logaritamska je sa parametrima: $M = 1,14 < \bar{z} = 1,27 < Mz = 1,33$ ‰, na varijacionom intervalu od 0,30 do 3,81 ‰ kalijuma. Populacija kalijuma je kompaktna i unimodalna (sl. 3), sa modulusima u 1. klasi I log dekad, intenziteta: za orudnjenje st 27,73 ‰ i za kalijum 24,73 relativnih frekvencija.

Smanjenje srednjeg sadržaja kalijuma u ovim psefitima je znatno (u odnosu na psamite), a to je posledica levog pomeranja cele populacije. Poklapanje vrednosti srednjeg sadržaja sivih psefita i crvenih psamita je slučajnost, jer su forme raspodele veoma različite (sl. 2 i 3). U procesu sedimentne, prvenstveno granulometrijske diferencijacije, u grubozrnijim klastičnim tvorevinama se smanjuju koncentratori kalijuma. Razlika u sadržaju kalijuma između sivih i crvenih psefita ne može se objasniti samo granulometrijskom diferencijacijom. Svakako iz forme raspodele kalijuma može se zaključiti, da je kalijum približno

logaritamski normalno raspoređen, što znači da je u stene unet u toku trajanja jednog procesa; a posle je populacija kalijuma ostala konzervirana sve do savremenog doba.

Srednji sadržaj kalijuma u sivim psefitima je manji od klarka intermedijarnih magmatskih stena. Takođe je uvek manji od klarka sedimentnog sloja (kao i peskovitih sedimenata) geosinklinala i platformi kontinentalne kore. To je normalna posledica relativno velike mobilnosti kalijuma, što dovodi do njegovog iznošenja u procesu sedimentne diferencijacije.

Zaključak

Raspodela singenetskih parcijalnih populacija urana, torijuma i kalijuma zavisna je od sedimentne (granulometrijske) separacije materijala.

Crveni alevroliti su obogaćeni u uranu, torijumu i kalijumu u odnosu na crvene psamite (i psefite), odnosno u odnosu na crvene klastične tvorevine. Forma raspodele urana je logaritamaska, a kod crvenih alevrolita još i simetrična. U crvenim alevrolitima torijum je raspoređen desnoasimetrično, a u krupnijim granulacijama raspodela torijuma je logaritamaska. Slična raspodela je zastupljena i kod kalijuma.

Raspodela urana u sivim tvorevinama je bitno drugačija od raspodele u crvenim, uvek je logaritamaska, sa karakterističnim logaritamskim repom. Između sivih psamita i psefita takođe postoji razlika u formi raspodele urana sindijagenetske parcijalne populacije, kod psefita je bliska lognormalnoj.

Raspodela torijuma i kalijuma u sivim klastičnim diferencijatima je uvek logaritamaska, što je svakako posledica vezanosti ovih elemenata za glavne petrogene minerale. Koncentracije torijuma i kalijuma zakonito opadaju od sitnijih ka krupnijim granulometrijskim frakcijama.

Zavisnost raspodele urana, torijuma i kalijuma od granulometrijske i geo-hemijske diferencijacije je veoma složena i još uvek nedovoljno jasna. Izvedena ispitivanja imaju preliminarni karakter, zato su potrebna namenska ispitivanja na većem broju podataka.

Distribution of U, Th, and K in siltstone, psammitic and pephitic rocks of Žirovski vrh

Summary

Distribution of uranium, thorium and potassium in each of the studied environment is represented by a statistical sample. The nonuniform numbers of data have impaired the representativity of these statistical samples; the inadequate number of data has prevented the statistical study in the cases of gray siltstone and red pephites.

Distribution of uranium in red siltstone is normal and follows the first law; however it is in the same time lognormal as well, which represents a curious phenomenon. The distribution of uranium in red psammites is logarithmic (follows the second law — V. Omaljev, 1978 b), with a tendency towards the lognormal distribution of relative frequencies. Relative to siltstone the population is shifted to the left, which is introduced by the decrease in uranium content in proportion with the increase of size of fragments of red clastites.

The compact population is caused by the distribution of uranium in the detrital petrogene minerals, as inherited from the primary sources.

The uranium distribution within the gray clastic deposits is basically different, and always logarithmic (follows the second law) with well expressed left logarithmic asymmetry. The logarithmic "tail" composed of younger partial uranium populations is present in the right part of histogram. When the dominant partial population in the first logarithmic decade is investigated, it can be concluded that this population was produced by the combination of syndiagenetic population within the petrogene fragments (inherited from primary sources) and the new diagenetic uranium population within the cement (or the mobile uranium). The partial populations within the logarithmic "tail" in the second log decade represents the mobile diagenetic uranium, which participated in the processes of redistribution. The presence of logarithmic "tail" indicates the geochemically and metallogenetically favorable environment, important in forming of uranium ore-grade concentrations. The mean uranium grade of syndiagenetic population normally decreases with increase of size of fragments in these clastites.

The thorium distribution in red siltstone is unexpectedly right-asymmetrical, and follows the third law (V. Omaljev, 1978 b); due to this asymmetry, there exist a large thorium accumulation in the mode of statistical scale of log 1 : 10 ppm. In the coarser-grained red clastites the thorium distribution is logarithmic. The thorium population is shifted leftwards relative to siltstone, which is caused by the normal decrease in thorium with the increase of grain size. The influence of granulometric composition on thorium concentration is more pronounced then in the case of uranium, being particularly well expressed in the red psephites.

In the gray sediments, thorium distribution is always logarithmic and close to lognormal. There also exists the decrease in thorium concentration with the increase of grain size, but less pronounced relative to red clastites. Statistical distribution of thorium is more regular in gray clastites, which is caused, most probably, by the factors of sedimentary differentiation. In red clastites thorium was precipitated subsequently, as indicated by the enrichment in siltstone, and decrease in thorium in psammites and psephites.

The potassium distribution in red siltstone is approximately normal in shape, but logarithmic by distribution parameters, which follow the second law. Left asymmetry increases in coarser-grained deposits, shifting the population leftwards in the histogram. The potassium concentration also decreases with increase in the grain size, probably due to the decrease of petrogene components with potassium, such as the potassium feldspars and sericite cement. It is rather probable that some potassium redistribution has taken place during the oxidation of these deposits.

The potassium distribution in gray clastic rocks is always logarithmic, and the rather compact population indicates the uniform processes of accumulation caused by the sedimentary, mainly the granulometric differentiation. The potassium content also decreases with the increase in the grain size, but in a lesser degree relative to red deposits. The shape of distribution within the logarithmic statistical scales is always close to lognormal, which is introduced by the mentioned mode of formation.

Literatura

- Ahrens, L. H. 1954 a, The lognormal distribution of the elements. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 5, No. 2, p. 49—73.
- Ahrens, L. H. 1954 b, The lognormal distribution of the elements II. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 6, No. 2/3, p. 121—131.
- Ahrens, L. H. 1957, Lognormal-type distributions — III. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 11, No. 4, p. 205—212.
- Ahrens, L. H. 1963, Lognormal-type distributions in igneous rocks — IV. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 27, No. 4, p. 333—343.
- Drozdovskaja, A. A. & Meljnik, Ju. P. 1968, Novie eksperimentaljne i rasčetnie dannie o migraciji torija v gipergenih uslovijah. *Geohimija*, No. 4. Moskva.
- Leonova, L. L. & Tauson, L. V. 1958, Raspredelenie urana po mineralam kaledonskih granitoidov Susamirskogo batolita (Centralnij Tjan-San). *Geohimija*, No. 7. Moskva.
- Leonova, L. L. & Pogiblova, L. S. 1961 a, Uran v mineralah porod intruzii gor Kzil-Ompul (Sev Kirgizija). *Geohimija*, No. 10. Moskva.
- Leonova, L. L., Gavrilin, R. D. & Bagraev, V. V. 1961 b, Povedenie urana i torija v intruzivnom komplekse povišenoj ščeločnosti (na primere massiva Kzil-Ompul). *Geohimija*, No. 12. Moskva.
- Miller, R. L. & Goldberg, E. D. 1955, The normal distribution in geochemistry. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 8, p. 53—62.
- Murray, E. G. & Adams, J. A. S. 1958, Thorium, uranium and potassium in some sandstones. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 13, No. 4, p. 260—269.
- Novak, D. 1977, Nekaj hidrogeoloških raziskav na območju Zirovskega vrha. *Loški razgledi*, 24, Skofja Loka.
- Omajev, V. 1967, Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu urana Zirovski vrh. *Radovi IGRI*, sv. 3, Beograd.
- Omajev, V. 1971, Prospekcija radioaktivnih kamenin v Sloveniji. *Geologija* 14, Ljubljana.
- Omajev, V. 1977 a, Geostatistički prikaz rudnog tela pomoću dvojnog histograma. *Tehnika*, RGM 10/77. Beograd.
- Omajev, V. 1977 b, Geostatističko ispitivanje rudnog tela V-1 u ležištu urana Zirovski vrh. *Radovi IGRI*, sv. 11, Beograd.
- Omajev, V. 1978 a, Karakteristike krive raspodele frekvencija korisne komponente u orudnjenju. *Tehnika*, RGM 10/78. Beograd.
- Omajev, V. 1978 b, Teorijska osnova nove metodologije ispitivanja rasporeda korisnih komponenti u prirodnoj sredini. *Radovi Geoinstituta*, sv. 12, Beograd.
- Omajev, V. 1979 a, Metalogenetske karakteristike uranskog rudišta Zirovski vrh. *Rudarsko-geološki fakultet (doktorska disertacija)*, Beograd.
- Omajev, V. 1979 b, Studija raspodele urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Zirovskog vrha. *Arhiv Geološkog zavoda Ljubljana*.
- Omajev, V. 1979 c, Raspodela urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Zirovskog vrha. *Radovi Geoinstituta*, sv. 13. Beograd.
- Pirc, S. 1977, Uran v kamninah, vodah in muljih na območju Posavskih gub v Sloveniji. *Rudarsko-metalurški zbornik*, št. 4. Ljubljana.
- Protić, M. & Gojković, S. 1965, Odnos Th/U u klastičnim stenama kao indikator geohemijskih facija. I simpozijum iz geohemije. Beograd.
- Ristić, M. & Markov, C. 1971, Mineraloško-geohemijske odlike sredine taloženja, indikatori orudnjenja i način postanka ležišta urana Zirovski vrh u SR Sloveniji. *Radovi IGRI*, sv. 7. Beograd.
- Rodionov, D. A. 1961, K voprosu o logaritmičeski-normalnom raspredelenii soderžanij elementov v izvrženih porodah. *Geohimija*, No. 4. Moskva.

Rodionov, D. A. 1962 a, Ocenivani srednjego soderžanija i dispersii lognormaljno raspredeljennih komponentov v porodah i rudah. Geohimija, No. 7. Moskva.

Rodionov, D. A. 1962 b, Zadača sopostavljenija srednih soderžanij lognormaljno raspredeljennih komponentov v porodah. Geohimija, No. 8. Moskva.

Rodionov, D. A. 1963 a, Trehparametričeskie raspredeljennija soderžanij elementov v porodah. Geohimija, No. 2. Moskva.

Rodionov, D. A. 1963 b, Osobennosti raspredelenija srednjego aritmetičeskogo v uslovijah asimmetričnih raspredelenij soderžanij. Geohimija, No. 7. Moskva.

Rodionov, D. A. 1964, K voprosu o statističeskom sravnenii sostavov porod. Geohimija, No. 4. Moskva.

Ronov, A. B. & Jaroševskij, A. A. 1976, Novaja modelj himičeskogo strojenija zemnoj kori. Geohimija, No. 12. Moskva.

Tolstoj, M. I. & Ostafijčuk, I. M. 1963, Nekatorie zakonomernosti statističeskogo raspredelenija himičeskikh elementov v gornih porodah i ih ispolzovanie dlja geohimičeskoj celej. Geohimija, No. 10. Moskva.

Tolstoj, M. I., Ostafijčuk, I. M. & Gudimenko, L. M. 1965, K voprosu o tipah krivih statističeskogo raspredelenija himičeskikh elementov v gornih porodah i sposobah račeta ih parametrov. Geohimija, No. 11. Moskva.

Vinogradov, A. P. 1962, Srednie soderžanija himičeskikh elementov v glavnih tipah izverženih gornih porod zemnoj kori. Geohimija, No. 7. Moskva.

