INSTITUT ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA
NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

POSEBNA IZDANJA

Knj. 3

VOJISLAV VUJANOVIĆ

RETKI METALI
SA PROCENOM PERSPEKTIVNOSTI JUGOSLAVJE

BEOGRAD
1970.

REDAKCIJSKI KOLEGIJUM:

Vojislav Vujanović
Desanka Popović
Stanislav Višić
Milorad Arsenijević
Milorad Teofilović
Gavrilo Deleon
Živadin Jakovljević
Spasoje Konjović

ODGOVORNI UREDNIK:

Milorad Teofilović

Tiraž: 1.000 primeraka

Štampa: Grafičko preduzeće »Radiša Timotić«, Beograd, Jakšićeva 9 — 1970.

SADRŽAJ

	Str.
ALKALNI METALI	7
Litijum	7
Rubidijum	10
Cezijum	10
ALKALNE ZEMLJE	12
Berilijum	12
RETKE ZEMLJE I SKANDIJUM	17
Retke zemlje	17
Skandijum	20
ELEMENTI METALNIH KISELINA	22
Cirkonijum	22
Hafnijum	22
Niobijum	27
Tantal	27
Renijum	31
ELEMENTI IZ Fe-Ti GRUPE	34
Vanadijum	34
TEŠKI METALI	38
Kadmijum	38
Galijum	41
Indijum	43
Talijum	45
Germanijum	47
METALOIDI	49
Selen	49
Telur	52
Vrednost jedinice mere	53
Pregled glavne primene RM	53
PROCENA PERSPEKTIVNOSTI	55
GEOLOŠKE FORMACIJE	56
Granitoidi	56
Metasomatski izmenjene stene	62
Migmatiti	62
Liskuniti	62

Str.

Sijeniti 63
Rioliti i njihovi tufovi 63
Leucitske stene 64
Alkalne stene 65
Karbonatiti 65
Pegmatiti 66
Vulkansko-sedimentne stene 67
Peščari 67
Rečni nanosi 68

PERSPEKTIVNOST POJEDINIH OBLASTI 69
Pelagonijski masiv 69
Surdul'čki eruptivni masiv 69
Vardarska zona 70
Panonska nizija 70
Jadransko primorje 71
Timočki eruptivni masiv 72

LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA 72
Ugljeni baseni 72
Ležišta fosfata 73
Rude hroma 73
Rude gvožđa 73
Olovo-cinkova ležišta 74
Uranova ležišta 74
Molibdenitska i Cu-molibdenitska ležišta 75
Ležišta nikla i kobalta 75
Ležišta kasiterita 75
As-Sb i Sb-Hg ležišta 75

Retki metali, na koje dugo nije obraćana veća pažnja, počeli su poslednjih godina da doživljavaju burnu ekspanziju i sve veću i raznovrsniju primenu u raznim granama industrije. Uporedo sa ovim u mnogim zemljama vrše se obimna istraživanja na retke metale, otkrivaju se novi tipovi ležišta i pronalaze nove primene. Ovo dramatično povećanje interesovanja za većinu retkih metala naročito je došlo do izražaja usled naglog razvoja elektronike, nukleonike, raketne tehnike, avio i industrije vasionskih letilica, zatim industrije čelika i elektroindustrije.

Mala količina pojedinih retkih metala daje čelicima veliku otpornost na habanje, istezanje i visoke temperature i ovi čelici se, između ostalog, upotrebljavaju za izradu oklopa i toplotnih štitova naročito u onim granama industrije gde su neophodni visokootporni čelici tj. u avio, raketnoj i industriji vasionskih vozila, cevi za gasovode, elektronskih i drugih aparata koji funkcionišu u uslovima povećanog pritiska i temperature. Druga važna primena je u nuklearnim reaktorima i nukleonici uopšte. Rad nuklearnih reaktora i centrala ne može se zamisliti bez niza retkih metala, koji su zbog toga dobili naziv »nuklearni metali«. Neki retki metali služe i kao raketno gorivo, dok drugi nalaze široku primenu u elektronici, odnosno industriji radio i tranzistorskih aparata, TV industriji i to naročito u boji. U hemijskoj industriji kao i hemiji niz retkih metala našlo je široku primenu, a neki od njih koriste se i u medicini. Uostalom, lista primene retkih metala danas je toliko dugačka, da bi bilo potrebno posebno poglavlje da se ona samo navede.

Kako se iz sistematskog dela vidi ovom prilikom nisu obuhvaćeni svi retki metali. Razlog je u tome što se neki metali više i ne mogu nazivati retkim, a to je slučaj sa molibdenom, titanom, volframom, kalajem i dr. pošto su poslednjih godina otkrivena mnoga nova nalazišta ovih metala. S druge strane, mi za retke smatramo samo one metale koji uglavnom ne izgrađuju sopstvena ležišta većih razmera, već se eksploatišu uporedo sa drugim metalima, najčešće kao uzgredni produkt. Po pravilu su retki metali, onako kako ih mi shvatamo, rasejani metali.

U sistematskom delu prikazani su pojedini retki metali na takav način da se mogu dobiti osnovni podaci o njihovim mineralima, tipovima ležišta, produkciji, primeni, rezervama i cenama. U drugom delu knjige data je procena perspektivnosti pojedinih formacija stena i ležišta u Jugoslaviji u pogledu na retke metale. Uporedo sa ovim dati su tabelarni prikazi perspektivnosti pojedinih minerala, rudnih ležišta običnih metala i nemetala kao i stena u pogledu na retke metale i to poglavito na osnovu pristupačne literature i fondovske dokumentacije. Na ovaj način želeli smo ne samo da dokumentujemo naše zaključke već i da budućim istraživačima omo-

gućimo da na jednostavan način dođu do podataka koji ih interesuju u konkretnom slučaju, bez nepotrebnog sistematskog studiranja postojeće literature.

Najzad, hteli bismo da ukažemo da pri sastavljanju ove knjige literatura nije prikazana na uobičajeni način na kraju teksta. Naime, u toku rada na ovoj knjizi korišćeno je više stotina literaturnih podataka iz različitih časopisa, pa bi prikazivanje ove literature zahtevalo veoma mnogo prostora. U pogledu na jugoslovensku literaturu trudili smo se da citiramo sve članke u kojima su prikazani sadržaji koji ukazuju na potencijalnu perspektivnost nekih lokalnosti, oblasti i formacija stena u pogledu na retke metale.

Beograd
22. jun, 1970. g.

Pisac

ALKALNI METALI

LITIJUM

Litijum je najlakši poznati metal. Mada je otkriven pre 150 godina i dosta rasprostranjen u stenama i vodama, on je do pre 15 godina bio vrlo malo poznat i korišćen. U poslednje vreme ovaj metal dobija sve više u značaju, a njegova primena postaje mnogostruka.

Klark litijuma iznosi 0,005, a njegovi glavni spojevi su spodumen, lepidolit, petalit, ambligonit i dilitijum — natrijum fosfat.

Karakteristično je da glavni spojevi litijuma predstavljaju skoro isključivo derivate granitske magme, usled čega se javljaju kao sastojci granitskih pegmatita, praveći tako i sopstvena rudna ležišta. Ovde se uglavnom radi o silikatima litijuma kao što su lepidolit, spodumen i petalit. Iz pegmatita se litijumovi minerali dobijaju flotacijom ili ručnim odabiranjem. I albitski pegmatiti sa lepidolitom mogu da budu ekonomski interesantni. Tako neki albitski pegmatiti mogu da sadrže i preko 2% litijuma. U novije vreme otkriveno je da i graniti mogu da sadrže značajne koncentracije litijuma. U Cinovecu (ČSSR), na primer, graniti sadrže 0.13% Li i 0.14% Rb. Ovaj sadržaj dobijen je na osnovu 7 urađenih hemijskih analiza.

Dilitijum — natrijum fosfat dobija se iz slanih voda, a njegove glavne rezerve su u USA i to u severnoj Karolini, Black-Hills-u, u Južnoj Dakoti i kalifornijskoj slanoj vodi. Ovde je otkriveno da slani talozi obogaćeni terigenim materijalom, odnosno glinena frakcija u njima, sadrže 0.22% litijuma. Pri tom su interesantne ne samo slane vode iz jezera već i slani izvori, naročito oni u blizini naftonosnih polja čija so može da sadrži interesantne količine litijuma. Poznati su pri tom turlanski slani izvori (SSSR), čija so takođe sadrži povećanu količinu litijuma. Searles Lake (USA), sadrži kristalastu so do dubine od 60—90 stopa, koja zahvata površinu od oko 20 kubnih milja.

Novootkriveno ležište litijuma kod Silver Peak-a (Nevada) doživljava veliku ekspanziju. Ovde se obrađuje oko 20 slanih izvora na dubini od 300—800 stopa, a sadašnja jezerska oblast iznosi 1.500 akri.

Grajzeni i grajzenizirane stene mogu takođe da sadrže interesantne količine litijuma. U Čehoslovačkoj, u lokalnosti Cinovec, ove stene sadrže 0,02—0,36% Li, a u žicama se ovaj sadržaj penje na 0,28—1,58%. U zapadnoj Češkoj (Cesarsko lece) sadržaj Li u grajzenima iznosi do 0,5%. U liskunima iz ovih stena sadržaj Li_2O dostiže 1,5—2,5%, a rubidijuma do

0,3%. Sadržaji fluora u ovim liskunima dostižu i 5%. Postoje i takozvana liskunsko-fluoritska ležišta u grajzenima, u kojima se javljaju povećani sadržaji litijuma. Tako u ovakvim ležištima sa Dalekog istoka (SSSR) sadržaj Li_2O u grajzenima iznosi 0,01—0,16% (pojedinačni rezultati za navedena ležišta su 0,01 — 0,08 — 0,9 — 0,03, — 0,16 i 0,00% Li_2O). Najnoviji podaci govore da i neke sedimentne stene mogu da nose značajne sadržaje litijuma. Tako u oblasti Saratovskog Povolžja (SSSR) sadržaj litijuma u alevrolitima, flišu i peščarima iznosi i do 800 gr/t.

PRODUKCIJA

Danas su glavni producenti litijuma na Zapadu Kanada i Južna Rodezija, zatim USA, Kongo (Kinšasa), Južnoafrička Unija, Brazil i dr.

Produkcija u USA u periodu između 1935—1952. bila je vrlo kolebljiva, ali je u celini uzev pokazivala trend porasta, što se vidi i iz priložene tabele.

Tabela 1

Godina	Ruda (kratke tone)	Vrednost (u US-dolar'ma)	Li_2O (kratke tone)
1	2	3	4
1935—39.	1.327	48.280	88
1940.	2.011	80.679	113
1941.	3.832	115.718	209
1942.	5.405	243.516	299
1943.	8.155	314.680	463
1944.	13.319	552.977	848
1945.	2.446	285.520	274
1946.	3.065	303.892	323
1947.	2.441	151.113	199
1948.	3.881	210.792	291
1949.	4.838	345.970	475
1950.	9.306	579.922	747
1951.	12.897	896.000	956
1952.	15.611	1,052.000	1.088

Pre šest godina prvi put je produkcija litijuma dostigla 100.000 tona za jednu godinu, a 1964. bila je godina najvećeg prosperiteta za kompanije USA koje se bave proizvodnjom ovog metala.

Tako se u 1964. godini samo iz rudnika Bikita dobilo 60.963 tone litijumove rude, prema 44.706 t u 1963. godini.

U 1964. godini uvoz litijumovih legura u USA iznosio je 12.252, a u 1965. godini 10.199 tona. Međutim, potrošnja litijumovih soli u USA u 1965. godini povećala se za 5—10% i dostigla je oko 5500—6000 tona (prvenstveno litijum karbonata). U 1966. godini uvoz u USA je opao zbog povećane produkcije u ovoj zemlji i to naročito petalita. Računa se da je potrošnja samo litijum karbonata u 1967. godini u USA iznosila oko 12—13 miliona libri. Što se tiče socijalističkih zemalja, za njih nema dovoljno podataka. Međutim, poznato je (New York Times) da je Kina eksportovala u SSSR 1965. godine oko 100.000 tona koncentrata litijumove rude i da je

u 1965. godini SSSR ponudio Li-karbonat i litijum hidroksid Kontinentu u manjoj količini. U 1968. godini potrošnja litijuma i njegovih spojeva povećala se za oko 15% u odnosu na 1967. god., tako da se trend porasta započetog još 1964. god. nastavlja.

Potrošnja Li_2CO_3 ekvivalentna na Zapadu, izražena u librama, bila je sledeća:

1966. — — — — — — —	20.790
1967. — — — — — — —	23.275
1968. — — — — — — —	24.650

Potrošnja Li-hidroksida rasla je sporo u 1968. godini, ali je sada jako porasla potrošnja Li-karbonata. Takođe je ohrabrujuće porasla potrošnja Li-metala.

REZERVE

Za sada postoje velike rezerve samo spodumena i slanih voda, ali su ukupne rezerve relativno male u odnosu na povećanu tražnju, tako da se vrše obimna ispitivanja i istraživanja u cilju pronalaženja novih rezervi.

U King-Mountains oblasti (USA) rezerve se procenjuju na oko 4,000.000 unci rude sa 1,3% litijuma. Slana voda Searles Lake-a (USA) sadrži na svakih 1.750 tona jednu tonu dilitijumnatrijum fosfata.

PRIMENA

Litijum se koristi u vidu gore navedenih minerala, zatim u vidu metala i najzad različitih spojeva. Lista njegove primene je veoma duga. Tako se on upotrebljava za maziva, u keramičkoj industriji, industriji stakla, metalurgiji, za taljenje, stapanje, u organskoj hemiji, pri izradi suvih baterija i alkalnih magacioniranih baterija itd.

U poslednje vreme mnogi medicinski časopisi ukazuju na litijum karbonat kao efikasno sredstvo za lečenje izvesnih mentalnih poremećaja. Litijum hidroksid se upotrebljava kao apsorbent CO_2 u letilicama Appolo programa. Upotreba litijuma povećana je i u aluminijumskoj industriji u toku 1968. godine, a predviđalo se da će se ovaj trend nastaviti i u 1969. godini. Litijum karbonat je i dalje kritična primesa kod TV cevi, u industriji stakla i keramičkog stakla. U vojnoj industriji litijum je u mnogostrukoj upotrebi.

CENE

U prvom kvartalu 1968. god. jedna libra litijum-metala prodavana je po ceni od 9—11 US dolara (99,5%). Krajem 1968. god. svi spojevi litijuma poskupeli su na Zapadu za oko 3%. U aprilu 1970. god. na Londonskom tržištu cene su bile sledeće:

Petalit 3,5%—4,5 Li_2O — — — — — —	110—125	šilinga/t c.i.f.
Lepidolit 3,5% Li_2O — — — — — — —	140—145	„
Spodumen 4,7% Li_2O (baza 6%) — — — —	115—120	„
Ambligonit (baza 8% Li_2O) — — — — —	135—155	„

RUBIDIJUM I CEZIJUM

Rubidijum i cezijum su vezani u prirodi, ali je sadržaj rubidijuma po pravilu dominantan. Sadržaj rubidijuma u vulkanskim stenama zemljine kore iznosi oko 0,039% dok mu klark iznosi 8×10^{-3}. Odnos Rb : Cs u mineralima obično iznosi 20—40, a K : Rb 100—2000.

Dugo vremena glavni ekonomski izvor rubidijuma bio je samo lepidolit, koji se obično javlja u pegmatitskim dajkovima i prvenstveno eksploatiše na litijum. Sadržaj Rb_2O u lepidolitu može da iznosi i do 3%. U najnovije vreme velike količine rubidijuma dobijaju se iz polucita, odakle se vadi i glavna količina cezijuma. Tako, npr. sadržaj cezijuma u polucitu može da dostigne i 36%. Ekonomski sadržaji polucita na Zapadu otkriveni su prvo u nekim pegmatitskim telima u USA i otada je ovaj mineral sve više tražen. U nekim pegmatitskim telima postoje zone sa skoro čistim polucitom. Pored navedenih minerala, sve više dobijaju u značaju karnalit, leucit i cinvaldit koji mogu sadržavati do 1% Rb_2O. U istočnom Zabajkalju (SSSR) utvrđeno je poslednjih godina da amazonit-graniti sadrže 0,18% Rb. Pri tome lepidolit iz pegmatita ove oblasti sadrži 4,93% Rb_2O i do 1% Cs_2O.

Druge prirodne pojave rubidijuma su slani izvori i vode, morska voda i životinjski organizmi. Sadržaj rubidijuma u kalijum hloridu iz podzemnih slanih voda Mičigena iznosi oko 0,05%, pri čemu je utvrđeno da se iz ovih voda može godišnje dobiti oko jedna tona rubidijuma.

U najnovije vreme je takođe otkriveno da alibitizacija stena može dovesti do koncentracije rubidijuma. Tako, na primer, albitizirani graniti iz Cinovec-a (ČSSR) sadrže do 0,26% Rb, a sličnih primera ima još.

PRODUKCIJA

Glavni producenti na Zapadu su Kanada i Rodezija, a iza njih slede USA, Švedska i JZ Afrika.

Za vreme drugog svetskog rata produkcija Rb i Cs u Nemačkoj iznosila je 100 funti godišnje. Do 1956. god. produkcija ovih metala nije se znatno povećala, tako da je do ovog perioda produkcija na Zapadu iznosila oko 100 funti rubidijum metala i spojeva godišnje. Mada je u međuvremenu produkcija porasla, nema podataka o njenom kretanju poslednjih godina.

U 1968. god. nije došlo do bitne promene u produkciji cezijuma. Uvoz u USA za prvih 10 meseci iznosio je 1106 libri Cs-hlorida, pri čemu je glavna količina uvezena iz Zapadne Nemačke, a ostatak iz Britanije. Produkcija rubidijuma, mada nepoznata, ostala je u 1968. godini na istom nivou. U 1968. god. uvezena je u USA 81 libra rubidijuma i to iz Kanade.

REZERVE

Ne postoje podaci o ukupnim svetskim rezervama rubidijuma i cezijuma. Smatra se, međutim, da rezerve lepidolita na Zapadu iznose oko 60.000 t (1956), a računa se da su i rezerve slanih voda u USA velike. Što se tiče pegmatita rezerve su izračunavane samo u pogledu na litijum tako

da ukupni sadržaji rubidijuma i cezijuma u ovim stenama nisu za sada poznati. U Manitobi (USA) kod Barnic jezera, utvrđene su rezerve od oko 300.000 kratkih tona polucitove rude sa preko 20% Cs_2O.

U ležištu Bikita (J. Rodezija) javlja se slično pegmatitsko telo sa polucitom kao i kod Barnic jezera. Ovde se prvenstveno eksploatiše litijum, ali se rezerve polucita cene na oko 150.000 t. Međutim, od 1959—65. god. odavde je povađeno svega 160 tona cezijumove rude sa prosečno 24% Cs_2O. U JZ Africi ima nekoliko manjih ležišta polucita i u 1966. god. odavde je povađeno oko 2.380 libri cezijuma.

U poređenju sa malom produkcijom smatra se da su svetske rezerve rubidijuma i cezijuma ekstremno velike.

PRIMENA

Rubidijum ima nekoliko neobičnih svojstava, zbog čega se koristi u elektronici, hemiji, medicini i fotografiji. Takođe se vrše ispitivanja za njegovu upotrebu u katalizi i za električne baterije. Rubidijumov izotop Rb-87 ima poluživot od oko 600,000.000 godina i ovo se koristi za određivanje starosti nekih stena. Takođe postoji mogućnost primene rubidijuma za ispitivanje vasione, zatim za rakete i generatore vasionskih brodova.

Cezijum se upotrebljava za opremu raketa i vasionskih brodova, kao i za atomske časovnike. Cezijum se takođe smatra idealnim sredstvom za jonske mašine koje imaju izvanrednu važnost za ispitivanje vasione, a brzina im iznosi oko 100.000 milja na sat. U 1964. godini je u USA sa uspehom ispitana jonska raketa, za vreme suborbitalnog leta, koja je lansirana iz Point Arguello-a. Prvi nuklearni reaktor lansiran 4. IV 1965. u satelitu Atlas-agena rakete sadržavao je jednu libru cezijuma. On je trebao da ostane u orbiti godinu dana.

Dalje se cezijum upotrebljava u termo-jonskoj tehnici, a soli cezijuma za scintilacione brojače, u produkciji vakuumskih cevi, cevi za fotomultiplikatore itd.

CENE

U 1968. god. cene su ostale iste kao i 1967. god.

Cezijum metal (99,9%) — — — — —	325 US dolara/lb
Cezijum metal (99,5%) — — — — —	100 „

Cene rubidijuma bile su približno iste kao i cezijuma.

ALKALNE ZEMLJE

BERILIJUM

Berilijum je vrlo rasprostranjen u zemljinoj kori, ali njegov opšti klark je nizak i iznosi svega 1×10^{-3}.

Berilijum se javlja u većem broju minerala, ali su samo neki od njih ekonomski interesantni. Ranijih godina mineral beril je bio jedini komercijalni izvor berilijuma, dok su se u poslednje vreme u spisak berilijevih ruda upisali još bertrandit, helvin i fenakit. Najvećim delom beril se javlja u pegmatitima, granitima i sijenitima, ali se do nedavno eksploatisao uglavnom iz pegmatita. U njima beril nastupa u vidu sitnih zrna ili kristala dugih do 6 i više metara, a pegmatitske žice koje nose ovaj mineral mogu se u nekim slučajevima pratiti na dužini i preko 1 km.

U SSSR-u je nedavno otkrivena formacija Be-nosnih metasomatskih stena (albititi, liskuniti, fluoritsko-liskunske stene) u kojima se, pored skarnova i grajzena, javlja i beril, zajedno sa kolumbitom i tantalitom. Berilonosni liskuniti predstavljaju neku vrstu metasomatskih (»destiliziranih«) pegmatita, a gornja parageneza berila u vezi je sa albitizacijom granita.

Na Uralu je otkriveno Be-orudnjenje u albitskim i kvarcno-albitskim žicama koje leže u dioritima. Beril se javlja u navedenim žicama u vidu krupnih kristala. Na terenu je takođe zapažena biotitizacija stena.

Beril je nađen i u kvarcnim žicama (Centralni Maroko) i to zajedno sa liskunom i kasiteritom, na kontaktu sa granitima. U ovoj oblasti beril nastupa i u pegmatitima. Sadržaj berilijuma u kvarcnim žicama iznosi do 1%.

I u granitima u Bugarskoj zapažena je Be-mineralizacija, takođe vezana za kasniju albitizaciju. Pored berila, ovde se još javljaju cirkon, kolumbit i samarskit.

U poslednje vreme grajzeni postaju sve interesantniji u pogledu na berilijum jer su doskora retki minerali kao helvin, hentelvin i danalit otkriveni u mnogim grajzenima u svetu. Ovde se navedeni minerali uglavnom javljaju u vidu rasejanih impregnacija i jako tankih žilica, ređe u vidu gnezda i nepravilnih nagomilanja. Pri tom helvin može često da bude glavni koncentrator berilijuma.

Nedavno je izvršena i klasifikacija berilijumovih ležišta u grajzenima:

— Berilovi metasomatiti
— Beril-kvarcni,

— Fluor-feldspatski,
— Muskovitsko-fluor-feldspatski,
— Fenakit-mikroklinovi,
— Fluorit (kvarc) — muskovitski,
— Helvin — kvarcni,
— Helvin—hematit—kvarcni,
— Helvin — hematitski,
— Hematit — kvarcni,
— Hematitski metasomatiti.

Postoje takođe i pneumatolitsko-hidrotermalna ležišta berilijuma.

U novije vreme otkrivena su i ležišta bertrandita, doista siromašnija berilijumom, ali koja nisu vezana za pegmatitske žice, već se radi o rudnim telima većih dimenzija. Tako je pre nekoliko godina otkriveno u USA (Utah) bertranditsko ležište Tomas Range, gde navedeni mineral nastupa u tufovima i to u vidu »slojeva« moćnih do 2 m, širine 120 m, a koji se mogu pratiti na dužini od blizu 300 m. Be-nosni tuf je tako izmenjen, da je značajan deo stakla zamenjen fluoritom, montmorionitom, opalom, bertranditom i drugim mineralima. Ovako izmenjen (nesortiran) tuf sadrži do 1,1% Be, ali postoje i konkrecije koje sadrže do 3,2% Be.

Opisano ležište je u vezi sa mlađom riolitskom vulkanskom grupom, odnosno sa fluoritom i uranskim ležištima ove oblasti.

I u lokalnosti Spor Mountain, takođe u državi Utah, nađene su koncentracije Be u tufovima i to zajedno sa fluoritom. Pored ovih, javljaju se i povećani sadržaji Fe, Mn, Pb, Zn i retkih zemalja. Pri tom maksimalni sadržaji Be iznose 10% a fluora oko 30%.

Još jedna mineralizacija u tufovima otkrivena je nedavno u USA i to opet u državi Utah, Honey Comb. Hills, Juab County. Ovde su vulkaniti predstavljeni andezitima, latitima, riolitima, tufovima, tufnim konglomeratima i riolitskim brečama, a nosilac berilijuma je opet bertrandit. Reč je u stvari o povišenim sadržajima berilijuma, fluora i retkih zemalja, pri čemu se bertrandit javlja u vidu sitnih zrna i inkluzija u tufovima. Smatra se da je Be-mineralizacija genetski vezana za riolite, jer se javlja na kontaktu ovih stena sa tufovima.

Sadržaj fluorita u navedenim tufovima iznosi do 6,2% pri čemu je interesantno istaći da ovaj fluorit sadrži 300 gr/t Cs, 650 gr/t Rb, 480 gr/t Li, 2400 (280—5600) gr/t Be i 28 gr/t volframa.

U državi Nevadi (USA), u volframovom rudnom polju koje zahvata oko 5 km^2, otkriveno je nedavno ležište fenakita, koga prati znatna količina bertrandita. Pored ovih javlja se i fluorit a u manjoj meri galenit, sfalerit i dr.

Postoje dva pojasa u USA u kojima se javljaju ležišta navedenog tipa i to:

Pojas Arisona — New Mexico,

Pojas Nevada — Utah.

Glavni berilijumonosni minerali u ovim ležištima su beril, bertrandit, helvin i fenakit. Najveći broj opisanih ležišta je tercijarne starosti, a samo mali broj mezozojske. Ispitivanja su pokazala da postoji prostorna veza

između berilijumovih i fluoritovih ležišta. U navedenim pojasevima široko su rasprostranjene vulkanske stene po sastavu bliske alkalnim riolitima. Od ovih se unekoliko razlikuju po povećanom sadržaju MgO i CaO, a takođe po manjim sadržajima Fe, Na_2O, TiO_2 i P_2O_5. Za njih je karakterističan povećan sadržaj berilijuma i fluora (0,12—0,79%). U predelu pojasa Nevada — Utah leži jedno od najvećih ležišta berilijuma na svetu: Spor Mountain (Utah), koje zaleže u sedimentnim stenama sa karbonatom. Ove stene su postale na račun pretaloženih tufova (paleozojskih), a Be-rude su u vezi sa riolitima i fluoritovim ležištima. U predelima pojasa izdvajaju se površine sa najboljim perspektivama u pogledu ekonomskih ležišta berilijuma.

Ispitivanja u USA su pokazala da postoji značajna povezanost između sadržaja Be i Si u vulkanskim stenama s jedne strane i vode i fluora s druge strane. Ovi podaci govore da vulkanske stene bogate u Be mogu da posluže kao indikatori za otkrivanje Be-ležišta. Konstatovano je takođe da se povećan sadržaj Be javlja po pravilu u stenama koje su bogate alkalijama. Smatra se da ako stena ima do 2,3 gr/t Be, da se ne radi o povećanim sadržajima ovog metala.

Za otkrivanje i istraživanje ležišta ovog tipa, važno je ukazati na još neke značajne pokazatelje. Ova ležišta obično se lokalizuju u obodnim delovima stabilizovanih struktura, koje su uključene u ubiranje u završnim etapama razvoja susednih geosinklinala. Kako je već rečeno, ova ležišta su najkarakterističnija za oblasti mladog mezo i kenozojskog ubiranja i to za krajnje etape razvitka susednih geosinklinala. U vezi su sa vulkanskim stenama kiselog riodacitskog, liparitskog i kiselog kvarc-sijenitskog sastava. Reč je o tipičnim blizupovršinskim ležištima, karakterističnim za oblasti sa neznatnim erozionim presekom mladih geoloških struktura.

U nekim ugljevima Belgije takođe su zapaženi povećani sadržaji berilijuma. U nekim od njih sadržaj berilijuma iznosi 200 gr/t, dok u onim koji su naročito bogati u berilijumu predviđa se prosečan sadržaj od 0,01—0,1% Be uz maksimalni sadržaj od 0,4%.

Na kraju, konstatovano je u poslednje vreme da se berilijum može u izvesnoj meri koncentrisati i u hidrotermalnoj fazi, ali ležišta ovog tipa do sada nisu otkrivena.

PRODUKCIJA

Glavni producenti berilijumovih ruda na Zapadu (uglavnom berila) su Brazil, Južna Rodezija, Argentina, USA, JZ Afrika, Južnoafrička Unija, Madagaskar, Portugalija i Mozambik.

Kretanje produkcije berilijuma u periodu od 1960—1968. god. izražene u tonama može se delimično videti iz priložene tabele:

1960.	9000
1964.	4000
1967.	7000
1968.	7500

Na kraju treba dodati da je nedavno otkriven nov metod za dobijanje berilijum-metala i to rastvaranjem, koji se pokazao veoma efikasnim, sa

iskorišćenjem od 82% i sa sadržajem metala od 98—99%. Takođe treba ukazati na činjenicu da se berilijum u znatnoj meri još uvek dobija iz otpadaka.

REZERVE

U 1955. god. rezerve berila u USA iznosile su oko 15.000 tona u ležištima sa 1% i više berila, a 280.000 tona u ležištima sa oko 0,1% berila. Svetske rezerve iznosile su oko 190.000 tona sa 1% i 3,500.000 tona sa 0,1% berila. U 1964. god. rezerve berilijuma na Zapadu bile su sledeće: 6,000.000 tona visokoprocentne i 4,000.000 tona niskoprocentne Be-rude. Ovo odgovara količini od oko 800,000.000 libri berilijum-metala. Rezerve u USA iznose oko 420.000 tona rude, ali Geološko društvo USA indicira samo u oblasti Spor—Topaz 3,5—5,000.000 tona.

PRIMENA

Berilijum je metal po mnogim svojstvima bez premca, zbog čega je njegova primena veoma široka. To je jedini postojan laki metal sa visokom tačkom topljenja.

Njegova primena kod legura daje mnogobrojne prvoklasne proizvode, tako da se doskora oko 90% berila upotrebljavalo za legure. Se-Be-Cu legure se široko primenjuju zbog njihove čvrstine, velike otpornosti na istezanje, velike električne i temperaturne provodljivosti, slabe korozivnosti i trošenja. Druge korisne legure berilijuma su sa cinkom, niklom, kobaltom, aluminijumom, platinom, gvožđem, hromom, zlatom i magnezijumom.

Čist berilijum — metal upotrebljava se za proizvodnju nuklearne energije, opremu za X-zrake, komunikacione satelite, raketnu i avio industriju i toplotne štitove, a berilijum oksid za opremu nuklearne energije i u proizvodnji visokotemperaturnih refraktorija.

U 1966. god. nađene su nove oblasti primene u elektronici i elektronskoj tehnici (elektronske računske mašine). Legura Be-Ni se sada primenjuje u proizvodnji matrica i kao izolaciono sredstvo. Nastavlja se porast upotrebe BeO u mnogim granama elektronike i u atomskoj tehnici. Proširuju se istraživanja u oblasti primene berilijuma sa posebnim akcentom u pogledu na mogućnost zamenjivanja titana berilijumom u spojevima. U nekim eksperimentalnim reaktorima takođe se koristi i berilijumov oksid.

Danas u USA veliki deo produkcije berilijum-metala ide za nuklearnu upotrebu i vasionska istraživanja.

U sledećim godinama obezbeđena je visoka potrošnja berilijuma na Zapadu, naročito u USA. Tako se u 1968. god. predviđalo da će samo za realizaciju NAVY-POSEIDON programa (projektili) biti do 1972. god. utrošeno oko 400.000 libri berilijuma. Velike količine berilijuma biće potrebne i za proizvodnju vojnih mlaznih aviona tipa C-5. Ova dva programa biće od velike važnosti u pogledu buduće primene Be-metala u USA. Veliki interes za berilijum pokazuju i drugi planeri i proizvođači vojnih i putničkih aviona u USA. Ovi programi, sami za sebe, obezbeđuju veliki porast primene berilijuma u industriji.

CENE

Od 1967. god. Be-prah se prodavao po stabilnoj ceni od 54—66 US dolara za libru, ali se cena Be-bakra (sa oko 2% Be) popela sa 2.46 na 2.62 dolara za libru. Ovo je delom posledica i povećanja cena bakra u svetu. U aprilu 1970. beril se prodavao na Londonskom tržištu po ceni od 330—350 šilinga za tonu jedinice BeO f.o.b. Pri tom je kupovan samo beril koji sadrži najmanje 10% BeO.

RETKE ZEMLJE I SKANDIJUM

RETKE ZEMLJE

Retke zemlje predstavljaju familiju od 15 vrsta metala. Ovde spadaju:

lantan	*samarijum*	*helmijum*
cerijum	*europijum*	*erbijum*
praseodim	*gadolinijum*	*tulijum*
neodim	*terbijum*	*iterbijum*
prometijum	*disprosijum*	*lutecijum*

Ranije glavna sirovina RZ bila je monacit, fosfat retkih zemalja, koji sadrži torijum, ali je 1949. godine otkriveno u Kaliforniji veliko ležište fluor-karbonata retkih zemalja (bastnesita) koje je u USA postalo druga važna sirovina RZ. Retkozemni silikatni minerali kao što su cerit i alanit za sada sasvim skromno učestvuju u svetskoj produkciji retkih zemalja. Inače postoji oko 200 minerala koji sadrže izvesne količine retkih zemalja, pa se očekuje da će iz nekih od njih u budućnosti biti eksploatisane i retke zemlje.

Naime, reč je o euksenitu, pirohloru, samarskitu, fergusonitu i gadolinitu. Najnovija ispitivanja pokazala su da i vezuvijan može da bude bogat u RZ (do 5% RZ_2O_3).

Glavna ležišta retkih zemalja na Zapadu (uglavnom monacita) nalaze se u Indiji, Brazilu, USA i Južnoafričkoj Uniji. Manja ležišta poznata su i u Australiji, na Cejlonu, u Indoneziji, Koreji i Malaji. Pri tome se u USA danas pretežno eksploatiše bastnesit.

Novija ispitivanja u SSSR pokazala su da i neki do sada neinteresantni minerali mogu sadržavati znatne količine retkih metala. Tako su ispitivanja pegmatita Južnog Jakutia dala sledeće sadržaje:

apatit	—	—	—	—	—	—	0,68— 1,16% RZ
ortit	—	—	—	—	—	—	9 —12,48% RZ
granat	—	—	—	—	—	—	0,49 RZ
sfen	—	—	—	—	—	—	4,10 RZ_2O_3

Ortiti iz pegmatitoidnih granita (zona ortitove mineralizacije) sadrži 20—22% retkih zemalja, 1,93 Th i 0,21 UO_2 (Srednje Pridnjeprovlje) a apatit iz Višnjeve gore (SSSR) 0,29—3,30% RZ_2O_3.

Nedavno je ispitivan sadržaj retkih zemalja u apatitima iz različitih tipova ležišta u SSSR. Uzete su 83 probe i utvrđeno je da nema velikih razlika u sadržaju retkih zemalja i da su srednji aritmetički sadržaji, izra-

ženi u procentima, sledeći: La 0,64—1,10; Ce 1,30—2,30; Pr 0,05—0,09; Nd 0,22—0,44; Sm 0,02—0,03; Gd 0,03—0,04; Dy 0,006—0,017; Y 0,10—0,14; Ho i Tb nisu ispitivani a Eu, Er, Tu i Yb javljaju se samo u tragovima.

Interesantno je da i apatiti iz pegmatitoidnih gabrova sa Urala sadrže povećane koncentracije retkih zemalja — do 0,67%.

Stene lovozerskog alkalnog masiva (iz 53 analize) sadrže oko 0,25% retkih zemalja. U evropskom delu SSSR pokazali su se interesantnim i migmatiti sa pegmatitskim žicama. Ovi pegmatiti sadrže kvarc, feldspat, biotit, monacit, almandin, ksenotim, apatit i magnetit. Prate ih arsenopirit i bakarni minerali.

Najnovija ispitivanja pokazala su da i neki karbonatiti mogu da budu interesantni u pogledu na retke zemlje. Tako dolomitske, verovatno karbonatitne žice iz Road Gulch-a, Wet Mountains, Colorado, sadrže 0,05——4,4% retkih zemalja, pored 0,05—0,23% torijuma i 50—140 gr/t niobijuma. Za ove žice karakterističan je i visok sadržaj barijuma (0,90—13%), koji se javlja u vidu barita. Retke zemlje i torijum javljaju se u toritu, bastnesitu i fergusonitu. Za ovaj poslednji mineral vezan je celokupan niobijum u žicama.

Relativno visok sadržaj retkih zemalja zapažen je i u fosforitima. Kao ilustraciju navešćemo neke za sada najbolje sadržaje RZ_2O_3 u fosforitima u svetu:

Kazahstan (SSSR), kambrija	0,13%
Tunis — eocen	0,11
Estonija (SSSR), ordovicijum	0,10
Centr. deo ruske platforme	0,02—0,48
Podolija (SSSR), kambrija	0,27—0,30
Srednja Azija (SSSR), fosfatizovani riblji ostaci	0,1—1,34%
Glavno devonsko polje (SSSR), fosfatizovani riblji ostaci	0,4—4,7
Stenovite planine (USA), perm	0,005—0,16

U starim metamorfisanim konglomeratima sa Urala, nađeno je povećano prisustvo Nb, Ta i RZ. Pri tom sadržaji RZ_2O_3 u ovim stenama iznose 2,16%.

PRODUKCIJA

Nema podataka o ukupnoj svetskoj produkciji retkih zemalja. Zna se, međutim, da samo Kalifornija (USA) daje mesečno oko 5000 tona bastnesita sa približno 10% retkih zemalja. Indija i Brazil takođe proizvode znatne količine monacita iz peskova, ali pošto ovaj mineral sadrži i torijum, smanjili su njegov izvoz. Produkcija monacita u Indiji u periodu 1961—1965, izražena u tonama, bila je sledeća:

1961.	1043
1962.	2640
1963.	2406
1964.	2093
1965.	2500

Trend porasta produkcije retkih zemalja počeo je 1967. i nastavio se u 1968. god., ali je bio praćen padom cena. Domaća ponuda u USA porasla je u 1968. god. za oko 20% (8.500 tona ekvivalenta RZ-oksida), dok je ukup-

na dolarska vrednost ponude pala za 20%. Uzrok ovoj anomaliji je rapidno povećanje potrošnje jeftinijih ruda-mešavina različitih retkih zemalja i smanjenje potražnje skupog itrijuma i europijuma od strane TV-industrije. Tako je potražnja ova dva metala pala u 1968. god. za oko 25%.

Danas je glavni proizvođač retkih zemalja u svetu rudnik Mountain Pass mine, gde se eksploatiše bastnesit. U 1968. god. u ovom rudniku je otkopano 23 miliona libri retkih zemalja, nešto manje nego 1966. i 1967. godine.

Uvoz monacita u USA, 1968. iznosio je 4000 tona, jer je produkcija istog u ovoj zemlji još uvek nedovoljna. Glavni izvor itrijuma i teških retkih zemalja su braneritsko-uraninitove rude Blind river-a (Canada), a u USA se retke zemlje eksploatišu i iz nanosa. Glavni izvor retkih zemalja za Japan su Brazil i Malaja i to prvenstveno ksenotim.

Bastnesit i monacit ostaju i dalje glavni izvor retkih zemalja u svetu.

REZERVE

Nema tačnih podataka o ukupnim svetskim rezervama minerala koji sadrže ekonomske količine RZ. Međutim, smatra se da postoje velike rezerve monacita u Brazilu, Indiji i J. Africi. Takođe se računa da su rezerve bastnesita u USA vrlo velike.

PRIMENA

Primena RZ u svetu je vrlo raznovrsna, pri čemu pojedine RZ imaju sve raznovrsniju primenu. Do 1967. god. glavna upotreba je bila: u industriji stakla (30%), industriji jezgra ugljenih lučnih elektroda (25%), mešanih metala i fero-cerijuma (20%) i industriji gvožđa i čelika (25%). Ostala upotreba je bila u keramici, metalurgiji, elektronici, farmaciji, hemiji, katalizi, optici, nukleonici i dr.

Danas je glavni kupac retkih zemalja petrolejska industrija, gde se RZ koriste kao katalizatori. U 1968. god. primena RZ u ovu svrhu u USA rapidno se povećala. Predviđa se dalji porast potrošnje La-oksida, a gadolinijum oksid je doživeo ogromnu ekspanziju u TV-industriji, prvenstveno za izradu TV cevi u boji. Sve više se traži i praseodim oksid u keramici (bojenje) i jedino opada potražnja itrijumovog i europijumovog oksida za TV u boji. Takođe se nastavlja razvoj primene RZ u veoma širokom spektru. Vrše se intenzivna istraživanja u cilju razvoja novih TV-fosfora i sijalica. Retke zemlje, na primer, menjaju boju živinog svetla u širokom dijapazonu. Takođe se intenzivno studira dalja primena RZ kod kobaltovih permanentnih magneta. I katalitička svojstva RZ, posebno cerijuma, obećavaju nova komercijalna tržišta.

Uopšte uzev, predviđa se dalji trend porasta potrošnje RZ.

CENE

U 1969. god. itrijum se prodavao po ceni od 40 a europijum oksid 400 funti sterlinga za kilogram. U aprilu 1970. god. cerijum (99%) se prodavao za 7 funti sterlinga/kgr.

SKANDIJUM

Skandijum je redak element, a njegov klark iznosi svega $1,5 \times 10^{-4}$. Međutim, on je veoma rasprostranjen u zemljinoj kori, jer se javlja ne samo u kiselim već i bazičnim stenama, a takođe i sedimentnim ležištima gvožđa.

Skandijum je relativno skup elemenat, zbog čega je njegova primena bila do nedavno vrlo mala. Poslednjih godina potražnja za ovim metalom se povećava.

Ranija istraživanja u pogledu na skandijum bila su ograničena na granite i granitske pegmatite, jer se ovaj metal javlja u kasiteritu, volframitu, euksenitu, monacitu, ešinitu, keilhauitu, cinvalditu, berilu, lepidolitu i biotitu, iz kojih se skandijum obogaćivao. Docniji ispitivači pokazali su da se u višim delovima zemljine kore skrivaju znatne količine skandijuma u Fe-Mg mineralima ultrabazičnih i bazičnih stena, kao što su gabrovi i pirokseniti. U vezi sa ovim vršena su i ispitivanja sadržaja skandijuma u nekim stenama, a rezultati su sledeći:

Bazalti (99 proba) — — — — —	38 gr/t
Andeziti (72 probe) — — — — —	34 „
Daciti (68 proba) — — — — —	21 „
Riodaciti (32 probe) — — — — —	14 „
Kvarc-lat'ti — — — — — —	11 „
Rioliti — — — — — — — —	5 „

U nekim ultrabazičnim stenama Malog Kavkaza (SSSR) sadržaj skandijuma dostiže nekad i 85 gr/t, a u diopsidima iz ovih stena sadržaj Sc_2O_3 kreće se od 0,008—0,018%. U nekim granitoidima Urala, amfiboli sadrže 150—200 gr/t skandijuma.

Sadržaji skandijuma u berilu, biotitu, volframitu, kasiteritu, cinvalditu, vikitu, monacitu i ortitu dostižu do 1%, dok sadržaj Sc_2O_3 u mineralu tortveititu $(Sc, Y)_2 \cdot (Si_2O_7)$ iznosi 42%. Nažalost, mineral tortveitit otkopavan je jedino na Madagaskaru i u Norveškoj, mada postoje i druge pojave ovog minerala u svetu. Bazit iz Bavena (Italija) ranije je smatran, zbog visokog sadržaja Sc, za skandijumski silikat, ali je nedavno utvrđeno da se radi o skandijumovom berilu. Ovo je utoliko od značaja što se gornja granica sadržaja skandijuma u berilu, a možda i drugim skandijumonosnim mineralima, pomera znatno na gore.

Poslednjih godina u USA se uveliko radi na dobijanju skandijuma visoke čistoće iz taloga pri obradi uranovih ruda iz Kolorado Platoa i fosfatnih stena Zapadnih država. Očekuje se da će uskoro iz ovih država početi da se dobijaju znatne količine skandijum oksida.

PRODUKCIJA

Produkcija skandijuma na Zapadu još uvek je vrlo mala, tako da jedva dostiže 12 libri godišnje. Tolika je istovremeno i potrošnja ovog metala. Ovo je posledica nedostatka pravih ležišta skandijuma i visokih cena koje ga još uvek čine nerentabilnim i ograničavaju njegovu upotrebu.

REZERVE

Ne postoje podaci o ukupnim svetskim rezervama navedenog metala. Smatra se, međutim, da su neograničene rezerve skandijuma vezane za piroksene i amfibole, prvenstveno one iz bazičnih i ultrabazičnih stena.

Kalajne i volframove rude takođe se mogu uzeti u obzir u pogledu rezervi skandijuma.

Novija istraživanja i laboratorijska ispitivanja u USA govore da i nalazišta fosfata kao i uransko-fosfatna ležišta treba uzeti u obzir pri proučavanju mogućnosti dobijanja većih količina skandijuma, a docnije i pri izračunavanju ukupnih svetskih rezervi ovog metala. Nedavno su proračunate rezerve uranovih ruda sa skandijumom na Zapadu, koje iznose oko 600.000.000 tona.

PRIMENA

Nov podstrek za primenu skandijuma daje mogućnost korišćenja fosfatnih i uransko-fosfatnih ruda u USA i eventualno drugim zemljama. Takođe se očekuju povoljni rezultati istraživanja nekih australijskih uglјeva u navedenom smislu. U međuvremenu, primena skandijuma je vrlo ograničena, mada se potražnja za ovim metalom povećava.

Danas se skandijum primenjuje za razna istraživanja, kao analitički standard, kao radioaktivni traser, za plavu luminiscenciju MgO, za izazivanje fosforescencije u etil alkoholu itd.

CENE

U 1955. god. tortveititska ruda se prodavala po ceni od 5—1200 US dolara po funti, zavisno od sadržaja i tekuće potražnje. Prečišćeni skandijum oksid se prodavao po ceni od 20—50 US dolara, a skandijum sulfat po ceni od 17,5 US dolara za gram.

U 1964. god. jedna libra skandijuma prodavana je po ceni od oko 1000 dolara, ali se očekivalo da će cena pasti na 30 US dolara, ukoliko uspeju eksperimenti za dobijanje skandijuma iz uransko-fosfatnih i fosfatnih ležišta u USA.

Sredinom 1970. god., jedan gram skandijuma (99,98%) prodavan je po ceni od 300 zapadno-nemačkih maraka.

ELEMENTI METALNIH KISELINA

CIRKONIJUM I HAFNIJUM

Cirkonijum i hafnijum javljaju se zajedno u prirodi. Prema rasprostranjenju cirkonijum zauzima 11 mesto, tako da su njegovi sadržaji u zemljinoj kori (preko 0,028%) veći nego nekih običnih metala kao što su bakar, olovo, cink i nikal. Klark hafnijuma daleko je niži i iznosi svega 0,0004. Klark Zr-a u sijenitima iznosi 430 gr/t, a u amfibolskim granitima 240.

Cirkonijum se javlja u različitim stenama kao što su kristalasti škriljci (posebno mermerisani krečnjaci), gnajsevi, sijeniti, graniti, pegmatiti, peščari, Fe-nosni peskovi i slojevi Fe-rude.

Tabela 2

Odabrana ležišta u peskovima duž obala Oregona, Coos Nay do ušća u reku Columbia (USA)

Lokalnost	Ilmenit i hromit u %	Cirkon u %	Magnetit u %
Lane	14,60	0,55	8,55
„	14,35	2 65	4,25
„	6,80	0,73	1,80
„	5,60	0,37	0,50
„	37,24	3,72	14,48
„	37.65	3,50	6,85
„	42,80	2,15	6,80
Linkoln	54,93	4,47	4,90
„	11 50	0,35	1,00
„	55,00	3,20	14,74
„	39,15	3,70	10,20
„	31,50	1,50	2,53
Tillamook	52.04	1,84	3,12
„	43,95	2,10	8,40

Ekonomski interesantni su samo minerali cirkon ($ZrO_2 \cdot SiO_2$) i badeleit (ZrO_2). Prvi se javlja najviše u granitima, sijenitima i dioritima, a sastavni je deo i rečnih šljunkova kao i morskih obalskih peskova. Ovi poslednji su glavni izvor cirkona, gde pored njega nastupaju ilmenit, rutil i monacit.

Badeleit se obično javlja u fonolitima, a prisutan je i u rečnim šljunkovima i priobalskim morskim peskovima. Međutim, komercijalna ležišta badeleita poznata su samo u Brazilu.

Tabela 3

Rezultati istraživanja akcesornih minerala u peskovima Idaho-a (USA)

Ležišta	Crni pesak 1b/cu yd	Sadržaj minerala u 1b/cu yd				
		Cirkon	Monacit	Ilmenit	Magnetit	Granat
Beaver Creek	15,64	0,10	0,51	10,60	0,50	0,10
Big Creek	19,96	0,62	1,50	13,40	0,20	1,50
Boulder Creek	42,25	3,59	tragovi	19,20	2,77	3,52
Clear Creek	11,42	0,30	0,71	4,60	0,30	5,00
Corral Creek	8,13	0,10	1,80	3,90	0,20	0,10
Deadvood River	9,92	0,09	0,08	3,28	4,57	0,45
Garden Valley	6,51	0,10	0,18	1,65	0,30	2,90
Gold Fork River	19,64	0,33	0,38	10,30	4,00	2,90
Horsethief Bassin	8,22	0,40	1,57	3,10	0,30	0,30
Lake Fork Creek	11,3	0,30	tragovi	2,10	2,42	3,32
Little Valley	22,65	0,45	0,45	6,80	6,90	5,60
Feace Valley	7,49	0,28	0,29	1,63	2,92	2,20
Fearsel Creek	14,7	0,19	0,84	9,93	0,50	0,58
Scoot Valley	15,21	0,70	0,57	0,10	0,60	1,90
Squaw Meadows	4,65	0,36	0,16	2,04	1,22	0,41
West Mountain	4,58	0,09	0,06	2,56	0,36	0,17

Ekonomski interesantna ležišta cirkona i badeleita nalaze se u peskovima, odakle se uglavnom i eksploatišu. Pored cirkona iz ovih ležišta eksploatiše se još rutil, ilmenit, magnetit i često monacit, tako da se u mnogim slučajevima cirkon dobija kao nuz produkt, uporedo sa navedenim mineralima. Zbog svega ovog jedva da postoji donja granica ekonomičnosti sadržaja cirkona u navedenim ležištima, što se najbolje može videti iz priloženih tabela.

Računa se da sva gore navedena ležišta sadrže između 15.000 i 20.000 tona cirkona, pri čemu su visoki sadržaji cirkona obično otkriveni u malim ležištima.

U sledećem ćemo prikazati sadržaje akcesornih minerala u peskovima nanosa u državi Idaho u USA.

U novije vreme vrše se istraživanja raznih formacija u pogledu na sadržaje cirkona. Tako je, između ostalog, utvrđeno da albitizacija granitoidnih stena može da dâ retkometalne mineralizacije praćene cirkonom. U Bugarskoj je, na primer, albitizacija donela čitav niz minerala i to: beril, cirkon, kolumbit, samarskit, bavenit i monacit.

Takođe je zapaženo da se cirkon zajedno sa monacitom može obogatiti u kontaktnim delovima granita usled magmatske diferencijacije.

I neke druge stene mogu imati povišene sadržaje cirkonijuma. Tako fonoliti mogu sadržavati i preko 1000 gr/t a neki komenditi iz Sardinije do 2000 gr/t cirkonijuma. Sijeniti Ulkanskog masiva (SSSR) sadrže 0.172%, amfibolski graniti 0,141% a albititi do 0,135% oksida Zr.

U alevrolitičnim glinenim sedimentima Zapadnog Sibira cirkon može da se koncentriše zajedno sa ilmenitom.

Hafnijum se dobija iz cirkona i badeleita, a njegov sadržaj u ovim mineralima obično ne prelazi 2%. U izmenjenim cirkonima, međutim, sadržaj hafnijuma, može da dostigne 17%, a u nekim varijetetima (malakolit, cirtelit) i do 24%.

PRODUKCIJA

Glavni producenti cirkona na Zapadu su USA i Australija. Kretanje produkcije cirkona, cirkonijumove spužve i cirkonijumovih derivata u USA u periodu od 1958—1963. godine može se videti u sledećoj tabeli:

Tabela 4

Izraženo u tonama

Godina	Cirkon	Cirkonijum spužve	Zr poluge	Zr oksid	Cirkon i Zr refraktorije	Hf oksid	Hf spužve
1958.	30.443	1.265					31
1959.		1.405	830		16.500	45	17,5
1960.		1.423	1.345	6.906	24.862	63	35
1961.		1.697	1.405	5.731	20.737	56	
1962.		1.272	1.282	4.495	37.100	29	
1963.		1.022	928	5.283	21.000	65	

Kako se iz priložene tabele vidi podaci o produkciji u USA u navedenom periodu su nepotpuni.

U 1968. god. proizvodnja Zr-spužve u USA iznosila je 3 prema 2,4 miliona libri u 1967. god. U Kanadi je u toku izgradnja tvornice koja treba da daje godišnje 600.000 libri cirkonijuma. Nove tvornice se takođe grade u Japanu i USA. Sve ove tvornice omogućiće povećanje godišnje produkcije cirkonijuma za oko 7 miliona libri. Takođe proširenjem kapaciteta samo jedne evropske tvornice Cr-spužve, koja je u toku, povećaće se proizvodnja na 700 tona godišnje.

Svetska produkcija cirkona u 1968. god. iznela je oko 350.000 tona, od čega je 80% proizvedeno u Australiji. Oko 90% ove produkcije je upotrebljeno u livnicama, keramičkoj industriji i za refraktorije.

Produkcija hafnijuma u USA u 1964. god. uključujući i uvoz, iznosila je 55 kratkih tona metala u vidu oksida. To je najveća produkcija poslednjih godina. Pored USA, nešto hafnijuma uspeli su da izdvoje i Francuzi. Potreba za hafnijumom u USA u 1966. bila je na ustaljenom nivou (23—32 tone godišnje). Do 1970. godine očekivalo se povećanje potrošnje na 45 tona godišnje, pri čemu se računalo na hafnijum kao uzgredni produkt pri produkciji cirkonijuma.

REZERVE

U 1965. god. poznate svetske rezerve cirkonijumovih minerala izražene u hiljadama tona bile su sledeće:

USA — — — — — — —	12.581
Australija — — — — — —	2.882
Brazil — — — — — — —	2.552
Indija — — — — — — —	3.360
Cejlon — — — — — —	1.000
UAR — — — — — — —	564
Druge zemlje — — — — —	404
	23.343 hiljada tona

Prema tipovima ležišta rezerve na Zapadu ovako su razvrstane:

— stara marinska ležišta	oko 8 miliona tona
— priobalska recentna	oko 14 „ „
— aluvijalna	oko 2 „ „
	24 miliona tona

Nedavno su izračunate rezerve cirkona iz dva argentinska ležišta (zaliv San Blas) i utvrđeno je da one iznose 148.000 tona.

PRIMENA

U 1959. god 28% cirkonijumove rude u USA korišćeno je za refraktorije, 27% za livničke peskove, 20% u keramici, 12% za metale i 6% u hemiji.

Cirkon je istaknuti refraktor jer je hemijski inertan, dobar je sprovodnik toplote, ima visoku tačku topljenja i veliku specifičnu težinu. Kada je stabilizovan on je slab sprovodnik toplote i odoleva toplotnim udarima. On može da odoli temperaturi od 2535°C, a pri temperaturi od oko 150°C on je izvrstan provodnik. Cirkonijum borid izdržava temperaturu do 6000°F. Cirkonijum fosfat se primenjuje u medicini (rak stomaka), dok se rastvori cirkonijumovih soli upotrebljavaju u tekstilnoj industriji. Cirkon se upotrebljava i u keramici, zatim u industriji porcelana, za beljenje stakla i dr. Takođe se prave legure cirkonijuma sa volframom, gvožđem (industrija čelika) i molibdenom. Cirkonijum oksid treba da je od koristi pri dobijanju raznih derivata nafte i u proizvodnji sintetičke gume. Od nedavno se cirkonijumonosni toplotni štitovi upotrebljavaju za zaštitu vasionskih vozila. Čist cirkonijum je vrlo skup. Žilav je, rezistentan prema koroziji, ima visoku tačku topljenja i niski faktor neutronske absorbcije. Cirkonijum se primenjuje i u hirurgiji i dr. U novije vreme upotrebljava se i u nuklearnim reaktorima.

Veliko povećanje potrošnje cirkonijuma u 1968. god. (oko 30%) direktno je vezano za ekspanziju izgradnje nuklearnih centrala, što se najbolje može videti iz priložene tabele:

	1969.	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.
Broj izgrađenih centrala i onih koje će se graditi	5	9	11	14	18	14	4
Vrednost u megavatima	3.169	7.053	8.426	12.048	16.171	11.713	3.571

Danas je najveći potrošač cirkonijuma u USA NAVY, gde se ovaj metal koristi za brodski nuklearni propulzioni sistem. Primena cirkonijuma se u novije vreme vezuje i za vojne avione na nuklearni pogon. Primena nelegiranog cirkonijuma i cirkonijuma za hemijsku opremu takođe raste. Mali lučni fleševi koji se danas koriste u najvećem broju kamera, sadrže isečene listiće cirkonijuma za postizanje svetlijeg fleša. Uz relativno jeftine automatske kamere ovo tržište doživljava dramatičnu ekspanziju. Široku primenu obećavaju i legure i super legure sa Ti, Ta, Nb i Mo. Razvoj veoma izdržljivih Ti-legura sa cirkonijumom u avionskoj industriji takođe predstavlja veliko potencijalno tržište.

Male količine hafnijuma upotrebljavaju se za oštre alate i fluorescentne praškove. Uopšte uzev, hafnijum se uglavnom upotrebljava u laboratorijama. Visoki faktor neutronske apsorbcije kod hafnijuma ima poseban značaj za bojenje opreme za nuklearnu energiju, ali detalji u vezi ove upotrebe nisu poznati. Takođe se hafnijum u poslednje vreme upotrebljava u nuklearnim reaktorima. U USA više od 90% hafnijuma ide na nuklearnu energiju, a zatim keramiku. Međutim, nastavlja se ispitivanje legure hafnijuma (80%) i tantala (20%). Prema najnovijim podacima ova legura je vrlo otporna na visoke temperature i počinje da se upotrebljava u avioindustriji u kojoj ovaj metal, po svoj prilici, ima vrlo dobre perspektive. Takođe se očekuje da ova legura bude široko primenjivana kao vatrostalni materijal. Isto tako, smatra se da će hafnijum uskoro naći širu primenu kod raketnih cevi i kod nekih vasionskih vozila.

CENE

Poslednjih godina cene cirkonijuma, cirkona i Zr-legura ostale su uglavnom na istom nivou. U 1968. godini cirkonijumova spužva prodavana je po ceni od 5—5,5 US dolara/lb, ukoliko je nuđena u velikim količinama, kao i u zavisnosti od čistoće. U aprilu 1970. godine na Londonskom tržištu cirkon je prodavan po sledećoj ceni:

Cirkonov pesak (Australija — 66/70% ZrO_2)
— standard 25—26 funti, 10 šilinga za 1 tonu c.i.f.
— premijum (do 1,1% TiO_2) 26—27 funti, 10 šilinga za 1 tonu c.i.f.

NIOBIJUM I TANTAL

Niobijum i tantal spadaju među retke metale sa jako niskim klarkom. Tako klark niobijuma iznosi 6×10^{-6}, a tantala $2{,}3\times10^{-6}$. Izuzetak čini niobijumov klark Lovozerskih tundri (SSSR) koji dostiže 7×10^{-6}.

Niobijum i tantal pojavljuju se u određenom kompleksu minerala koje možemo podeliti u pet grupa: pirohlorova, fergusonitska, kolumbitska, samarskitska i ešinitska. Od ekonomskog interesa su pirohlorova i kolumbitska grupa, dok su ostale interesantne utoliko što sadrže minerale u kojima se nalaze retke zemlje.

Ležišta pirohlora nalaze se u alkalnim stenama i karbonatitima. Poslednjih godina ovaj tip ležišta dobija sve više u značaju. Tako je na primer u 1963. god. preko 50% produkcije niobijumovih i tantalovih koncentrata predstavljalo proizvodnju dva velika ležišta pirohlora u Kanadi i Brazilu. Srednji sadržaj niobijuma u karbonatitima u svetu (1963) iznosi 0,1951%. U međuvremenu je otkriven veliki broj novih pojava karbonatita i ležišta niobijuma u ovim stenama i moguće je da je ovaj sadržaj danas znatno povoljniji. Takođe i kalajne troskve sa 4—9% Ta_2O_5 i dalje su važan izvor tantala.

Kolumbitova grupa se javlja u granitskim pegmatitima ili aluvijumu koji vodi poreklo iz ovih stena. Do 1953. god. najveći deo navedenih metala vađen je iz kolumbit-tantalovih minerala kolumbitske grupe. Danas se najveći deo kolumbita i tantalita dobija kao uzgredni produkt u kasiteritskim ležištima. Ostali deo se otkopava iz pegmatitskih tela kao nuz produkt pored berila, spodumena, liskuna ili kasiterita. Evo sadržaja Nb_2O_5 u nekim kasiteritima SSSR:

Lok. Etika (I. Zabajkalje)	2,17%
Poljarnoje (Jakutija)	0,47%
Uvalnoje (I. Zabajkalje)	0,24%
Dedova gora	0,22%

Najinteresantniji genetski tipovi vezani za subvulkanska zbivanja mogu se klasificirati na sledeći način:

1. Fluorit-bertranditova ležišta u tufovima,
2. Bertrandit-fenakitova ležišta u subvulkanskim intruzivima,

3. Ta-Nb-nosni grajzeni i albititi u subvulkanskim intruzivima,
4. Ta-Nb-nosni metasomatiti u tufovima i pokrovima,
5. Nb-Th-RZ-metasomatiti u subvulkanskim intruzivima,
6. Ta-Nb-karbonatiti u nekovima,
7. Ta-Nb karbonatiti u intruzivima centralnog tipa.

U novije vreme dobijaju značaj i neki boksiti. Tako su u USA istraživani boksiti koji su nastali iz alkalnih nijobonosnih stena. U boksitima niobijum je vezan za ilmenit i u USA se razvija metoda za koncentraciju ilmenita iz boksita i izdvajanje niobijuma iz ovog minerala. Ilmeniti iz nekih granita takođe su niobijumonosni. Tako ilmenit iz nekih sibirskih granita sadrži do 1% Nb.

Najnovija ispitivanja pokazala su da neki ilmenorutili mogu sadržavati blizu 20% Nb_2O_5 uz 2,5% Ta_2O_5 (lokalnost Udraži ČSSR). Ovi ilmenorutili su genetski vezani za metasomatsku albitsku zonu koju prate turmalin, monacit, muskovit, ksenotim, kolumbit i rutil. U nekim alkalnim bazaltima glavnu količinu niobijuma (85%) sadrži titanomagnetit (300—1000 gr/t). U volframitu Cinoveca sadržaj Nb_2O_5 ide i do 0,6% a Ta_2O_5 do 0,8%. Neki arfedsoniti i egirin-augiti iz Be i Nb-nosnih parageneza (trakaste albitske stene) sadrže, pored 0,18% BeO i 0,14% Nb_2O_5, dok egirini sadrže 0,20% BeO i 1,04% Nb_2O_5.

Neki nanosi Isik-kulske depresije (SSSR) sadrže 190—250 gr/t Nb_2O_5. Pri tom je glavna količina niobijuma vezana za mineral sfen.

U SSSR, Bugarskoj, Nigeriji i dr. utvrđen je povećan sadržaj niobijuma u nekim granitima, alkalnim granitima, gnajs-granitima, sijenitima i granitoidima, koji su u manjoj ili većoj meri albitizirani. U skoro svim ovim slučajevima prinos niobijuma se vezuje za fazu albitizacije navedenih stena. Relativno visoki sadržaji niobijuma u nekim mineralima manje više očuvanih granita takođe su zapaženi u poslednje vreme. Tako u nekim granitima SSSR sadržaj niobijuma u biotitu kreće se od 0,01—0,03%. U liskunima iz pegmatita koji ih prate sadržaj niobijuma iznosi 0,1%.

U Bugarskoj pored kolumbita i samarskita, nastupaju još cirkon i beril, i svi ovi minerali su prinešeni u toku kasnije albitizacije granita.

U SSSR-u na obodu Mugodžarskog antiklinorijuma, u albitiziranim sijenitima otkrivena su pneumatolitsko-hidrotermalna orudnjenja u kojima se javljaju dva tipa rude:

1. Pirohlorova sa cirkonom i
2. Kolumbitova, vezana sa dajkovima sijenit-porfira i sijenit-aplita.

U Nigeriji, u alkalnim granitima, sadržaj niobijuma iznosi 80—1000 gr/t. U delovima granita koji su docnije albitizirani sadržaj niobijuma dostiže 0,14% a u astrofilitu 0,5%. Iz gore navedenih, kao i drugih podataka proizilazi da albitizacija često dovodi do koncentracije Nb, mada albitizacija može u nekim slučajevima da dovede i do osiromašenja u Nb.

Poslednjih godina vršena su ispitivanja sadržaja niobijuma i Ta u raznim stenama, koje se manje-više smatraju niobijumonosnim. Evo nekih rezultata tih ispitivanja:

Rioliti (Nigerija)	140 gr/t	Nb	Ta
Komenditi „	200 „	„	
Komenditi (Sardinija)	150—200 „		
Panteleriti „	250—400 „		
Bazaltoidni kimberlit (Jakutija — SSSR)	do 180 gr/t		
Kimberlitski tuf (Jakutija — SSSR)	130 „		
Boksiti (iz 20 ležišta Evrope)	10—150		
Nanosi (Isik, SSSR)	190—250 gr/t	Ta_2O_5	
Rioliti (Nigerija)	140 gr/t		
Albit-ribekit-graniti	150 „	15	
Biotit-granit (Džis — SSSR)	180 „	30	
„ „	110 „	14	
„ (Bom)	230 „	18	
Amfibol granit porfir (Sara)	91 „	8,5	
Arfedsonit-porfir (Caja)	140 „	14	
Amfibol-sijenit (Penkšin)	57 „	9	
Apogranitи (pečorski Ural)	20—200 gr/t		

Pre nekoliko godina otkriven je nov tip niobijumovog ležišta na Uralu i to u kvarc-porfirima i njihovim tufovima. Radi se o paragenezi kolumbit (?), malakonit, oranžit, molibdenit, fluorit, ilmenit, hematit-ilmenit-rutil, leukoksen, galenit, sfalerit, rutil, granat, grafit, amfibol, apatit. Sve se ovo javlja u vidu sitnih zrna i inkluzija u navedenim stenama, a delom i u kvarcnim žicama, izuzev fluorita čija zrna i kristali dostižu dužinu i do 5 mm. Međutim, način postanka ove parageneze još uvek je nerazjašnjen. Na kraju da ukažemo i na nedavno otkrivene povećane koncentracije Nb i Ta u doordovicijskim metamorfisanim konglomeratima Urala. U njima je nađeno 0,001—0,022% Ta_2O_5, 0,06—0,27% Nb_2O_5 u 0,08—2,61% RZ_2O_2.

PRODUKCIJA

Glavni producenti Nb i Ta-koncentrata na Zapadu bili su Kanada, Brazil, Nigerija, Kongo, Malezija i USA, a glavni potrošač navedenih metala su USA. Danas su glavni producenti Brazil i Nigerija.

Poslednjih godina otkrivena su nova ležišta tantala na Zapadu. U Mozambiku su otvorena dva nova rudnika, a koncentrati iz njih sadrže 60% Ta_2O_5. To su danas najbolji tantalovi koncentrati na svetu. Povećana produkcija tantalovih koncentrata zapažena je poslednjih godina i u Australiji. Ovde se tantalit dobija iz pegmatita, delom kao uzgredni produkt pri eksploataciji kalaja.

Mada nema potpunih podataka o produkciji Nb i Ta i njihovih spojeva poslednjih godina, smatra se da se ona stabilizovala na određenom nivou. Glavni producent Nb-minerala na Zapadu je Brazil (Araxa rudnik). Kapaciteti kompanije koja eksploatiše ovaj rudnik iznose 12 miliona libri. Prema podacima za 1968. god. oko 73% izvora niobijuma na Zapadu otpada na pirohlor, pri čemu 61% US uvoza pirohlora dolazi iz Brazila. Drugi producent je Nigerija, gde se eksploatiše kolumbit, koji je ranije bio glavni izvor za fero-kolumbijum. Međutim, ograničene rezerve ovog minerala onemogućavaju porast njegove potrošnje. Zbog toga se industrija u znatnoj meri preorijentisala na pirohlor, kome je obezbeđena dominantna uloga. Tako sada industrija uglavnom nije više zainteresovana za kolumbit, čak kada bi se i otkrila velika ležišta ovog minerala, jer bi troškovi ponovne preorijentacije bili suviše visoki.

Produkcija Ta-koncentrata povećava se poslednjih godina. Uvoz u USA je opao u 1968. god. za 12%. U 1967. god. US uvoz iz Konga, Brazila i Mozambika (sa 44% Ta_2O_5) iznosio je 646.000 libri ekvivalentnog Ta-okida. Velika količina kalajne šljake koja je sadržavala do 12% Ta_2O_5 uvezena je u USA iz Konga, Malezije i Tajlanda. Na ovaj način uvezeno je oko 1,6 miliona libri Ta_2O_5 ekvivalenta. Srednji sadržaj Ta_2O_5 u ovim šljakama iznosio je oko 5,5%.

Produkcija Ta-metala u USA 1968. god. iznosila je oko 800.000 libri. Oko 2/3 je kondenzatorski prah, ali se u znatnoj meri proizvode i tantalove poluge.

U 1968. god. samo iz rudnika Araxa (Brazil) povađeno je oko 5.000 tona Nb-koncentrata. Nigerijska produkcija iznosila je 1.116 tona, a kanadska 1900 dugih tona (oko 2,1 milion libri Nb_2O_5).

REZERVE

Godine 1960. rezerve Nb_2O_5 u USA iznosile su 180.400 t, uglavnom iz niskoprocentnih ruda sa 40—1500 gr/t Nb_2O_5. Rezerve Ta_2O_5 na zapadu iznosile su 1965. godine oko 100.000 tona, mada je veći deo rude nepogodan za obradu. Treba uz sve ovo naglasiti da se još uvek za ekonomski interesantna smatraju ona ležišta koja sadrže 3000 grama po toni niobijuma, uz odgovarajući sadržaj tantala. Međutim, povećana potrošnja svakako će uskoro ovu granicu spustiti na dole. Rezerve Ta u Barnic Lake (Manitoba) iznose oko 1,87 milion tona rude sa 0,23% Ta_2O_5. Ovde se tantal dobija iz pegmatita.

PRIMENA

Niobijum i tantal se pre svega primenjuju u industriji čelika, zbog čega ih nazivaju i »metalima čelične industrije«. Tako su poznate legure niobijuma i gvožđa (»ferokolumbijum«) zatim niobijuma tantala i gvožđa (»ferokolombijum-tantal«).

Danas se, međutim, niobijumova visokotemperaturna smeša velikim delom koristi za mlazne mašine i gasne turbine. Niobijum se upotrebljava i u izvesnim nuklearnim reaktorima, a služi i kao »getter« u vakuum cevima.

Visoka mehanička čvrstina, zajedno sa izvanredno velikom rezistencijom prema hemijskom napadu, omogućuje upotrebu tantala kao materijala za konstrukciju hemijske opreme i uopšte opreme koja je rezistentna na koroziju (dentistika, hirurgija i dr.). Dalje se tantal primenjuje u elektronici i radioindustriji, a tantalov karbid za oštre alate, jer je izvanredno tvrd i ima tačku topljenja od oko 4000°C.

U USA je u razdoblju 1963—1968. primenjivan ferokolumbijum-tantal u sledeće svrhe:

	1963.	1964.	1965.	1966.	1967.	1968.
Nerđajući čelici	32	32	26	21.0	14.9	14
Visokotemperaturne legure	22	13	11	19.9	18.2	21
Druge legure čelika	30	43	50	43.8	47.7	42
Karbon čelici	14	11	12	13.5	16.7	21
Ostalo	2	1	1	1.8	2.5	2
	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Treba takođe naglasiti da je potrošnja fero-kolumbijuma (tantala) neprekidno rasla u periodu 1965/68. godine. U 1968. god. primena Ta u USA bila je sledeća:

Oko 2/3 proizvedenog tantala upotrebljeno je za proizvodnju kondenzatora.

Znatan deo tantala korišćen je za razvoj u oblasti avio industrije i nuklearne energije. Pored toga, 5—10% svih potreba ide na dobijanje Ta-karbida. Oko 50 hiljada funti Ta-poluga i parčadi ide godišnje za izradu visokotemperaturnih legura koje se upotrebljavaju u vojnoj i avio industriji, za izradu pojedinih delova kod gasnih turbina. S druge strane NASA (USA) žuri sa upotrebom tantala u raketnim mašinama. Male količine niobijuma koriste se takođe za izgradnju vasionskih letilica.

CENE

U poslednje vreme cene Nb-metala učvrstile su se na 11—23 US dolara za libru, zavisno od ponuđene količine i čistoće. Niobijum reaktorske čistoće prodavan je po ceni od 12—-13 US dolara za libru, a metalurški 11—12 dolara. Pirohlor se prodavao po ceni od 90—95 centi za funtu, a u novije vreme 98 centi. U aprilu 1970. god. na Londonskom tržištu prodavan je nigerijski kolumbit (70% pentoksida) po ceni od 210—220 šilinga/t c.i.f.

Cene Ta-koncentrata malo su pale u 1968. god., a očekivalo se da će u 1969. god. i dalje umereno padati. U novembru 1968. god. Ta-koncentrati prodavani su po ceni od 8,5—10 odnosno 5,5—7 US dolara za libru sadržavajućeg Ta_2O_5, 60% baza, c.i.f. US uvoz.

Cene Nb i Ta metala bile su u 1968. god. skoro identične.

RENIJUM

Renijum spada među retke elemente sa vrlo niskim klarkom koji iznosi oko 7×10^{-6}. Pored toga što je redak, renijum je i veoma rasejan element, tako da ga nalazimo u 57 minerala i to kako u silikatima (1×10^{-4}), tako i niobatima, cirkonatima i sulfidima ($0{,}02 \times 10^{-4}$). U malim količinama renijum se često nalazi u kolumbitu, tantalitu, piroluzitu, volframitu, rutilu, halkozinu, piritu, euksenitu, galenitu, antimonitu, fergusonitu, oranžitu, samarskitu, cirkonu, monacitu, kao i nekim kompleksnim platinskim mineralima.

U znatnim količinama renijum je zapažen u gadolinitu, vulfenitu, alvitu i tortveititu, gde njegov sadržaj može da dostigne do 0,1%.

Najveći sadržaji renijuma zapaženi su u molibdenitu, a zasada najveći procenat renijuma sadrže molibdeniti iz Norveške (0,308%) i Katange (do 5%). Samim tim molibdenske rude predstavljaju glavni komercijalni izvor renijuma u svetu. Pored ovih takođe su interesantne i molibdensko-bakrove i bakrove rude.

Danas se izdvajaju dve grupe industrijski važnih ležišta renijuma i to: sedimentna i hidrotermalna. Najveći značaj u prvoj grupi imaju ležišta bakronosnih peščara sa molibdenitom (Džjezkazgansko, Kop — Kazgansko, Spasko, Dalensko, Guljčinsko i dr.). Sedimentnoj grupi pripadaju i uran-bakrova ležišta, u peščarima (San — Valej, Sev. Arizona, USA), bituminozni bakrovi škrlijci (Mansfeldska grupa ležišta), ugljenični sedimen-

ti sa visokim sadržajem molibdena i drugih retkih metala (Srednja Azija).

U drugu grupu spadaju poznata hidrotermalna ležišta molibdenita u svetu, zatim molibdenitsko-bakarna i bakarna. Ovde takođe spadaju i Mo-ležišta u sekundarnim kvarcitima. Nedavno je utvrđeno da i sedimentne stene mogu sadržavati interesantne količine renijuma. Tako neke trijaske sedimentne stene iz Arizone (USA) sadrže oko 0,07% renijuma, u vidu Re_2O_7.

Iz svega ovoga se vidi da molibdenske rude predstavljaju glavni komercijalni izvor renijuma u svetu.

U sledećem ćemo prikazati sadržaje renijuma u nekim molibdenitima u svetu izražene u gramovima po toni.

Lokalnost	Mineral	Sadržaj renijuma gr/t
Stavanger — Norveška	Molibdenit	3.080
„	„	3.110
Lanisejaur, Švedska	„	2.500
Arandal, Norveška	„	1.420
Cananea, Meksiko	„	130
Hvalerogene, Norveška	„	91
Turska	„	51
Peru	„	49
Flekkefiord, Norveška	„	13
Shirakawa, Japan	„	10
Bugarska	„	11
Razne lokalnosti	Wulfenit	0,3—3,3
Norveška	Gadolinit	0,03—1,1
Norveška i Madagaskar	Kolumbit	0 05—0,2
J. Afrika i Finska	Tantalit	0,03—0,08

Interesantno je takođe naglasiti da pri oksidaciji i stvaranju sekundarnih Cu-minera, renijum može da se koncentriše do 20—50 gr/t, a sadržaj Re u rudničkim vodama (suvi ostatak) može da iznosi 1—2 mgr/l.

PRODUKCIJA

Komercijalni renijum dobija se iz čađi koja nastaje pri prženju i topljenju molibdenskih ruda, odnosno kao nuz produkt bakarnih sulfidnih ruda. Tako je do 1954. god. proizvedeno 240 funti renijuma iz 17 tona MoS na navedeni način. U USA je takođe iz jednog Cu-ležišta dobijeno oko 500.000 funti MoS_2 sa sadržajem od oko 20 gr/t Re (do 1955. god.).

U 1956. god. očekivala se u USA produkcija od preko 1000 funti renijuma godišnje. U 1960. god. međutim, produkcija renijum metala na Zapadu iznosila je 1035 od čega na USA otpada 675 funti.

Produkcija Re na Zapadu zadržala se u 1968. god. na 2500 libri, dok je u US opala zbog štrajkova.

REZERVE

Prema Bureau of Mines USA rezerve renijuma u bakarnim rudama cene se na oko 200 tona, a u molibdenitskim na 360 tona.

Prema Ref. žurnalu (1965) — SSSR — rezerve renijuma na Zapadu iznose 1000—1043 tone, od čega na USA otpada 454—680 tona. Od novih ležišta Re najbolje perspektive imaju Cu-polimetalične rude Kipuši i Tsumeb rudnika. Ovaj poslednji sadrži 1,67%. Takođe su interesantni Cu-peščari (0,0005% Re), sedimentne U-V-rude platoa Colorado (0,0001% Re) i dr.

PRIMENA

Renijum se lako legira sa volframom, niklom, kobaltom, molibdenom, tantalom, platinom, rodijumom, iridijumom, zlatom, i gvožđem, a ove legure su veoma otporne na koroziju. Termospojevi platina—renijum i iridijum—renijum upotrebljavaju se za temperature do 1900°. Dalje se renijum upotrebljava u elektronici i kao katalizator, a renijumovi spojevi i koloidni renijum pri hidrogenizaciji ugljeva, ugljenog katrana i mineralnih ulja. U novije vreme renijum se upotrebljava pri izradi oklopa za zaštitu od zračenja i u raketnoj industriji, ali ovde je njegova primena ograničena zbog male svetske produkcije ovog metala. U SSSR se renijum upotrebljava pri rafinaciji petroleja.

Poslednjih godina naročito se primenjuju legure sa volframom i molibdenom koje se mnogo koriste u avio industriji, zatim za izradu elektronskih cevi, električne kontakte, za rakete (pogon), za redukciju i dr. Dva novoobjavljena patenta omogućiće eksploataciju renijuma i iz vrlo siromašnih troskvi, koje prema današnjim kriterijumima ne sadrže ekonomske količine renijuma. Prvi metod se sastoji u kontrolisanoj oksidaciji renijumonosne šljake, a primenom drugog renijum bi se dobijao elektrolitičkim putem.

CENE

Početkom 1968. god. 1 gr renijuma prodavao se na US tržištu po ceni od 1,3 dolara.

ELEMENTI IZ Fe-Ti GRUPE

VANADIJUM

Vanadijum je široko rasprostranjen u zemljinoj kori, a njegov klark iznosi 0,02. S druge strane on se javlja u velikom broju minerala i to kako u silikatima, tako i oksidima i sulfidima, pa čak hidratisanim mineralima. Glavni minerali vanadijuma su patronit, karnotit, roskelit i vanadinit.

Iako ležišta vanadijuma nisu mnogobrojna, ipak su vrlo raznovrsna. Ranije su glavni svetski izvor vanadijuma bila ležišta vanadijum sulfida u Peru-u, a danas ležišta u USA, gde se navedeni metal dobija kao nuz produkt pri eksploataciji uranovih ležišta. Centar rudarenja u USA je region Colarado — Utah, ali manji otkopi postoje i u Arizoni, Nevadi, Novom Meksiku, Južnoj Dakoti i Vajomingu. U USA vanadijum se u manjim količinama dobija i iz fosfata (Idaho), zatim iz hromnih ruda i ostataka petroleja. U Otavi i JZ Africi vanadijum se dobija kao nuz produkt olovnih vanadata. U Broken Hill-u i Severnoj Rodeziji vanadijum se dobija kao uzgredni produkt Pb-Zn ruda, ali u poslednje vreme postaju interesantna i bakarna ležišta u pogledu na ovaj metal.

Postoji i više malih ležišta vanadijuma. Tako, na primer, u provincijama Cordoba, Mendoza i San Luis (Argentina) rasuta su manja ležišta vanadijuma koja se eksploatišu.

U bazičnim stenama sadržaj vanadijuma takođe može da bude znatan. Tako titanomagnetiti iz gabra mogu da sadrže i preko 1,5% V_2O_3, a takođe i pirokseni. Ležišta titanomagnetita postaju poslednjih godina veoma značajan izvor vanadijuma. Tako su u SSSR otkrivene ogromne količine Ti-magnetita (Ural, Krim) i procenjuje se da će se (prema US Bureau-u) iz ovih ležišta godišnje dobijati 25—50 miliona libri vanadijuma počev od 1970. god. U Finskoj su takođe instalirani uređaji za dobijanje vanadijuma iz tamošnjih Ti-magnetita. Takođe se očekuje da će Južnoafrička Unija uskoro početi proizvodnju vanadijuma iz Ti-magnetita. I u egirinima nekih alkalnih stena zapažen je sadržaj od oko 1% V_2O_5. Piroksenitи takođe mogu da budu bogati vanadijumom, naročito oni koji pokazuju veće sadržaje titanomagnetita. Tako sadržaji vanadijuma u piroksenitima iz Visimskog ležišta (SSSR) dostižu 340—1500 (sr. 770) grama po toni, iako sadržaj gvožđa iznosi svega 17,33%. U Baronskom ležištu, takođe u SSSR-u, sadržaj gvožđa iznosi 40—45%, a V_2O_5 0,041—0,3% uz srednji sadržaj od 0,12% V_2O_5.

Manje količine vanadijuma nalaze se i delom dobijaju iz ležišta vanadata drugog tipa, iz asfaltita, izvesnih ulja i ugljeva, kao i ruda gvožđa, hroma i boksita.

U nekim ugljevima u USA sadržaj vanadijuma u pepelu iznosi oko 5000 grama po toni. U nafti iz ležišta Tujmazi (Baškirska ASSR), tj. u pepelu ove nafte, sadržaj vanadijuma iznosi 21%. Reč je o jako smolastoj nafti, sa većim sadržajem asfaltena. I u grafitskim škriljcima sadržaj vanadijuma može da bude relativno visok. U zelenim grafitskim škriljcima Osogovskih planina (Lebnica, Bugarska) u kojima se nalazi kriptokristalasti grafit (pored malo bitumije i organske materije), sadržaj vanadijuma iznosi 150—300 gr/t. U hidrotermalno izmenjenim zonama okolo rudnih žica ovaj sadržaj pada na 100 grama po toni, a u nekim koje su bogate ugljenikom penje se na 0,05—0,1%. U okrugu Mariposa (Kalifornija) kvarc-grafitski škriljci takođe sadrže povećane koncentracije vanadijuma. U ovim škriljcima javlja se Ba-V-muskovit i V-turmalin. Pri tom sadržaj V_2O_4 u turmalinu dostiže i do 7,45%. U višim zonama on dostiže 1,8%, a u nižim pada na 0,58% V_2O_4.

U Bugarskoj su nedavno ispitivani ligniti iz Istočnomaričkog basena. Tom prilikom je utvrđeno da pepeo iz uglja srednjih slojeva sadrži 0,01—0,1%, a iz gornjih slojeva 0,3—1% vanadijuma. Zapaženo je da u pojedinim slojevima sadržaj vanadijuma u pepelu iznosi 1,9%. Pepeo iz donjih zona slojeva sadrži 0,1—0,4%. Promena sadržaja vanadijuma po pružanju slojeva je neznatna.

Novija ispitivanja su pokazala da titanovi minerali iz karbonatita mogu sadržavati visoke procente vanadijuma. Tako neki ilmenorutili iz Sibira, pored 1,09% Nb_2O_5, sadrže i 1,06% V_2O_5.

PRODUKCIJA

Do 1956. god. 90% produkcije u USA dolazilo je iz vanadijumonosnih peščara, gde je srednji sadržaj V_2O_5 iznosio 0,5—2%. Fosfatne stene u Idaho-u sadrže 0,30% V_2O_5 i služe za dobijanje superfosfata. U novije vreme ovde se vanadijum dobija i kao nuz produkt.

U sledećem ćemo prikazati svetsku produkciju vanadijumovih ruda od 1943—1953. god. bez podataka za produkciju SSSR, Španije i Maroka.

Tabela 6

Izraženo u metričkim tonama

Država	1943.	1945.	1947.	1948.	1949.	1950.	1951.	1952.	1953.
Argentina		3	7						
S. Rodezija	426	219	56	173	153		87	43	
Peru	847	688	435	511	456	436	449	437	317
JZ Afrika	577	420	282	187	163	295	529	624	540
USA	2534	1344	961						
UKUPNO:	4384	2674	1741						

U 1965. god. glavni producenti na Zapadu bili su USA (karnotit), Južnoafrička Unija, JZ Afrika i Finska.

Porast potrošnje vanadijuma u USA, izražen u vidu fero-vanadijuma sa oko 70% V, može se videti iz sledeće tabele:

	Potrošnja	Uvoz	Izvoz	u kratkim tonama
1960.	2016	3	3803	
1961.	1015	—	2164	
1962.	2314	53	1161	
1963.	2906	255	664	
1964.	3550	292	1303	
1965.	4708	31	1082	
1966.	5481	77	1223	
1967.	5170	50	1034	
1968.	5600	505	760	

REZERVE

Ne postoje podaci o ukupnim rezervama vanadijuma u svetu, ali se računa da su one dosta velike.

Ovome treba dodati da mnoga titanomagnetitska ležišta u svetu počinju da se uzimaju u obzir pri proračunu budućih rezervi, jer sadrže 0,1—0,5% V_2O_5, a takođe i Fe-V-glinci udruženi sa fosfatnim stenama, koji mogu da sadrže 0,7—1,3% V_2O_5.

PRIMENA

Oko 75—85% vanadijuma upotrebljava se u vidu ferovanadijuma za razne vrste čelika i izradu gvozdenih odliva rezistentnih na abanje. Takođe se vanadijum upotrebljava i kod manganskih legura, za izradu elektroda, kao dezoksidator itd. Vanadijum oksid i amonijum metavanadat upotrebljavaju se kao katalizatori, za dobijanje sjaja kod stakla i keramike, za laboratorijska istraživanja i dr.

1965. važi kao godina najveće ekspanzije u pogledu primene i potrošnje vanadijuma na Zapadu. Ovo je pre svega posledica pronalaska vanadijumovog prednapregnutog čelika usled čega je potrošnja vanadijuma u USA, 1965., porasla za 1/3 u odnosu na 1964. i dostigla najviši nivo u svojoj istoriji.

U 1965. god. naglo je porasla potrošnja vanadijuma i u hemiji kao i TV-kolor tehnici (TV-cevi). U poslednje vreme legure vanadijuma, posebno one sa titanom, primenjuju se sve više u avijaciji i raketnoj tehnici. Radi se o europijum-vanadatu fosfora, aktiviranom itrijumom (vidi pod retke zemlje).

U Evropi i Japanu vrše se u poslednje vreme pokusi sa zamenjivanjem vanadijuma molibdenom u legurama.

Glavna upotreba vanadijuma i dalje je vezana za proizvodnju legura čelika za građevinarstvo kao i izradu linijskih cevi za transmisiju gasova pod velikim pritiskom. U 1968. god. bitno je povećana potražnja vanadijuma za izradu linijskih cevi. Druga glavna upotreba vanadijuma je za legiranje sa aluminijumom u titanskim pločama, oblogama i kaiševima.

CENE

U 1968. god. cene vanadijuma u USA su bile najniže od kraja 1963. god. Prosečna eksportna cena za V_2O_5 pala je sa 1,10 dolara/lb u januaru na 0,95 sredinom 1968. god. U ovoj godini fero-kolumbijum je pao sa 3,30 na 2,90 dolara za libru sadržavajućeg vanadijuma. Pred kraj 1968. god. cena je pala na 2,45 dolara za uvezeni materijal.

U Evropi vanadijum je nuđen za 0,80—0,85 US dolara/lb.

U aprilu 1970. god. na Londonskom tržištu V_2O_5 (98%) nuđen je po ceni od 13 šilinga i 15 penija za libru c.i.f.

TEŠKI METALI

KADMIJUM

Kadmijum spada u grupu teških metala, a klark mu iznosi 5×10^{-4}.

Minerali kadmijuma retki su u svetu i uglavnom se ne nalaze u ekonomski interesantnim količinama. Najčešći mineral je grinokit (CdS sa 77,8% Cd) i javlja se u sfaleritima. I kadmijum-metal skriven je u sfaleritima, ili drugim sličnim rudama, uglavnom olova i bakra, koje sadrže cinkovu mineralizaciju. Izuzev rudnih tela u Franklinu i Sterling Hill-u (New Jersey), gde su nađeni samo tragovi kadmijuma, skoro sva veća ležišta u USA sadrže do 1% kadmijuma. Smatra se da su cinkovi koncentrati koji sadrže do 1% kadmijuma neobični, s obzirom da se, uopšte uzev, sadržaji kadmijuma u cinkovim koncentratima kreću do 0,5%. Tako, na primer, u zapadnim državama USA sadržaji kadmijuma u cinkovim koncentratima retko prelaze 0,25%. U madanskim polimetalnim ležištima (SSSR) srednji sadržaj kadmijuma u sfaleritu iznosi 0,328%, a u galenitu 160 gr/t.

Nedavno su objavljeni podaci o sadržajima kadmijuma u mineralima iz velikog broja Pb-Zn ležišta u svetu. Evo tih rezultata.

	Mineral	Broj ležišta	Broj proba	Sadržaj u gr/t	Srednja vrednost
Niskotemperaturna ležišta	Sfalerit	35	353	300—15.400	5000
	Galenit		79		100
	Halkopirit		8		100
	Pirit		7		10
	Sfalerit	18	70	360—5800	2000
Srednje temperaturna ležišta	Sfalerit	70	514		3000
	Sfalerit	13	118		2000
	Galenit		139		120
	Halkopirit		31		40
	Tetraedrit		6		150
	Bulanžerit		3		120
	Pirotin		3		25
	Pirit		3		20
Nisko temp. lež.	Sfalerit	55	182	1000—7450 (SSSR) 300—35.000 (ost. svet)	3000

U ležištima ovog poslednjeg tipa koja zaležu u silikatnim stenama sadržaji kadmijuma su znatno niži.

Godine 1966. istočno od Orenburga (SSSR) ispitivane su u pogledu na kadmijum sedimentne stene i to alevroliti, peščari i graveliti. Ova ispitivanja sprovedena su unutar bakronosnog horizonta, gde se bakarni minerali javljaju kao cement polomljenim zrnima navedenih stena. Utvrđeni su sledeći minerali bakra: malahit, azurit, hrizokol, kuprit, halkozin, kovelin, halkopirit i samorodni bakar. Maksimalni sadržaj bakra u rudi dostiže 19%, cinka 0,66—0,83%, srebra 0,01—0,03, olova 5,58—8,11, a kadmijuma 1,35—1,70. Kadmijum se javlja u vidu minerala otavita. U delovima jako siromašnim u olovu, cinku i srebru sadržaj kadmijuma u stenama iznosi 0,01—0,82%.

U oksidnim rudama koje nastaju oksidacijom Pb-Zn ruda kadmijum takođe može da se javi u znatnim količinama, što znači da je u oksidacionim — površinskim uslovima dosta migrativan. Tako, na primer, u oblasti Zabajkalja sadržaj kadmijuma u sfaleritu iznosi 0,3% a u smitsonitu koji nastaje oksidacijom ovog sfalerita 0,21%. U drugim oksidnim mineralima ovaj sadržaj je znatno niži. Tako u kalaminu sadržaj Cd iznosi 0,05% a u ceruzitu 0,01%. Interesantno je pri tom da galenit sadrži svega 0,01% Cd, dok ceruzit koji iz njega nastaje i do 0,035%, a limonit čak do 0,05%.

PRODUKCIJA

Prema najnovijim statistikama oko 90% kadmijuma u svetu dobija se iz cinkovih koncentrata iz Pb-Zn i piritsko-bakarnih ruda. Oko 10% produkcije otpada na bakarne i olovne koncentrate.

U 1963. god. svetska produkcija kadmijuma iznosila je 11.750 običnih tona a u 1964. god. 12.200 dugih tona.

Tabela 7

Svetska produkcija kadmijuma u 1964., 1967. i 1968. godini

Država	Tona	Libra	
	1964.	1967.	1968.
USA	4.750	8,699.000	10,400.000
SSSR	2.160		
Kanada	1.070	4,830.000	5,440.000
Japan	1.025		3.500.000
Belgija	900		1,400.000
Poljska	420		
Australija	350		
Francuska	290		1,200.000
Z. Nemačka	295		800.000
Kongo (Kinšasa)			900.000
Socijalističke zemlje (izuzev Jugoslavije)		19.500.000	5,200.000

USA STATISTIKA ZA 1963—68. GODINU

(u funtama)

	1963.	1964.	1965.	1966.	1967.	1968.
Produkcija	9.989.955	10.457.891	9.300.000	10.100.000	8.700.000	10.400.000
Prodaja nacionalnih stokova	2.000.000	23.000	—			
Uvoz	1.011.009	1.128.933	1.150.000			
Izvoz	1.312.923	1.439.253	50.000			
Godišnji stokovi	754.806	1.523.467	2.900.000			
Produkcija spojeva i distribucija	624.578	636.723	400.000			

Kako se iz gornje tabele vidi glavni producenti kadmijuma u svetu poslednjih godina bili su USA, SSSR, Kanada i Japan.

REZERVE

Nema ekonomskih rezervi kadmijumovih ruda, zbog čega njihove rezerve zavise od rezervi cinkovih i pratećih ruda u svetu. Ovakve rezerve u USA procenjene su u 1965. god. na 100,000.000 funti, pri prosečnom sadržaju od oko 4,25 funti, uz maksimalne sadržaje od 5,3 funte kadmijuma po toni dobijenog cinka.

PRIMENA

Do 1956. godine 95% dobijenog kadmijuma upotrebljavalo se za elektro-obloge, a ostatak kao zaštitni sloj protiv korozije gvožđa i čelika, kao i za neke legure. U nekim slučajevima kadmijum se dodaje za snižavanje tačke topljenja.

Ovaj metal igra važnu ulogu i u nuklearnoj fizici i služi kao kontrolor fisionih elemenata u reaktorima. U jednom tipu reaktora kadmijum se upotrebljava kao sloj na grafitu, a u vidu šipki koje apsorbuju termalne neutrone kontroliše fisiju U-235 atoma. Na kadmijum se veoma ozbiljno računa kao na metal koji treba da služi za pretvaranje sunčeve svetlosti u energiju, tako da su američke vojne snage napravile još 1964. god. sunčani generator koji koristi kadmijum sulfid. U najnovije vreme kadmijum se počeo upotrebljavati i u industriji plastičnih masa, stakla i keramike (obojenje).

U 1968. god. oko 6 miliona libri Cd iskorišćeno je u USA, samo u industriji obloga i boja što iznosi skoro 60% ukupne potrošnje Cd u ovoj zemlji. Ove dve poslednje primene su i dovele do povećane potrošnje kad-

mijuma. Značajna je i primena Cd u industriji plastičnog materijala i plastičnih stabilizatora, TV-fosfornih kadmijumovih cevi, za običnu i televiziju u boji i u industriji Ni-Cd baterija.

CENE

U toku 1968. god. cene kadmijuma su varirale od 2.40—3.00 US dolara za libru. U aprilu 1970. god., na Londonskom tržištu kadmijum (99,99%) se prodavao po ceni od 33 šilinga za libru. Ostala tržišta c.i.f. 3.60—3.70 US dolara za libru.

GALIJUM

Galijum je metal dvostruko lakši od žive, a koji se topi na temperaturi manjoj od temperature tela (85,5°F).

Galijum egzistira u litosferi u istim količinama kao i olovo, što znači da njegov sadržaj u zemljinoj kori iznosi oko 15 gr/t. To je tipičan disperzan metal koji skoro ne pravi svoje minerale. Izuzetak je mineral galit, koga međutim nema u ekonomskim količinama.

Ekonomski interesantne koncentracije galijuma nalaze se pre svega u cinkovim rudama i boksitima, a takođe su interesantni i neki ugljevi. U USA se galijum najvećim delom dobija iz cinkove prašine (dimnjaci topionica), iz taloga elektrolitičkih cinkovih tvornica i cirkulirajućih rastvora Bayer-ovog aluminijevog procesa. Sadržaj Ga u sfaleritima obično je niži od 100 gr/t., ali nekad može da dostigne i 0,40%. U Velikoj Britaniji galijum se dobija pri karbonatizaciji ugljeva. U USA su započete studije za dobijanje galijuma i germanijuma iz pepela ugljeva i metalurškog praha.

Znatan procenat galijuma može da sadrži i mineral germanit (0,1-1%).

Neki ugljevi u Engleskoj, naročito oni kod Nordhumberland-a, Durham-a i Yorkshire-a bogati su u galijumu, tako da pepeo ovih može da sadrži i do 0,17% Ga. U nekim ugljevima sadržaj galijuma može da iznosi 0,01%, a posle sagorevanja do 1,5%. Pepeo nekih ugljeva u USA takođe je bogat u Ga (do 250 g/t).

Boksiti Indije sadrže 0,008% Ga a oni iz Arkanzasa, Đorđie, Tenesia, Italije i Goe 0,002—0,005. Za sada se maksimalni sadržaji u boksitima kreću od 0,1—1%, dok srednji iznose 40 gr/t. Srednji sadržaji galijuma u boksitima SSSR (70 ležišta), iznose 25—90 gr/t.

Neke gline mogu takođe da sadrže do 0,1%, a kalajne rude iz Bolivije 0,01—0,05% Ga. U nekim alunitskim kvarcitima Uzbekistana (Srednja Azija) srednji sadržaj galijuma iznosi 0,01% a maksimalni 0,1%. Najbolje koncentracije zapažene su u alunitu i dijasporu (0,016—0,017%). U dikitu, pirofilitu i sericitu sadržaji galijuma kreću se od 0,0024—0,013%. Reč je o tipičnim hidrotermalnim ležištima.

U nekim vulkansko-sedimentnim stenama koje su hidrotermalno izmenjene i hloritisane, hlorit može da sadrži i preko 100 gr/t Ga.

I alkalni masivi mogu da sadrže povećane koncentracije galijuma. Tako u nefelinskim stenama Priazovlja (SSSR) sadržaj galijuma u piroksenima i amfibolima dostiže do 100 gr/t, a u nekim alkalnim masivima (prvenstveno nefelin sijenitima) u leukokratnim hidroksidima Al i Fe, koncentracije galijuma mogu dostići i do 0,1%. U oblasti Alamalika sastojci stena pokazuju sledeće sadržaje galijuma izražene u gramovima po toni:

Biotit	55—1600	(iz 2 analize)
Plagioklas	100— 325	(4 analize)
K-feldspat	27— 350	(9 analiza)
Žični ortoklas	315	(1 analize)
Hlorit	370	(1 analize)
Sericit	520	(1 analize)

U granitima Priazovlja Ga se koncentriše u magnetitu (120 gr/t) i biotitu (160 gr/t), a u kasiteritsko-sulfidnim ležištima u svetu on se znatnim delom koncentriše u kasiteritu i turmalinu.

PRIMENA

Pre II svetskog rata galijum je najviše primenjivan u Nemačkoj i to u dentistici, gde je zamenjivao živu. Druga interesantna primena u ovoj i ostalim zemljama bila je za visokotemperaturne termometre i to za temperature od 500—1200°. Upotrebljavan je i u optici. U Francuskoj je korišćen kao katodni materijal u elektronskim cevima. Radioizotop galijuma Ga-72 upotrebljavan je u medicini za otkrivanje i lečenje raka. Organske soli galijuma koriste se za lečenje još nekih bolesti kao što su tropska groznica, spavajuća bolest i dr.

Atomska i astrofizička istraživanja pomoću spektralne analize, koja nisu mogla da se obavljaju primenom živino-kvarcnih lampi, omogućena su upotrebom galijumovih lampi.

Galijum se koristi i pri izradi »p«-tipa germanijuma za tranzistore. Male količine galijuma povećavaju čvrstinu i tvrdinu bakra.

Dalje se galijum upotrebljava u avio-industriji, u hemiji (kao katalizator) a u najnovije vreme i u atomskim reaktorima.

Danas se najveći deo galijuma upotrebljava u elektronici i proizvodnji poluprovodnika.

PRODUKCIJA

Nema potpunih podataka o produkciji galijuma u svetu. Zna se, međutim, da godišnja produkcija ovog metala u Japanu iznosi oko 120 kg i da se ova količina dobija uglavnom iz boksita.

U 1955. god. računalo se da će USA moći da proizvede oko 100 tona galijuma godišnje i to od strane USA kompanija koje eksploatišu cinkova i ležišta aluminijuma.

REZERVE

Rezerve niskoprocentne rude i materijala koji sadrži galijum u svetu su velike, ali one do sada nisu u potpunosti izračunate. Smatralo se u 1965. god. da ukupne rezerve ovog metala na Zapadu iznose 213.925 tona.

CENE

Pre 1930. god. 1 gram galijuma prodavan je po ceni od 50 US dolara. U međuvremenu cene su pale, ali je ovaj metal još uvek skup, i to najvećim delom zbog teškoća do kojih dolazi pri njegovoj ekstrakciji. Poslednjih godina tržište galijuma se stabilizovalo, tako da je u periodu 1964—1968. god. 1 gram ovog metala prodavan po ceni od 1.35 dolara.

INDIJUM

Indijum spada u malu grupu retkih metala čija je produkcija veća od potražnje, zbog čega istraživanja u pogledu na ovaj metal donekle zaostaju za istraživanjima ostalih metala. Klark mu je nizak i iznosi 1×10^{-5}.

Najviše indijuma ima u sfaleritima gde njegov sadržaj može da iznosi do 1%. Ovakvi sadržaji nađeni su u sfaleritima iz SSSR-a i Finske. U crnom sfaleritu iz Srednje Azije ima oko 0,3% In. U USA najbogatiji sfaleriti u indijumu su oni iz Georgetown-a, Leadvil-a, Nevada Sity-a i Colorado-a, gde sadržaj indijuma varira od 0,01—0,1%. Kalajnonosne sulfosoli cilindrit i frankeit iz Bolivije sadrže do 1% In. Male količine ovog metala sadrže i sulfidi bakra, gvožđa, olova, kalaja, kobalta i bizmuta. U nekim kolomorfnim kasiteritima (SSSR) srednji sadržaj indijuma iznosi 0,5—0,6%, a maksimalni do 1,35%.

Postoji i mineral indijuma, takozvani rokezit ($CuInS_2$) i to u rudniku Šare (Francuska). Udružen je sa sulfidima bakra, olova i cinka. Na drugim mestima, međutim, ovaj mineral do sada nije nađen u većim količinama.

U SSSR-u je ispitivan sadržaj indijuma u malim granitoidima i masivima sličnim batolitu. Pri tom je utvrđeno da srednji sadržaj In u raznim strukturnim zonama iznosi 190—800 gr/t. Najveći deo prisutnog indijuma nalazi se u biotitu (60—80%).

Sadržaji indijuma u pojedinim mineralima dobro su prikazani u jednoj publikaciji koja tretira ove sadržaje u kasiteritsko-sulfidnim i kasiteritsko-silikatno-sulfidnim ležištima u svetu. Evo tih podataka:

Mineral	In gr/t
Visokotemperaturni ZnS	250—3200 (sr. 1400)
Halkopirit	34—500 (300)
Stanin	950
Srednje temperaturni ZnS:	
Sfalerit II	1300—2700
Maksimalno:	3400 (Sejmčanska oblast, SSSR)
Sfalerit III	210—650
Sfalerit IV	80—100

Naglo opadanje sadržaja In u halkopiritima mlađih generacija takođe je zapaženo.

Visokotemperaturni kasiterit (kristalni) 7—33 (sr. 18)

Kolomorfni kasiterit:

Hibansko ležište	380
Kornual	190
Hetinsko	250
Meksika	4500

Srednji sadržaji u drugim mineralima kao što su pirhotin, pirit, arsenopirit, volframit, sericit, hlorit i turmalin kreću se od 0,2—90 gr/t.

Najveće komercijalne rezerve indijuma sadrži čađ u dimnjacima peći u kojima se topi cink. U ovoj čađi može da se nađe i preko 1% indijuma. Druga komercijalna proizvodnja dolazi iz tvorničkih ostataka i taloga koji se dobijaju kao uzgredni produkt pri rafinaciji cinka i olova u kojima se javljaju zajedno In, Cd, Ga, Ge i Tl.

PRODUKCIJA

Glavni producenti indijuma na Zapadu su USA, Kanada, Nemačka i Japan, dok se izvesna količina navedenog metala dobija u Peru-u, SSSR-u, Engleskoj i Istočnoj Nemačkoj. Veći deo proizvedenog In u Kanadi izvozi se u USA, V. Britaniju, i dr. evropske zemlje.

U 1964. god. produkcija indijuma iznosila je oko 100 tona. Za sada se, međutim, ne očekuje dalje povećanje produkcije zbog relativno male potražnje.

U 1967. god. Anaconda Co koja snabdeva US korporaciju za indijum, proizvela je 61.000 unci, prema 177.000 u 1966. god. Rudarsko-topioničarska kompanija Kanade (Cominco), proizvela je skoro 1 milion unci (35 tona). U Peru-u je 1968. god. produkcija iznosila 12.500 lb.

PRIMENA

Upotreba indijuma je veoma raznovrsna, ali ograničena. Međutim, njegove legure obećavaju široku upotrebu u budućnosti, jer dodatak male količine indijuma ima veliki efekat na tvrdinu, otpornost, sjaj i rezistenciju na koroziju legirajućeg metala. Au-In legure upotrebljavaju se za odlivke u dentistici, a legure sa bizmutom, olovom, kadmijumom, kalajem sa 18—26% indijuma upotrebljavaju se pod imenom cerrolow.

Dalje se indijum primenjuje u avio industriji, automobilskoj, električnoj i industriji stakla. Indijum je takođe sastavni deo Ge-In legure od koje se pravi jedna vrsta tranzistora. Samo jedna unca indijuma dovoljna je za 1000 ili više tranzistora ovog tipa (junction type).

U najnovije vreme indijum se upotrebljava i kao indikator u atomskim reaktorima.

REZERVE

Za sada su poznate samo rezerve In u cinkovim rudama u USA i one iznose oko 290 tona. Za približnu procenu svetskih rezervi In predlaže se da se uzme srednji sadržaj In u Zn-koncentratima 0.0024%.

CENE

Početkom 1968. god. jedna trojna unca indijuma prodavala se po ceni od 2.00 $ (poluge), odnosno 2.75 $ (šipke). U martu 1969. god. jedna trojna unca indijuma prodavana je po sledećim cenama:

komercijalni (99,99%)	1,75—2,5 $
visoko prečišćeni (99,999%)	2,65—4,70 $

Na Londonskom tržištu poslednjih godina cena je ostala nepromenjena. U aprilu, 1970, šipke indijuma (99,59%) prodavane su po ceni od 16 šilinga i 7 penija, do 19 šilinga i 2 penija za trojnu uncu.

TALIJUM

Talijum je redak metal, sličan olovu. Široko je rasprostranjen u zemljinoj kori, ali mu klark iznosi svega 1×10^{-5}.

Talijum ne gradi sopstvena ležišta, već je obično prisutan u drugim ležištima i to po pravilu u vrlo malim količinama, tako da direktna eksploatacija nije korisna.

Svega četiri minerala sadrže znatnije količine talijuma (16—60%), ali ni jedan od njih nije do sada nađen u količinama vrednim eksploatacije. To su kruksit (Cu, Tl, Ag_2, Se) lorandit (TlS_2), hučinsonit $(Pb, Tl)_2(CuAg/As_5Si_{10})$ i vrbait ($TlAs_2SbS_5$).

Komercijalni izvori talijuma su neke sulfidne rude, tako da se metal dobija kao nuz produkt pri topljenju Pb-Zn rude (USA) i prženjem pirita pri produkciji sumporne kiseline (Evropa).

U najnovije vreme vrše se ispitivanja raznih hidrotermalnih, descedentnih i sedimentnih minerala u pogledu na sadržaje talijuma u njima, a rezultati ovih ispitivanja (gr/t) su sledeći:

Hidrotermalni galenit (Zabajkalje — SSSR)		10—100
„ bulanžerit	„	100—1000
„ pirit (Hradište, ČSSR)		1500
„ markasit	„	330
Hipergeni psilomelan	„	250
Hipergeni platnerit	„	2000
„ getit	„	9—183
Glin. sedimenti srednje Azije		370
Hipogeni psilomelan (Arizona, USA)		70—170
„ holandit i kriptomelan		do 3400

U Silesko-krakovskim Pb-Zn ležištima (Poljska) nedavno su izračunati srednji sadržaji talijuma u raznim sulfidima. Rezultati, izraženi u gramovima po toni, su sledeći:

Fe-sulfidi	2785	i	430
Sfalerit	1129	i	269
Galenit	267	i	36
Sulfosoli	50000	i	10000

Iz gornjih pregleda se vidi da sulfidi gvožđa, pored drugih minerala, mogu da sadrže veoma visoke koncentracije talijuma. Pri tom su naročito

bogati gel piriti i meljnikovit piriti, kao i markasit, kod kojih sadržaj talijuma može da dostigne i 0,6%, a to važi i za jarozit.

U novije vreme izvršena je i klasifikacija talijumovih ležišta. To su:

1. Piritsko (markasitska) — loranditska ležišta
2. Ležišta sulfosoli sa hatčinsonitom
3. Realgarsko-antimonitska sa loranditom i vrbaitom
4. Karbonatno-hematitsko-selenova sa kruksitom

Glavna količina talijuma, međutim, dobija se još uvek iz olovo-cinkovih i piritskih ruda, kao nuz produkt pri obradi istih, odnosno pri prženju pirita za dobijanje sumporne kiseline.

Iz svega ovog se vidi da se talijum može koncentrisati, odnosno pojaviti u povećanim sadržajima, kako u hidrotermalnim sulfidnim, tako i oksidnim i na kraju sedimentnim mineralima i stenama, što će reći u vrlo raznovrsnim mineralima i da on može da bude jako migrativan u oksidacionim zonama raznih ležišta, koncentrišući se u nekim supergenim mineralima.

PRODUKCIJA

Ne postoje podaci o godišnjoj produkciji talijuma i njegovih spojeva, ali se zna da produkcija u USA otprilike odgovara potrošnji ovog metala. Iz ranije objavljenih podataka vidi se da je produkcija talijum sulfata 1964. god. iznosila 6000, a 1967. god. 7000 funti.

REZERVE

Svetske rezerve talijuma za sada nisu poznate i zavise od rezervi sulfidnih i drugih ruda koje sadrže ovaj metal.

PRIMENA

Primena je ograničena zbog nedostatka sopstvenih ležišta talijuma, odnosno niskih sadržaja istog u ležištima u kojima se javlja. Ranije je talijum bio, a delom je i danas, laboratorijski kuriozitet, tako da je njegova primena u industriji bila vrlo retka. Tek u toku drugog svetskog rata počeo je da se u izvesnim slučajevima koristi u komercijalne i vojne svrhe i to uglavnom u vidu talijum sulfata. Važno, mada malo, tržište mu je u obliku kristala bromjodida koji se upotrebljava za infracrvenu signalnu transmisiju u optici. Dalje se talijum upotrebljava u vidu sulfata, za fotoćelije itd.

CENE

Od septembra 1949. god. do 1955. talijum se prodavao po ceni od 12,5 US dolara, a talijum sulfat 10,5 dolara za funtu.

Početkom 1968. god. jedna libra talijuma prodavala se po ceni od 7,5 dolara u količinama od 25 libri.

GERMANIJUM

Germanijum se javlja u raznovrsnim mineralima, i to silikatima, niobo-tantalatima, sulfidima itd. Klark mu je 14×10^{-4}. Glavne količine germanijuma javljaju se u raznim sulfidnim mineralima, a takođe postoje i sopstveni minerali ovog metala. Ekonomski interesantni su samo germanit — 7CuS. FeS. GeS_2-, renierit — $(Cu, Fe)_3$ Fe, Ge, Zn, Sn $(S.As)_4$ — i argirodit — Ag_3GeS_6-, koji sadrže 6—9% Ge.

U ekonomski interesantnim količinama argirodit je nađen kod Freiberg-a u Saksoniji, zatim u Boliviji. Germanit je nađen kod Tsumeb-a u Jugozapadnoj Africi, a renierit u Tsumeb-u i ležištu Princ Leopold u Katangi. Sadržaj germanijuma u rudniku Tsumeb iznosi 150 gr/t.

Najveće količine germanijuma, međutim, vezane su za niskotemperaturni sfalerit, koji može da sadrži do 4% Ge. Glavni izvor germanijuma u USA je sfaleritski koncentrat koji sadrži oko 60% Zn i 0,01—0,015% Ge.

U novije vreme germanijum je otkriven i u drugim mineralima, takođe u ekonomskim sadržajima. Evo nekih rezultata ispitivanja.

Pirargirit (Bolivija)	do 1% Ge
Sn-sulfidi „	do 0,5% Ge
Bornit (Bor, Jugoslavija)	do 0,1% Ge
Enargit „	do 100 gr/t

Godine 1962. izvršen je veći broj analiza nekih minerala u svetu u pogledu na sadržaje germanijuma i dobijeni su sledeći rezultati:

Enargit	0 —100 gr/t
Halkozin	do 300 „
Tetraedrit	do 200 „
Halkostibit	0,5—1% Ge

Prilikom ovog ispitivanja primećeno je da u nekim slučajevima ima više germanijuma u sfaleritu, u drugim u luzonitu i enargitu.

U poslednje vreme vrše se ispitivanja raznih ugljeva u pogledu na sadržaje germanijuma, pri čemu se došlo do nekih vrlo interesantnih rezultata. Tako u pepelu nekih lignita i kamenih ugljeva Rumunije sadržaj Ge može da dostigne 700 gr/t, a u japanskim ugljevima do 0,5%. U jednom slučaju nađen je lignit čiji pepeo sadrži 6% germanijuma.

I u Italiji otkriveni su ligniti (provincija Umbrija) sa povećanim sadržajem Ge. U pepelu ovih lignita ima 0,51—0,66% Ge. Smatra se da se Ge može za sada dobijati samo iz pepela koji ne sadrži manje od 0,05% Ge.

Izvesne koncentracije germanijuma zapažene su i u sedimentnim ležištima gvožđa, a njegov sadržaj je direktno proporcionalan sadržaju Fe. Radi se pri tom o ležištima hematita i Fe-hlorita. U ležištima gvožđa srednje Evrope srednji sadržaji Ge iznose 55 gr/t. Inače sadržaji germanijuma u hematitu iznose i do 1000 gr/t, mada prosečno svega 65 g/t. U poslednje vreme otkriveno je da i granati mogu da sadrže znatne količine germanijuma. Tako granat iz jednog Cu-Mo ležišta na Kavkazu, sadrži do 250 gr/t germanijuma.

PRODUKCIJA

Glavni producenti germanijuma na Zapadu su USA, Japan i Kongo. U USA produkcija je 1964. god. iznosila 15.000 libri od domaćih i uvezenih

sirovina, a u Japanu 1963. god. 15.000 kg, uglavnom iz uvezenih sirovina. To su ujedno i glavni potrošači germanijuma na Zapadu.

Produkcija Ge u 1965. god. nije poznata, ali se računa da je ukupna potrošnja ovog metala iznosila 90.000 libri, što je svakako iznad nivoa dostignutog 1964. god. Predviđalo se da će za narednih 10 godina svetska potrošnja osnovnog germanijuma dostići 68 tona.

REZERVE

Ukupne rezerve germanijuma u svetu za sada nisu poznate. Računa se da u državama Misuri, Kanzas i Oklahoma (USA) rezerve iznose oko 100 tona Ge, pri čemu ZnS koncentrati sa 60% cinka sadrže 0,01—0,015 Ge.

U 1955. god. smatralo se da je za duži period obezbeđena produkcija afričkih rudnika od oko 10 tona Ge godišnje. U međuvremenu nema podataka koji bi govorili da je ova produkcija opala. Pri budućim izračunavanjima rezervi germanijuma svakako će se morati uzeti u obzir i ležišta lignita, kamenog uglja, raznih Cu-ruda itd.

PRIMENA

Glavna primena germanijuma je u elektronici, gde se koristi najvećim delom za diode, tranzistore i ispravljače. Dalje se upotrebljava za fotoelektrične ćelije, a veruje se da će Ge uskoro naći prostrano tržište i u automobilskoj industriji.

U najnovije vreme u industriji tranzistora i dioda silicijum sve više potiskuje germanijum ali se očekuje da će nove primene u elektronici i na drugim poljima zadržati potražnju germanijuma na sadašnjem nivou. Treba ipak naglasiti da je učešće germanijuma u izradi tranzistora palo sa 36% u 1967. god. na 23% u 1968. god., a kod izrade dioda sa 43% na 36%. Takođe je potrebno istaći da je US Zinc Co. zatvorila svoju rafineriju germanijuma kod Fairmont-a.

CENE

U 1967. god. zapažena je tendencija pada cena metalnog germanijuma. Tako je cena 1 kg germanijuma u polugama pala sa 270 na 175 US dolara, a kilograma dioksida sa 165 na 88,4 dolara (US-proizvod). U 1968. god. prečišćeni germanijum (poluge) prodavan je po ceni od 175,25 US dolara/kg. Germanijum za tranzistore nuđen je za 88,40 dolara/kg.

METALOIDI

SELEN

Selen može biti opisan kao paradoksalan elemenat, pošto se može smatrati i metalom i nemetalom, provodnikom i neprovodnikom, amorfnim i kristalnim, kolorantom i dekolorantom, hidrogenatorom i dehidrogenatorom.

Selenov klark iznosi 8×10^{-5}, a njegov sadržaj u magmatskim stenama oko 0,009 gr/t. Jezgra marinskih sedimenata kontinentalnog praga sadrže 1—2 gr/t selena, a dubokomorska znatno manje. Analize sadržaja selena iz ležišta kontinentalnog praga podudaraju se približno sa sadržajem selena u slojevima sedimentnih stena zapadnih država USA i zemljišta koje vode poreklo od njih. Veliki prostor Severne Amerike od Kanade do Meksika i od Misisipija do Rocky Mountains-a je predstavljen selenonosnim stenama i zemljištima. Važno je pri tom da tla koja sadrže samo 1—2 gr/t Se, obično nose biljke koje sadrže 50—10.000 gr/t, a u jednom slučaju čak 14.920 gr/t (1.49%) selena. Na taj način neke biljke mogu da posluže kao indikatori selenonosnog tla.

Međutim, za sada glavni izvor selena su bakarne rude, pri čemu se metal dobija pri elektrolitičkoj rafinaciji bakra. Takođe se smatra da ekonomski interesantni mogu biti i selenonosni vulkanski tufovi kod Lysite, Wyoming (USA).

U novije vreme vrše se ispitivanja raznih formacija i minerala u pogledu na sadržaje selena pri čemu su dobijeni dosta interesantni rezultati.

Tako je ispitivana Sb-Hg selenonosna formacija Čžun-czja—Žuna (SSSR), pri čemu je izvršeno 466 analiza monomineralnih koncentrata.

Ovim ispitivanjem je zahvaćeno nekoliko rudnih polja, pri čemu su dobijeni slični rezultati. Iznećemo rezultate ispitivanja jednog od navedenih rudnih polja:

Sadržaji selena dobijeni analiziranjem 128 proba:

0.01—0,10%	u 73 probe
0,1 —0,20%	u 16 proba
0,20—0,42%	u 40 proba

U nekim rudama nikla i kobalta (SSSR) sadržaji selena iznosili su do 136 gr/t, pored 15 gr/t Te.

U sledećem ćemo prikazati najnovije rezultate ispitivanja većeg broja sulfidnih minerala u pogledu na sadržaje selena i telura.

Tabela 8

Sadržaji selena i telura u nekim sulfidima i U-rudama.

Mineral	O b l a s t	Selen u gr/t	Telur u gr/t
Galenit	Altaj (SSSR)	3550	190
Galenit	Težinsko lež. (SSSR)	1020	
Galenit	Smolnik (ČSSR)	440—1600	
Galenit	Alžbeta (ČSSR)	13—420	
Sfalerit	Smolnik (ČSSR)	198—940	
Sfalerit	Alžbeta (ČSSR)	15—24	
Sfalerit	Salaira (SSSR)		4500
Halkopirit	Smolnik (ČSSR)	4—512	
Halkopirit	Altaj (SSSR)	170	27
Halkopirit	Alžbeta	15—29	
Halkopirit	Fihtenjubel (ČSSR)	19—29	
Halkopirit	Marija (ČSSR)	9	
Tetraedrit	Zakavkazje (SSSR)	81—1040 (sr. 487)	
Tetraedrit	Srednja Azija (SSSR)	3022	
Tetraedrit	Srednji Ural		20—860 (sr. 593)
Tetraedrit	Fihtenjubel	54—82	
Tetraedrit	Marija	13—21	
Tetraedrit	Zakavkazje		300
Arsenopirit	Srednja Azija	469	
Pirit	Altaj	do 440	
Pirit	Zakavkazje (SSSR)	9—1280 (sr. 246)	11
Pirit	Smolnik	0—600	
Pirit	Južni Ural		680
Pirit	Alžbeta	16—102	
Pirit	Fihtenjubel	24—66	
Pirit	Marija	9—22	
Fe-sulfidi	Južni Ural	do 1% (sekun. sulfidi)	
Džemsonit	Čučma (ČSSR)	51	
Antimonit	Hajdarkan (SSSR)	125,1	
Antimonit	(SSSR)	do200	
Cinabarit I	Hajdarkan	50—6300 (sr. 2456)	
Cinabarit II	Hajdarkan	180—1480 (sr. 606)	
Cinabarit	Kovicski hrebt (SSSR)	200—6300	
Molibdenit	Erzgebierge (SRN)	do 265	
Uranove rude	SSSR	do 1000	
Halkozin	Srednja Azija (SSSR)	4520	

Interesantno je takođe ukazati da neki škriljci iz Utah-a (USA) sadrže do 100 gr/t selena, a neke fumarole preko 3000 gr/t.

Sve ovo, međutim, ukazuje da se još uvek kao glavni izvor selena mogu tretirati bakarne rude. U daljem istraživanju, pak, ne treba se ograničiti samo na njih, pošto očigledno postoje i drugi komercijalni izvori ovog elementa. Tako eksploatacija pirita može da dâ selen kao nuz produkt, a upadljiv je i često visok sadržaj selena u nekim galenitima, zatim Sb-Hg formacijama, Co-Ni, pa čak i u ležištima urana.

PRODUKCIJA

Selen se uglavnom dobija kao nuz produkt pri elektrolitičkom prečišćavanju bakra ali se takođe može dobiti iz topioničarskog olovnog praha, zatim pri ekstrakciji sumpora iz pirita i »zlatnim procesima«.

U 1968. god. potrošnja selena na Zapadu porasla je za oko 50% i u 1969. god. se očekivalo sa nastavljanjem ovog trenda.

Produkcija, uvoz i izvoz iz USA u periodu 1964/68. može se videti iz donje tabele, u kojoj su vrednosti izražene u funtama:

Tabela 9

	1964.	1965.	1966.	1967.	1968.
Produkcija	929.000	540.000	620.000	598.400	550.000
Izvoz	645.000	823.000	844.000	659.400	950.000
Uvoz	293.900	250.900	285.000	300.600	420.000
Stokovi	1.304.900	1.021.300	796.900	735.900	335.900

U novije vreme godišnja produkcija na Zapadu iznosila je oko 2.5 miliona libri. Najveći proizvođači su bili Kanada, Japan, Švedska, Belgija i Z. Nemačka. Manje količine proizveli su još Peru, Meksiko i Finska.

REZERVE

Poznate rezerve otkopljivog bakra na Zapadu iznose oko 25.000.000 tona. Ako bi se sav ovaj bakar otkopao i elektrolitički rafinirao, dobilo bi se 18.750.000 funti selena. Uz ovo treba dodati manja ležišta bakra koja nisu uzeta u obzir. Takođe treba uzeti u obzir i selenske pojave drugog tipa, kao što su na primer vulkanski tufovi u državi Wyoming (USA), za koje se smatra da sadrže 15.000.000 funti selena. Svemu ovome treba dodati selenonosna tla kao što su ona u USA, a koja smo gore pomenuli, zatim magmatska sulfidna ležišta sa prosečnim sadržajem od 0,02% selena, ležišta pirita i dr.

PRIMENA

Selen ima veoma široku primenu u savremenoj industriji, ali ćemo mi ovog puta navesti samo najvažnije.

Selen velike čistoće upotrebljava se u elektronici i to najviše kao ispravljač. Selenove suve pločice-ispravljači menjaju naizmeničnu u jednosmislenu struju i intenzivno se koriste za elektro-oblaganje, taljenje, baterije, magnetske kaleme, lučne lampe i jednosmislene motore.

Selen se dalje upotrebljava za dekolorizaciju stakla, u fotoelektričnim ćelijama, kozmetici, farmaceutskoj industriji, kao katalizator i u industriji plastičnih masa (Cd-Se-pigmenti). U vojsci se upotrebljava u vidu ispravljača uključivši kontrolu vazdušnih aparata, zatim za dinamomotore, magmatske amplifikatore, dirigovane projektile, za radarsku opremu, telefone, registratore voltaže, releje i solenoide, sonarnu i zaštitnu opremu itd.

Naročito je porasla potrošnja selena kada su otkriveni minijaturni ispravljači za radio i televiziju 1947. god.

CENE

U 1947. god. jedna funta selena koštala je 1,75 US dolara, a 1955. god. 6 dolara. U inostranstvu su cene selena bile u ovom periodu 2—3 puta veće nego u USA.

U 1968. god. jedna libra selena komercijalne čistoće koštala je 4,5 US dolara, a visoke čistoće 6,0 $. Selen dioksid nuđen je po ceni od 3.90 dolara/lb, a feroselen 5 dolara/lb. U aprilu 1970. god., na Londonskom tržištu selen (99,5%) se prodavao po ceni od 66 šilinga i 8 penija za libru u količinama od 100 libri.

TELUR

Telur je metal sa vrlo niskim klarkom (1×10^{-6}), mada postoji veći broj minerala koji ga sadrže. To su pre svega teluridi olova, bizmuta, zlata, srebra, i dr., koji nastupaju u termalnim paragenezama zajedno sa raznim sulfidima. Međutim, glavni industrijski izvor telura jeste blister-bakar koji sadrži 0,001—0,05% telura. Uopšte uzev, telur se dobija pri prečišćavanju bakra i olova.

PRODUKCIJA

Glavni producenti telura na Zapadu su USA, Kanada, Peru i Japan. U periodu 1966/68. god. produkcija telura u ovim zemljama, izražena u librama, bila je sledeća:

	1966.	1967.	1968.
Kanada	78.900	73.219	65.000
Japan	22.701	29.760	25.000
Peru	39.654	38.000	35.000
USA	199.000	135.000	95.000
	340.255	275.979	220.000

Stanje na tržištu telura u 1968. god. karakterisao je mali porast potrošnje i dramatično reduciranje proizvodnje grube i rafinirane produkcije u USA, uz pad stokova producenata za oko 10%.

Potrošnja telura u USA u 1968. god. iznosila je oko 230.000 libri. Van USA na Zapadu potrošnja je porasla za oko 10% i iznosila je do 110.000 libri. Danas US tržište predstavlja 70% Zapadnog tržišta telura. Kombinovani stokovi »grubog« telura (Te u vidu nečistoće, u šljaci itd.) kao i prečišćenog pali su znatno ispod 1 milion libri i to po prvi put od 1963. god.

REZERVE

Rezerve telura u svetu za sada nisu poznate. U 1965. god. izračunate su samo u USA i one iznose 6.220 t. Ove rezerve su izračunate na osnovu poznatih rezervi bakra i olova.

PRIMENA

Zbog ograničene primene povećanje produkcije telura nije u srazmeri sa povećanjem iste kod većine retkih metala, tako da je bilo perioda kada je ona naglo opadala, kao na primer 1953. god. Telur se inače najviše upotrebljava za legure kao što su Te-olovo, Te-čelik, Te-bakar, Te-bronza i u industriji guma. U manjoj meri koristi se u industriji stakla, keramič-

koj industriji i dr. U novije vreme telur, umesto bizmuta često služi kao primesa kovanom gvožđu. Poslednjih godina produkcija karbon-čelika dala je teluru dominantnu poziciju, dok se u industriji gume (vulkanizi-ranje) upotreba telura smanjila. Potrošnja telura kao sastavnog dela le-gura ostala je na istom nivou. Očekuje se da telur zauzme značajno mesto u elektronskoj industriji i to zbog potrebe minijaturizacije instrumenata. U termo-elektrici telur je zadržao svoje mesto. Mali, ali stalan porast po-trošnje telura poslednjih 6 godina prouzrokovan je potražnjom karbon-čelika u Evropi i Japanu.

CENE

Do 1955. god. cena telura bila je stabilna i iznosila je 1,75 US dolara za funtu. U 1968. god. telur se prodavao po sledećim cenama:

Visoke čistoće	11—15 dolara/lb
Najveće čistoće	21—30 dolara/lb
Komercijalne čistoće	6 dolara/lb

U aprilu 1970. god. na Londonskom tržištu telur (99,5%) se prodavao po ceni od 50 šilinga/lb.

Treba na kraju naglasiti da su cene telura poslednjih godina vrlo stabilne.

VREDNOST

Jedinice mere koje se pojavljuju u tekstu i dr.

1.	Unca — — — — — — —	28.35 grama
2.	Unca za dragocene metale — —	31.1035 „
3.	Funta (16 unci) — — — — —	453.59 „
4.	Libra — — — — — — —	453.59 „
5.	Libra za dragocene metale — —	373.24 „
6.	Duga tona — — — — — —	1016.00 kg
7.	Kratka tona — — — — — —	907.00 „
8.	C i f.: troškovi osiguranja i prevoz	
9.	F.o.b.: franko brod	

PREGLED

GLAVNE PRIMENE RETKIH METALA U ZAPADNIM ZEMLJAMA

Metal	Elektronika	Nukl. metali	Industrija čelika	Hemija
1	2	3	4	5
Kadmijum	—			
Selen	—			
Telur	—			
Germanijum	—			
Galijum	—			
Renijum	—			
Indijum	—			

1	2	3	4	5
Cezijum		—		
Rubidijum		—		
Berilijum		—		
Cirkonijum		—		
Hafnijum		—		
Retke zemlje		—		
Niobijum			—	
Tantal			—	
Vanadijum			—	
Litijum				—
Skandijum				—
Talijum				—

PRIMEDBA: Ova klasična podela, mada još uvek uglavnom korektna, mogla bi u bliskoj budućnosti da pretrpi izvesne izmene i dopune, s obzirom da je u novije vreme primena pojedinih retkih metala sve raznovrsnija.

PROCENA PERSPEKTIVNOSTI POJEDINIH FORMACIJA STENA, OBLASTI I LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA U POGLEDU NA RETKE METALE

Veliki broj retkih metala i raznovrsnost stena, ležišta i minerala koji mogu da sadrže ekonomske količine retkih metala otežavaju donošenje jednog jasnog i relativno sažetog zaključka o perspektivnosti pojedinih oblasti u našoj zemlji u pogledu na retke metale.

Zbog toga je autor izdvojio samo one oblasti koje se mogu okarakterisati kao retkometalne provincije i paralelno sa tim formacije stena i ležišta koji prema postojećoj literaturi, predstavljaju potencijalne nosioce retkih metala.

Ovakva klasifikacija, sama za sebe, ni izdaleka ne bi mogla da zadovolji, niti da prikaže sve potencijalno interesantne oblasti i lokalnosti u našoj zemlji, zbog čega se pribeglo i tabelarnom prikazivanju i to na sledeći način:

1. *Tabelarni prikaz minerala* koji predstavljaju, ili mogu da predstavljaju ekonomski izvor određenih retkih metala. Ovim se želelo da se omogući budućim istraživačima, da već na osnovu mineraloškog sastava u konkretnim slučajevima preduzmu određena ispitivanja na retke metale, bez prethodnog sistematskog pregleda postojeće literature i dokumentacije.

2. *Tabelarni prikaz formacija* stena koje mogu da sadrže, ili daju ekonomska ležišta retkih metala, čime je zainteresovanim omogućeno da u svakom konkretnom slučaju utvrde potencijalne mogućnosti ispitivanih stena u pogledu na retke metale.

3. *Tabelarni prikaz pojedinih rudnih ležišta,* koja prema postojećoj literaturi i dokumentaciji predstavljaju važne ili potencijalne izvore retkih metala u svetu, što omogućuje istraživačima da na jednostavan način utvrde perspektivnost pojedinih ležišta u pogledu na retke metale.

4. Nezavisno od navedenog, u sistematskom delu dati su tipovi ležišta i stena koji predstavljaju komercijalne izvore i to za svaki retki metal pojedinačno, što čitaocu omogućuje da dođe do osnovnih podataka o jednom ili više retkih metala koji ga momentalno interesuju.

5. Najzad, u odeljku koji se odnosi na zastupljenost retkometalnih formacija u našoj zemlji, omogućeno je čitaocu da se upozna sa rasporedom, učestanošću i zastupljenošću ovih formacija u našoj zemlji.

Pri svemu ovom takođe bismo hteli da naglasimo da prikazani rezultati baziraju na proučavanju literature i dokumentacije zaključno sa aprilom 1970. g. Ovo iz razloga što su istraživanja retkih metala u svetu poslednjih godina vrlo intenzivna, što se uvek iznova otkrivaju novi tipovi

ležišta, usled čega je za stručnjake koji žele da se bave navedenom problematikom neophodno dalje sistematsko praćenje postignutih rezultata u svetu i kod nas.

GEOLOŠKE FORMACIJE KOJE MOGU SADRŽAVATI ILI DAVATI LEŽIŠTA RETKIH METALA

Mnogobrojne su stene koje mogu sadržavati ekonomske koncentracije, odnosno koje mogu dati ekonomski interesantna ležišta retkih metala. Zbog toga ćemo ovog puta pomenuti samo najvažnije.

GRANITOIDI

Graniti su pre svega interesantni jer daju čitav niz ležišta retkih metala, počevši od pegmatitskih i pneumatolitskih do hidrotermalnih. Ovde pre svega spadaju ležišta litijuma, rubidijuma i cezijuma, zatim berilijuma, niobijuma, tantala, germanijuma, selena, telura, renijuma i drugih, koja će biti posebno opisana. Zbog toga svaki granitski masiv sa svojim obodom predstavlja potencijalnog nosioca retkih metala.

S druge strane graniti predstavljaju izvorni materijal za neka nanosna i aluvijalna ležišta retkih metala i to zbog sadržaja akcesornih sastojaka, koji u toku alteracije i kasnije mogu da se u navedenim nanosima koncentrišu.

Sami graniti najčešće ne sadrže dovoljne količine retkih metala koji bi na današnjem nivou tehnologije mogli biti ekonomično eksploatisani. Od toga se izuzimaju neki amazonit graniti (rubidijum), albitizirani graniti (niobijum), granodioriti (berilijum) i obodi nekih granitoidnih masiva (cirkonijum).

Rasprostranjenje granitoidnih stena u našoj zemlji

Granitoidne stene vrlo su rasprostranjene, tako da postoji veći broj masiva u raznim delovima naše zemlje, koje ćemo u sledećem ukratko opisati. Pored ovih, javljaju se i manje masice, proboji pa čak i žice granita, koji ovog puta nisu uzeti u obzir.

Granitoidne stene naše zemlje izdvojili smo uglavnom na osnovu oblasti u kojoj se nalaze tako da smo izdvojili sledeće masive:

Stara planina

Granitoidne stene Stare planine zahvataju površinu od oko 50 km^2, a javljaju se u vidu dve izdužene mase, nepravilnog oblika, koje se pružaju pravcem SZ—JI, a razdvojene su stenama tzv. Crnovrške serije. Najvećim delom su to srednjezrni biotitski graniti sa crvenim feldspatima, dok su porfiroidni tipovi vezani za uzani obodni pojas. Sastoje se iz kvarca, kalijskog feldspata, plagioklasa i delimično hloritisanog biotita. Sporedni minerali su apatit, sfen, alanit i cirkon.

U ovom masivu ima više tipova granitoida i to od alkalnih do bazičnih (diorita) koji su nastali kao posledica asimilacije okolnih stena. Okolne škriljave stene su na kontaktu sa granitoidima feldspatizirane.

Brnjica

Granodioritski masiv Brnjice se javlja u vidu male gromade na površini od oko 24 km², a leži u biotitskim gnajsevima koji su praćeni amfibolskim stenama. Ima postupnih prelaza prema gnajsu, ali je izražen i kontaktni metamorfizam, koji se manifestuje silifikacijom i obogaćenjem amfibolita u natrijumu, dok se uticaj omotača na granodiorit manifestuje povećanjem biotita u ovoj steni.

Struktura granodiorita je krupnozrna, hipidiomorfno zrnasta, ređe sitnozrna. Sastoji se iz oligoklas-andezina i kvarca, retko albita sa promenljivim sadržajem mikroklina, odnosno ortoklasa. Od bojenih sastojaka sadrži hloritisan ili obezbojen biotit, a od akcesornih alanit, monacit i cirkon.

Bukulja

Granitski masiv Bukulje zahvata površinu od oko 40 km² a nalazi se u normalnom kontaktu sa paleozojskom serijom na istoku i jugoistoku, dok je u ostalim delovima kontakt pokriven. Kontaktni metamorfizam je izražen na istočnom, a u znatno manjoj meri i zapadnom obodu masiva.

Granitski masiv izazvao je u okolnim filitoargilošistima i mikašistima koji sadrže proslojke mermera dvojak kontaktni metamorfizam. S jedne strane je dolazilo do stvaranja visokotemperaturnih minerala kao što su volastonit, granat, magnetit i piroksen, a s druge strane do feldspatizacije i stvaranja stena sličnih gnajsevima.

Granit se sastoji iz plagioklasa — oligoklasa i kvarca ređe andezina i nešto manje količine mikroklina i ortoklasa. Od obojenih sastojaka sadrži biotit i muskovit, čija se količina povećava u alkalnim tipovima. Akcesorni minerali su mu monacit, apatit, cirkon i sfen.

Jastrebac

Ovaj granitski masiv se javlja na površini od oko 30 km² i to u obliku gromade utisnute u paleozojske filite i peščare, na koje je delom izvršio jak kontaktno-metamorfni uticaj.

Pored granita ovde se u kontaktnom delu i to kako u omotaču tako i samom granitu javljaju mikrograniti i apliti.

Graniti imaju krupnozrnu strukturu. Prema sastavu čine prelaz od granodiorita ka granitu. Stena se sastoji od kiselog plagioklasa, kvarca, mikroklina i ortoklasa, a od bojenih sastojaka sadrži biotit i muskovit koji je naročito obilan u delovima na kontaktu sa omotačem. Akcesorni sastojci su sfen, cirkon, alanit i torit.

Bujanovac

Granitoidi Bujanovca su utisnuti konkordantno u seriju visokometamorfnih stena i javljaju se u vidu isprekidane zone sa postupnim prelazom u gnajseve omotača. Prema strukturi postoje dva tipa granitoida i to porfiroidni i sitnozrni. Prvi se javlja u centralnim a drugi u obodnim delovima. U mineralni sastav ovih granita najvećim delom ulaze oligoklas i andezin, promenljive količine mikroklina, kvarc, biotit i u manjoj meri muskovit.

Kukavica

Granitoidi ove oblasti po svom položaju i strukturi ne pripadaju pravim granitima, već injekcionim gnajs-granitima. Javljaju se u vidu manjih masica duž folijacije kristalaste osnove. Sastoje se iz plagioklasa, mikroklina, ortoklasa, kvarca i biotita, dok se kao akcesorni minerali javljaju cirkon, sfen i apatit.

Neresnica

Granitoidi Neresnice predstavljaju jedinstvenu masu koja zahvata površinu od oko 110 km², sa pravilnim rasporedom pojedinih facija i to tako da je centralni deo sastavljen od tipova sa većim sadržajem mikroklina i kiselih plagioklasa, a obodni sadrži sasvim male količine mikroklina, već pretežno plagioklase. Krajnje obodne zone neresničkih granodiorita karakterišu se potpunim povlačenjem mikroklina.

Pored granita zapažene su i pojave granit-porfira i mikrogranita, koje stoje u genetskoj vezi sa navedenim stenama.

Pojave kontaktnog metamorfizma su slabo izražene i manifestuju se feldspatizacijom, sericitizacijom i biotitizacijom okolnih stena.

Željin

Granitoidi Željina se javljaju u vidu jedne intruzivne mase i to u argilošistima i filitomikašistima. Mestimično granitoidi su izazvali kontakno-metamorfne promene na okolnim stenama, koje se manifestuju stvaranjem kornita.

Granitoidi se odlikuju krupnozrnom i porfiroidnom strukturom u centralnom a mikrogranitskom i porfirskom u obodnom delu masiva.

U sastavu preovlađuju bazični plagioklasi, praćeni promenljivim sadržajem ortoklasa, koji je karakterističan samo za centralni deo masiva, dok ga okolni tipovi ne sadrže. Pored ovih javljaju se kvarc, biotit i amfibol, a od sporednih dominira sfen.

Kopaonik

Granitoidni masiv Kopaonika je po postanku i svim drugim osobinama identičan željinskom, ali je mnogo veći i zahvata površinu od 80—100 km².

Mineralni sastav se karakteriše znatnim količinama andezina i manjim učešćem kvarca i ortoklasa. Bojeni sastojci su biotit i amfibol, a sporedni sfen, cirkon i torit. Na osnovu količine pojedinih minerala i hemijskog sastava mogu se izdvojiti dva tipa i to:

1. Monconit granit koji zahvata južni deo masiva i koji pored plagioklasa sadrži uvek i znatnu količinu ortoklasa i kvarca.

2. Prelazni tip od monconita, preko akerita do pravog diorita, koji sadrži vrlo malo ortoklasa, ili ovaj sasvim odsustvuje, ne sadrži uopšte kvarc, a sadržaji feromagnezijskih sastojaka su mu povećani.

Boranja

Sličan je kopaoničkom, ali je znatno manjih dimenzija.

Kontaktni metamorfizam manifestuje se pojavom kornita, skarnova, i raznih vrsta škriljaca (andaluzitskih, i dr.).

Granitoid Boranje je srednje do sitnozrne strukture. Sastoji se iz andezina, oligoklasa, koje prati nešto ortoklasa i kvarca, dok od bojenih preovlađuje amfibol nad biotitom. Sporedni sastojci su sfen, alanit i torit.

Cer

Cerski granitoidni masiv zahvata površinu od oko 72 km², a utisnut je u paleozojske škriljce, argilofilite i filite.

U ovom masivu razlikujemo dva tipa granitoidnih stena i to:

a) kalijski granit
b) granodioritski tip

Kalijski granit je mlađi od granodiorita. Pripada krupnozrnom tipu, a zastupljen je u istočnom delu masiva. Ovde su razvijeni pegmatiti i apliti sa berilom, kojih u granodioritskom tipu nema.

Interesantna je facija bogata kvarcom i muskovitom, sa turmalinom i granatom, koji podsećaju na grajzene. Mineralni sastav alkalnih granita je sledeći: ortoklas, ređe mikroklin, malo kiselog plagioklasa, zatim muskovit i obilno kvarc. Od bojenih sastojaka, pored muskovita, sadrži male količine biotita i hornblende. Sporedni su sfen, apatit i turmalin. Ovi graniti su izvršili intenzivnu feldspatizaciju omotača stvarajući jako feldspatizirane gnajseve.

Granodioritski tip sadrži iste minerale, izuzev turmalina koji u njima nedostaje. Razlika je samo u tome što granodiorit sadrži znatno više i znatno bazičnije plagioklase, i što je siromašniji kvarcom a bogatiji biotitom.

Gornjane

Gornjanski granodioritski masiv u širem smislu zahvata površinu od oko 200 km² i utisnut je u gnajseve. Izgrađen je iz dva tipa granitoida. Glavnu masu čini normalni granodiorit a u njemu se bez jasnih granica

izdvajaju krupnozrni do aplitoidni alkalni graniti i sijeniti crvene boje. Mineralni sastav je sličan kod oba tipa, jer i granodiorit i alkalni graniti i sijeniti kao glavne sastojke sadrže plagioklas, kvarc, ortoklas, biotit i hornblendu. Sporedni su cirkon, sfen i alanit.

S t a l a ć

Granitoidni masiv Stalaća zahvata površinu od oko 44 km² i leži u feldspatiziranim gnajsevima u koje postupno i prelazi. To je granit porfiroidnog tipa sa feldspatima veličine do 7 cm i sa sledećim mineralnim sastavom: ortoklas, mikroklin, albit, kvarc i biotit. Sporedni su turmalin, cirkon, sfen i granat sa malo monacita i apatita.

S u r d u l i c a

Granodioritski masiv Surdulice zahvata prostor od oko 200 km², a proteže se skoro u pravcu sever—jug. Struktura je različita, ali se uglavnom svodi na dva tipa. Centralni i južni deo masiva imaju krupnozrnu, skoro porfiroidnu, strukturu, a ostali delovi, naročito severni, normalnu zrnastu strukturu.

Sastoji se iz plagioklasa, ortoklasa i kvarca, a od bojenih sastojaka sadrži biotit i znatno manje amfibol. Sporedni su turmalin, šelit, cirkon, torit i alanit.

Granitoidna magma je donela retkometalne parageneze, od kojih su neke dale ležišta retkih metala (molibden, volfram i dr.).

Belasica, Ograždeni, Pljačkovica, Osogovo

U istočnoj Makedoniji postoji nekoliko masiva granitskih stena i to na Belasici, Ograždenu, Pljačkovici i Osogovu, koji svi zajedno zahvataju prostor od oko 50 km², a predstavljeni su sa nekoliko strukturnih i teksturnih varijeteta.

Tako, na primer, na Ograždenu najviše su zastupljeni porfiroidni, dok u ostalim masivima preovlađuju krupnozrni tipovi. Ove stene leže uglavnom u feldspatiziranim gnajsevima, a pretežno pripadaju alkalnim tipovima. Svi su skoro istog sastava, u koji ulaze albit, mikroklin, ortoklas, kvarc i biotit, a od sporednih alanit, cirkon, sfen i apatit, retko još i turmalin.

P e l a g o n i d i

U oblasti Pelagonida granitoidne stene se javljaju na više mesta u vidu manjih masiva, razdvojeni partijama gnajseva. Ukupna površina svih ovih masiva iznosi oko 40 km². Pripadaju tipu krupnozrnih, biotit-granodiorita, u čiji mineralni sastav ulaze kvarc, mikroklin, plagioklas, zatim biotit, dok se od sporednih sastojaka javlja obilje sfena, zatim apatit, alanit ređe rutil i dr.

Opisane stene su znatnim delom feldspatizirane pri čemu se u južnom delu Pelagonida, pretežno radi o mikroklinizaciji a u severnom o albitizaciji.

Granitoidna magma Pelagonida je pored urana i torijuma, donela i neke retke metale (cirkonijum, niobijum, rubidijum i dr.).

Perister, Kruševo, Bigla i Plakenske planine

U zapadnoj Makedoniji otkriveno je nekoliko masiva granitskih stena i to na Peristeru, kod Kruševa, na Bigli i Plakenskim planinama. To su manji masivi, površine do 20 km^2, koji leže u paleozojskim, pretežno filitskim škriljcima, na koje su nekad izvršili kontaktni metamorfizam, kao što je na primer slučaj sa Biglom.

Stene su srednjezrne, ređe sitnozrne strukture, sa malo uškriljenom teksturom, a na Peristeru imamo i porfiroidne tipove. Mineraloški sastav im je uglavnom isti. Sastoje se iz kvarca, mikroklina, kiselog plagioklasa, hornblende i biotita, a sporedni su sfen, epidot, cirkon i apatit.

Prosara

Granitoidi Prosare javljaju se u vidu manjih masica koje su svrstane u paralelne nizove i leže konkordantno u škriljcima omotača, koga čine filiti, filitomikašisti i zelene stene.

Radi se uglavnom o granit-gnajsevima, koji su prožeti mlađim aplitskim i mikrogranitskim probojima. Opisani granitoidi, zajedno sa svojim omotačem, predstavljaju zapadni deo motajičkog granita, koji se verovatno u dubljim delovima nastavlja u ovom pravcu.

Motajica

Granitoidi Motajice pripadaju intruzivnom tipu koji je utisnut u okolni pokrivač izgrađen uglavnom iz filitičnih škriljaca, na koje je izvršio kontaktni metamorfizam. Ovaj se manifestuje pojavom andaluzitskih i kornitskih škriljaca kao i pojačanom feldspatizacijom. Struktura im je krupnozrna, ređe sitnozrna i to u obodnim delovima. Sastoje se iz kiselog plagioklasa, mikroklina, ređe ortoklasa i znatne količine kvarca. Od bojenih sastojaka sadrže uglavnom muskovit, praćen manjom ili većom količinom raspadnutog biotita.

Karakteristično je da opisane stene sadrže konstantnu količinu primarnog epidota, a od sporednih sastojaka fluorit, uraninit i hibnerit.

Moslovačka gora

Granitoid Moslovačke gore se javlja kao nepravilna sinorogena masa utisnuta u kristalasti teren, najvećim delom predstavljen gnajsevima i isprobijana mikrogranitima, aplitima i pegmatitima. Masiv zahvata po-

vršinu od oko 30 km². Struktura granitoida je krupnozrna u centralnim delovima masiva, a prema obodu postaje sitnozrnija. Sastoji se iz albita, mikroklina, i ortoklasa sa dosta kvarca, a od bojenih sadrži biotit i malo muskovita. Sporedni su cirkon, sfen i apatit.

METASOMATSKI IZMENJENE STENE

Albitizirane granitoidne stene

Ove stene mogu biti interesantne u pogledu na rubidijum, berilijum, niobijum i tantal.

Albitizacija granitoidnih stena zapažena je za sada samo u Pelagonidima. U ovoj oblasti kao dominantni plagioklas u granitoidima javlja se *albit*, koji je sekundarnog porekla.

Albitizirane granitoidne stene u oblasti Pelagonida zahvataju veliki prostor, javljajući se sa prekidima počev od pl. Kitke (Skoplje) pa sve do Kajmakčalana (grčka granica).

MIGMATITI

Migmatiti mogu biti nosioci povećanih koncentracija Zr, Li, Nb, Ta kao i još nekih retkih metala. Ove stene su u novije vreme otkrivene na više mesta u našoj zemlji. Najveća masa migmatita otkrivena je u oblasti Pelagonida, gde je ogroman deo kristalastih škriljaca manje ili više migmatiziran. U južnim Pelagonidima pretežno se radi o mikroklinizaciji, a u severnim o albitizaciji škriljaca.

Dalje su migmatiti otkriveni u oblasti surduličkog eruptivnog masiva, i to takođe na velikom prostoru. Za sada je utvrđeno da se ovde migmatiti javljaju počev od Crne Trave pa sve do Bosiljgrada. Detaljnije su proučeni migmatiti u rejonima Mačkatica—Surdulica, zatim kod Bujanovca i u blizini Bosiljgrada. U celom ovom području svi gnajsevi (izuzev orto gnajseva) nastali su migmatizacijom para škriljaca.

Na Belasici su takođe zapaženi migmatiti na velikom prostoru, a otkriveni su i na Juhoru, i Stalaćkim brdima.

Migmatizacijom su pogođene različite stene, tj. razne vrste škriljaca, amfibolskih stena itd.

LISKUNITI

Liskuniti su najčešće metasomatske tvorevine, kod kojih su dominantni minerali liskuni i koje se javljaju u oblastima gde je alkalna metasomatoza igrala važnu ulogu. U nekim slučajevima radi se o »destiliziranim« pegmatitima, u drugim o regeneraciji liskuna iz stena koje je pogodila alkalna metasomatoza. Neki liskuniti, kao i pegmatiti, mogu sadržavati značajne količine retkih metala kao što su rubidijum, cezijum, litijum, galijum pa i berilijum. Liskuniti su nađeni na više mesta i to u Pelagoniji, kod Stavice, Vitolišta, Nežilova i još nekim mestima.

SIJENITI

U novije vreme sijeniti sve više dobijaju u značaju u pogledu na neke retke metale, pri čemu se najčešće radi o dajkovima i žicama sijenita i aplit-sijenita, koji su slabije ili jače albitizirani. U ovakvim slučajevima mogu se koncentrisati cirkonijum i niobijum.

Sijeniti su takođe interesantni i kao izvorni materijal koji daje nanosna ležišta (rečni i morski priobalski peskovi) cirkona, kao i nekih drugih minerala.

Ove stene su otkrivene na nekoliko mesta u našoj zemlji. Mahom su to male masice na kontaktu granita i serpentina, kao što je to slučaj na Staroj planini i u okolini Lojana, dok su veće mase ovih stena otkrivene na tri mesta i to:

1. Tanda (istočna Srbija)
2. Crni kamen (Pelagonidi)
3. Planina Ržane (Prespansko jezero)

Ove stene se javljaju ili kao facijalni diferencijati granita (Tanda, Ržane) ili kao hibridne tvorevine (Stara planina, Lojane, Crni kamen).

Sijeniti Tande su krupnozrne crvenkaste stene pretežno izgrađene iz mikroklina i albita, koje u manjoj meri prate biotit, muskovit, kalcit i dr.

Sijeniti Crnog kamena nalaze se desetak kilometara južno od Prilepa. Reč je o alkalnim sijenitima, izgrađenim iz mikroklina, egirin-augita i arfedsonita, uz malo kvarca i albita. Ove stene su smeštene između gnajseva Selečke i piroksensko-amfibolskih stena. Sijenit se s jedne strane javlja u vidu omanjeg masiva, s druge u vidu injekcionih gnajseva u navedenim škriljcima i gnajsevima. Injekcioni sijenitski gnajsevi su nosioci znatnih sadržaja cirkona, alanita, nekad i niobijuma. Alkalni injekcioni gnajsevi, slični sijenitima, javljaju se i na pl. Selečka, naročito kod s. Selce i Pěštane. I ovde se, pored urana i torijuma, javljaju povećani sadržaji cirkonijuma i niobijuma, a u okolnim piroksensko-amfibolskim stenama još i vanadijuma i skandijuma. U sve tri lokalnosti treba očekivati i povećano prisustvo cerijuma (alanit), hafnijuma (cirkon), tantala (Ti-minerali i dr.), kao i drugih retkih metala i retkih zemalja.

RIOLITI I NJIHOVI TUFOVI

Rioliti i tufovi su doskora smatrani potpuno sterilnim u pogledu na ležišta retkih metala, ali su novija otkrića pokazala da ove stene mogu da donesu velike količine berilijuma i znatne niobijuma. U prvom slučaju berilijum se deponuje u tufovima (bertrandit), dok niobijum može biti rasut u samim riolitima u interesantnim koncentracijama.

Rioliti su do sada otkriveni na nekoliko mesta u našoj zemlji, ali uopšte uzev ove stene kod nas nisu mnogo zastupljene.

Najveća masa riolita nalazi se na Belasici, gde zahvata površinu od oko 30 km². Ovde se radi o jednoj zoni dužine 25 i širine 1,5 km, pri čemu su riolitske stene s jedne strane u kontaktu sa granitima, a s druge sa paleozojskim škriljcima.

Rioliti su izgrađeni iz fenokristala kalijskog feldspata i kvarca, ređe albita i biotita kao glavnih sastojaka. Sporedni sastojci su cirkon, sfen, alanit, epidot, fluorit i dr. Osnovna masa je rekristalisala i izgrađena je iz mikrolita istih sastojaka. Takođe je izdvojena jedna vrsta felzit-porfira trakaste strukture i kriptokristalaste osnovne mase, za koju bi se moglo pretpostaviti da odgovara nekoj vrsti vulkanskih tufova.

Potpuno iste stene otkrivene su i oko rudnika Demir Hisar i to na površini od oko 5 km^2. Veće mase istih stena nađene su i u Bosni, između Busovače i Fojnice.

LEUCITSKE STENE

Pre svega su interesantne u pogledu na rubidijum i cezijum, ali mogu da sadrže i povećane koncentracije niobijuma i tantala.

Ove stene su dosad otkrivene u više oblasti i lokalnosti u našoj zemlji i to:

1. Oblast između Bregalnice i Pčinje (između Štipa i Kumanova). U ovoj oblasti leucitske stene otkrivene su u lokalnostima Ježevo brdo, Mlado Nagoričane, Sv. Petka i dr.
2. Oblast Gnjilana
3. Oblast planine Rudnika
4. Han-Trebinje u Raškoj
5. Kurešnička kresta kod Demir Kapije i
6. Okolina Bogovine u istočnoj Srbiji.

U oblasti između Bregalnice i Pčinje srećemo veliki broj brda (Ovče polje i SZ od njega) sa leucitskim i njima srodnim trahitskim lavama. Ova brda su poređana u jednoj zoni uglavnom pravca SZ—JI, koja počinje kod Štipa a završava se kod Mladog Nagoričana, blizu Kumanova. Značajno je da su leucitske i trahitske lave međusobno udružene i da pokazuju mnoge analogne mineraloške i hemijske osobine.

Što se tiče kajanita, oni su konstatovani u sledećim lokalnostima ove oblasti: Ježevo brdo, Kurel, Zabrnjan, Mlado Nagoričane i Šegligovski ram. Glavne karakteristike ovih stena su sledeće: osnovna masa je izgrađena iz mikrolita leucita, feldspata, bojenih sastojaka (biotita, augita i olivina), a fenokristali su olivin i augit. — Prema jednoj analizi, leucit bazalti iz okoline Vranja (Klinovac) sadrže preko 100 gr/t. cezijuma. Analizu je na autorovom materijalu uradila M. D r o m n j a k.

Jugozapadno od Gnjilana leucitske stene su otkrivene na veoma velikom prostoru i detaljno obrađene. One leže oko 7 km jugozapadno od Gnjilana i mogu se pratiti duž puta Gnjilane—Uroševac. Zajedno sa ostalim vulkanskim stenama (trahitima, trahitoandezitima i vulkanskim brečama) one zahvataju površinu od oko 40 km^2.

Do sada su otkrivene sledeće stene:

a) Trahiti (alkalni trahiti, bostoniti, piroksenski trahiti, i trahiandeziti)
b) Piroklastične stene (vulkanske leucitske breče i tufovi)
c) Feldspatoidski trahiti, leucitski fonoliti
d) Leucititi i metaleucititi i
e) Feldspatoidni trahiti i leucititi koji se javljaju u vidu dajkova.

Leucitske stene Rudnika javljaju se u vidu manjih masa nedaleko od sela Gornjeg Branetića, zapadno od Rudnika i to na površini od oko 350 m^2. Odgovaraju kajanitima a izgrađene su iz nefelina, leucita, olivina, piroksena i biotita. Pored ove otkrivena je još jedna pojava, i to u neposrednoj blizini Krnje Jele. Ovde se radi o metaleucititima i feldspatoidnim trahitima.

U oblasti Han Trebinje i kod Demir Kapije javljaju se stene koje su vrlo slične onim iz Ovčeg polja, ali su one ovde daleko manje rasprostranjene.

Kod Bogovine (revir rudnika Bogovine) kajanitske stene su otkrivene na dužini koja jedva iznosi 200 metara. To su dve manje masice koje su smeštene u senonskim konglomeratima i oligocenskim laporcima. Izgrađene su iz piroksena, biotita, olivina, leucita i sanidina. Smatra se da su nastale asimilacijom laporovitih stena od strane mlađih andezita.

Na Gledićkim planinama otkrivene su alkalne stene slične etinditima i to severoistočno od sela Krivače na padinama Debelog brda. Stene se javljaju u vidu žica moćnosti 10—20 metara, verovatno se uzdižu do 100 metara i verovatno predstavljaju jedan dajk.

Radi se o steni porfiroidne strukture sa fenokristalima olivina i titanoaugita, dok je osnovna masa izgrađena iz mikrolita nefelina, praćenog analcimom i ređe plagioklasom.

U predelu Kožufa i Nidže nalaze se veće ili manje mase (sa sanidinom) efuziva latitskog karaktera koji prema odnosu alkalija i aluminije kao i prema ukupnim količinama alkalija pripadaju tipovima stena bogatih alkalijama. Slične stene se sporadično mogu naći u Kratovsko-zletovskom, Kopaoničkom i drugim masivima.

ALKALNE STENE

Alkalne stene su interesantne kao nosioci niobijuma i tantala, odnosno donosioci istih, a takođe i rubidijuma koji se često koncentriše u leucitima. U stvari niobijum i tantal se ređe koncentrišu u samim alkalnim stenama, već mnogo češće u karbonatitima koji prate ove stene. Zbog ovoga alkalne stene treba pre svega da predstavljaju putokaz pri prospekciji na karbonatite koji stoje sa njima u najužoj genetskoj vezi. Alkalne stene naročito se koncentrišu u prostoru između Beograda i grčke granice i to posebno u Vardarskoj zoni.

KARBONATITI

Ove stene u poslednje vreme postaju jedan od najvažnijih izvora niobijuma i tantala u svetu, a često se u njima nađu i drugi retki metali, naročito retke zemlje. Najinteresantniji su metasomatski karbonatiti koji se nalaze u i oko ultrabaziČnih alkalnih, kao i drugih alkalnih stena, a takođe i karbonatiti koji se javljaju u nekovima. Smatra se da će u budućnosti ove stene igrati dominantnu ulogu u pogledu niobijuma i tantala i da će

u tom pogledu postepeno potisnuti pegmatite. Karbonatiti su takođe interesantni u pogledu na Ce, V, Zr i dr.

U našoj zemlji karbonatiti nisu do sada ispitivani, ali se ipak zna za neke pojave ovih stena i to uglavnom u Makedoniji (Belasica, Damjan, Berikovo, Nežilovo?). Pretpostavlja se da ih ima i na Kopaoniku.

PEGMATITI

Pegmatiti još uvek predstavljaju jedan od glavnih izvora čitavog niza retkih metala, mada im značaj u navedenom smislu postepeno opada, zbog ograničenih rezervi. Tako se pegmatiti još uvek smatraju za jedan od najvažnijih izvora litijuma, rubidijuma, cezijuma, berilijuma, skandijuma, niobijuma, tantala i dr.

Zapaženo je takođe da i pegmatiti koji su inače sterilni u pogledu na retke metale, mogu u toku albitizacije, baš kao i graniti, da budu naknadno obogaćeni ovim. I metasomatski pegmatiti, računajući tu sve vrste metasomatskih tvorevina određenog tipa, počev od pravih pegmatita, preko albitita, kvarcno-feldspatskih, liskunskih (liskuniti) do čisto kvarcnih žica, mogu biti interesantni u pogledu na neke retke metale kao što su na primer berilijum i cirkonijum.

Ove stene su dosta česte kod nas, a zapažene su u kristalastim škriljcima i gnajsevima, znatno ređe i u samim granitima.

Najveća pegmatitska oblast u našoj zemlji je prostrana zona gnajseva, migmatita i granita u Makedoniji, koja počinje severno od sela Bogomile, pa preko Prilepa i Vitolišta prostire se sve do grčke granice. Ukupna dužina ove zone iznosi oko 100 km, a širina dostiže i 20 km.

Drugu prostranu oblast sa pegmatitima predstavljaju planinski tereni sa kristalastim škriljcima, gnajsevima i granitima Bujanovca.

Manje koncentracije pegmatita zapažene su i uz granitske masive, odnosno u samim masivima Moslavine, Slavonskih planina, Motajice, Cera, Bukulje, Vršačkih brda, Brnjice, Neresnice. Resavskih humova, Juhora, Željina, Stalaćkih brda, Pasjače (u gnajsevima), Kukavice, Crnooka, Ograždena, Bujanovca i na Peristeru.

Mineralni sastav ovih stena je dosta heterogen, ali sve sadrže kvarc, mikroklin (retko ortoklas), albit, muskovit, biotit, granat, turmalin (izuzev Neresničkih) i dr.

Kako smo napred videli kod nas su pegmatiti dosta česti, a najčešće se javljaju na obodima granita. Neki pegmatiti su pri tom skoro potpuno sterilni u pogledu na retke metale, dok su drugi manje ili više perspektivni.

U pogledu na berilijum najperspektivniji su pegmatiti Prokuplja i Kukavice, zatim Cera, Motajice, Bukulje i Željina, dok su pegmatiti Juhora manje interesantni.

Sve ove oblasti treba prospektovati u pogledu na berilijum, pri čemu se ne treba ograničavati samo na makroskopske pojave berila, jer ovaj mineral može da bude rasut u steni u vidu sitnih zrna, pa čak i dispergovan. Zbog toga pri daljim istraživanjima treba dati prednost spektralnim i hemijskim analizama, pogotovu što se danas eksploatišu i ležišta sa niskim sadržajem berilijuma.

U pogledu na litijum za sada su perspektivni pegmatiti Juhora, Motajice, Cera i Bukulje, gde je utvrđeno prisustvo litijuma, odnosno litijum-

skih minerala, ali su podaci u navedenom pogledu vrlo oskudni, zbog čega se predlaže prospekcija i to prvenstveno geohemijska. I u pogledu na navedeni metal treba spektralnim i hemijskim analizama dati prioritet, utoliko pre što je mineraloški sastav opisanih pegmatita poznat.

Pegmatiti naše zemlje interesantni su i u pogledu na rubidijum, cezijum, lantan i dr. Tako je poznato da neki feldspati i liskuni iz pegmatita mogu da sadrže do 0,5% Rb i do 0,2% Cs (Željin, Dunje, Cer), pri čemu povećan sadržaj jednog često uslovljava i porast sadržaja drugog metala. Tako postoje slučajevi gde ukupan sadržaj rubidijuma i cezijuma iznosi 0,7% (Cer, Željin).

Lantan je ređe zapažen, mada njegovi sadržaji u nekim mineralima mogu da dostignu 0,07%. Međutim, sistematska ispitivanja rasejanih retkih metala u našim pegmatitima još nisu izvršena, zbog čega se sa razlogom očekuje da bi ista otkrila još neke od njih, naročito one iz grupe retkih zemalja.

VULKANSKO-SEDIMENTNE STENE

Vulkansko-sedimentne stene su tek u novije vreme počele da se ozbiljnije ispituju, tako da se o njima kao o potencijalnim nosiocima retkih metala ne zna mnogo. Poznato je, međutim, da postoji više ležišta berilijuma u USA i to u riolitskim tufovima, pri čemu se u nekim slučajevima radi o rudnim telima velikih dimenzija, što je tufove naglo izbacilo u prvi plan u pogledu na navedeni metal.

Ovi značajni podaci ukazuju na potrebu otkrivanja i ispitivanja naših tufova upšte, a posebno onih koji se nalaze u blizini granitskih i riolitskih stena, pri čemu su ove poslednje za sada daleko interesantnije.

Zbog toga se predlaže prospekcija u pogledu na riolite i riolitske tufove u našoj zemlji pri čemu treba poći od već poznatih pojava kao što su one na Belasici, Demir Hisaru i dr. Mišljenja smo takođe da bi i same riolite trebalo analizirati u pogledu na sadržaje berilijuma, a i njihove omotače, bez obzira da li se radi o tufovima ili nekim drugim stenama koje su pogodne za deponovanje navedenih mineralizacija.

Na osnovu dosadašnjih ispitivanja i istraživanja u svetu došlo se do zaključka da se sadržaji Be do 2,5 gr/t u tufovima mogu smatrati normalnim. Viši sadržaji berilijuma od gore navedenih ukazuju na potrebu prospekcije tufova na ovaj metal. U tufovima Lepenice (Vladičin Han) sadržaj berilijuma iznosi 7—10 gr/t, što će reći više nego u nekim granitima. Ovi podaci govore da opisane tufove treba prospektovati na berilijum.

Vulkansko-sedimentne stene, odnosno tufovi, interesantni su i u pogledu na neke druge retke metale kao što su galijum i selen, i to prvenstveno one stene koje vode poreklo iz kiselih magmi. One su u našoj zemlji zapažene na velikom prostoru i to počev od grčke granice pa do blizu Beograda, a takođe i na drugim mestima.

PEŠČARI

Peščari mogu da predstavljaju potencijalne izvore retkih metala kao što su cirkonijum, hafnijum, niobijum i tantal, pored toga što nekad sadrže velike količine i drugih običnih metala u svetu. Za sada se ove stene

retko eksploatišu u pogledu na navedene retke metale i to poglavito cirkonijum, iz razloga što su peskovi i nanosi daleko ekonomičniji od njih. No u doglednoj budućnosti peščari mogu da zauzmu vrlo važno mesto, naročito u pogledu na cirkonijum, zbog čega ispitivanja ovih stena treba, po našem mišljenju, blagovremeno preduzeti.

U našoj zemlji postoji veliki broj pojava peščara, pri čemu se u nekim slučajevima radi o pravim peščarskim formacijama. Sve pojave peščara u našoj zemlji u okviru ovog rada teško bi se mogle prikazati, zbog čega ćemo ovog puta navesti samo najznačajnije i najinteresantnije. To su:

Permo-trijaski peščari istočne Srbije, Sansko-unski paleozoik, permski peščari Škofje Loke, peščari Karavanki, Petrove Gore, zapadne Makedonije, Savske bore itd.

REČNI NANOSI

Rečni nanosi još uvek predstavljaju značajan ekonomski izvor cirkonijuma, hafnijuma i retkih zemalja u svetu, a takođe i značajan potencijalni izvor nekih drugih metala kao što su niobijum i tantal. Pored ovih rečni nanosi sadrže čitav niz minerala gvožđa, titana i hroma koji se u mnogim slučajevima eksploatišu, što omogućava ekonomičnu eksploataciju retkih metala (naročito cirkonijuma) čak kada je njihovo učešće veoma malo. Rečni nanosi su posebno interesantni i zbog toga što se korisni minerali iz njih relativno lako vade i koncentrišu.

Potencijalno interesantnim smatraju se svi rečni nanosi koji nastaju drenažom određenih formacija kao što su graniti, kristalasti škriljci, peščari i dr., a koji sadrže akcesorne sastojke cirkon, badeleit, ilmenit, rutil itd. To znači da u našoj zemlji postoji veliki broj nanosa koje smatramo potencijalno interesantnim, pri čemu svakako po svom značaju dolaze u prvi plan reke koje su bogate u nanosima i koje imaju veliki sliv. Zbog toga se kao najinteresantniji mogu za sada izdvojiti sledeći slivovi:

1. Sliv reke Save
2. Sliv reke Drave
3. Sliv Dunava
4. Sliv Morave
5. Sliv Vardara

S obzirom da ne postoje skoro nikakvi podaci o sadržajima minerala u navedenim slivovima, to se predlaže ispitivanje svih nanosa u njima, a takođe i nanosa drugih reka, koje s obzirom na terene kroz koje protiču, na količinu, dubinu i prostranstvo nanosa imaju uslova za koncentraciju traženih metala. Uz sve ovo treba ukazati i na naše tercijarne basene, naročito peskovite, posebno Panonski basen, u čijim se sedimentima mogu očekivati povećani sadržaji nekih retkih metala.

PERSPEKTIVNOST POJEDINIH OBLASTI I FORMACIJA U NAŠOJ ZEMLJI

U sledećem ćemo ukratko prikazati perspektivna područja, i formacije u pogledu na retke metale u našoj zemlji.

PELAGONIJSKI MASIV

Dosadašnja ispitivanja i istraživanja pokazala su da unutar Pelagonijskog masiva postoje ne samo uransko-torijumska ležišta i mineralizacije, već i nekih drugih retkih metala kao što su cirkonijum, niobijum, rubidijum i dr., koji se javljaju u sijenitskim i drugim injekcionim gnajsevima, zatim u liskuniziranim škriljcima a delom i okolnim manje ili više feldspatiziranim škriljcima.

Prema dosadašnjim ispitivanjima i istraživanjima glavne pojave retkih metala koncentrisane su u južnom delu Pelagonijskog masiva i to južno od Prilepa, ali su takođe interesantne i pojave na planini Babuni (Bogomila), gde unutar olovo-cinkove parageneze nastupaju kadmijum, litijum i rubidijum u povećanim koncentracijama.

Zbog svega ovog, deo Pelagonida između Bogomile i grčke granice može se smatrati za retkometalnu provinciju, koja je u navedenom smislu vrlo perspektivna.

Što se tiče severne Pelagonije, za sada se nije naišlo na značajnije retkometalne mineralizacije, izuzev povišenih sadržaja niobijuma u rutilu iz kvarcnih žica i nekim mineralima iz tamošnjih granita.

Zato severni deo Pelagonida smatramo manje perspektivnim u navedenom smislu.

SURDULIČKI ERUPTIVNI MASIV

Surdulički eruptivni masiv predstavlja jedinstvenu retkometalnu provinciju, veoma perspektivnu u pogledu na čitav niz retkih metala, pored nekih običnih kao što su olovo, cink, bakar, nikl, kobalt i dr.

Ovde pre svega imamo molibdenitsko ležište Mačkaticu, unutar i van koga se javljaju i šelitske mineralizacije. Sam molibdenit, prema delimičnim ispitivanjima, sadrži 100—200 gr/t renijuma, što predstavlja upadljivo visok sadržaj. Što se šelita tiče, on se javlja skoro u celom masivu, delom u vidu impregnacija, delom skarnova a često i zajedno sa hematitom, koji se javlja u žicama moćnim do 5 metara. Pored molibdena, volframa i renijuma zapažen je i kasiterit (ređe stanin), zatim minerali bi-

zmuta, teluridi, a od primesa itrijum, iterbijum, kadmijum, germanijum i dr.

Surdulički eruptivni masiv sadrži i druge formacije i ležišta, koji su potencijalni nosioci retkih metala. Tako u reviru Surdulice i Mačkatice nastupaju biotitski škriljci i gnajsevi bogati titanom koji se javlja u vidu ilmenita, rutila i sfena, dakle minerala koji mogu sadržavati ekonomske količine niobijuma.

U okviru Surduličkog eruptivnog masiva javlja se i Pb-Zn ležište Blagodet o kome će docnije biti više reči. U haldi Mačkatičkog rudnika zapaženi su i povećani sadržaji niobijuma (do blizu 100 gr/t), pa se pretpostavlja da je ovaj metal vezan za titanove minerale koji se javljaju u biotitskim škriljcima, a koji pored dacita, izgrađuju rudna tela Mačkatičke jame. Neka ležišta gvožđa u ovoj oblasti takođe pokazuju povećane sadržaje vanadijuma.

VARDARSKA ZONA I DR.

U Jugoslaviji postoji velika oblast unutar koje se s mesta na mesto javljaju alkalne stene i to počev od grčke granice kroz Vardarsku zonu do blizu Prištine. Odatle se ove stene u pravcu severozapada s mesta na mesto javljaju sve do Beograda, takođe i u severoistočnom pravcu (Pčinja, Tanda i dr.).

Reč je o leucitskim stenama, fonolitima, bostonitima, sijenitima, alkalnim granitima, latitima i dr., koje mogu da daju ležišta niobijuma i tantala, posebno ležišta karbonatita sa pirohlorom.

Za sada karbonatiti ovde nisu dokazani, ali oni nisu ni prospektovani, tako da ne možemo tvrditi da ih nećemo pri pažljivijoj prospekciji otkriti. Treba uz to naglasiti da karbonatiti postaju postepeno najvažniji ekonomski izvor niobijuma u svetu i da je njihovo otkrivanje od prvorazrednog značaja. Pri tom se ne treba ograničavati samo na alkalne, već i ultrabazične stene treba da budu podvrgnute sistematskom ispitivanju, pošto ultrabazične alkalne stene predstavljaju glavni komercijalni izvor niobijuma.

Mada karbonatiti kod nas nisu ispitivani, postoje ipak podaci koji govore da njih ima na Kopaoniku, Belasici i na još nekim mestima (Berikovo), pa bi, paralelno sa gornjim istraživanjima, trebalo obratiti pažnju i na navedene pojave.

Leucitske stene Vardarske zone, naročito one kod Gnjilana, posebno su interesantne zbog sadržaja leucita u njima, jer je poznato da mineral *leucit* može da sadrži znatne količine rubidijuma i cezijuma.

PANONSKA NIZIJA I DR.

Slani izvori i vode Panonske nizije, kao i odgovarajući talozi su veoma perspektivni u pogledu na neke retke metale kao što su litijum, rubidijum i cezijum. Peskoviti slani talozi mogu biti posebno interesantni u pogledu na titan, cirkonijum i druge metale koje sadrže peskovi i koji se u svetu često eksploatišu. Poznato je, na primer, da su slani izvori i jezera u svetu važan ekonomski izvor litijuma, koje nekad prate rubidijum i cezijum, pri čemu se ovi metali dobijaju direktno iz voda (isparavanjem) ili iz glinene i drugih frakcija taloga.

Samim tim i talozi bivših slanih izvora, voda i jezera su isto toliko interesantni kao i gore navedeni.

Dokazano je, takođe, da su najperspektivniji izvori koji se javljaju unutar i okolo petrolejskih polja, što slane izvore Panonske nizije i njenog oboda čini posebno interesantnim.

Slanih izvora ima i van panonskog prostora, u okolini Valjeva, zatim SI i I od Beograda, na planini Kotleniku. Narod ovog kraja slano blato koristi i za lečenje rana izazvanih tuberkulozom.

Danas se još uvek ne zna broj i raspored slanih izvora u zemlji, ali on svakako nije mali.

Dosadašnjim našim ispitivanjima bili su obuhvaćeni Banat, zatim Bačka, oblast sela Mionice, Ritopek. Ispitivanjima su biil obuhvaćeni kako slane vode tako i talozi i u najvećem broju slučajeva utvrđeno je povećano prisustvo litijuma, često rubidijuma, a samo izuzetno cezijuma. Zasada su najbolji sadržaji litijuma (do 600 gr/t suvog ostatka) konstatovani na obodu Panonskog basena (Ritopek, Mionica), što je očigledno neobično, mada se mora naglasiti da se radi o preliminarnim ispitivanjima. Nije, međutim, isključeno da se ovde (naročito u rejonu Ritopeka) radi o pojavama nafte na maloj dubini i da je ovo glavni razlog znatno većih sadržaja litijuma u opisanim slanim izvorima. No, ovo su samo pretpostavke, koje će tek detaljnija istraživanja potvrditi ili odbaciti.

Uz sve ovo treba dodati da su često i u samoj nafti, uopšte u svetu, zapažene povećane koncentracije litijuma. Poznato je, na primer, da pepeo mađarske nafte sadrži oko 0,14% litijuma, pa bi ispitivanje naše nafte u navedenom pogledu bilo svakako poželjno. Tim pre, što je nafta, uopšte uzev, nosilac i drugih retkih metala, posebno vanadijuma. Na kraju da navedemo da prema najnovijim podacima (M. A r s e n i j e v i ć, usmeno saopštenje) suvi ostaci iz nekih slanih izvora iz okoline Kaknja sadrže 0,1—0,2% Li. Takođe su interesantni i neki slani izvori u Makedoniji, kao npr. Crvene vode (Kitka pl.) i naročito Slatina (Bogomila) gde sadržaj litijuma u suvom ostatku iznosi 500 gr/t, a vredelo bi ispitati i tuzlansku so bez obzira na njen način postanka.

JADRANSKO PRIMORJE I DR.

Jadransko primorje je pre svega interesantno zbog velikog broja ležišta boksita, koji su potencijalni nosioci velikog broja retkih metala i to niobijuma, tantala, vanadijuma i naročito galijuma, a nekada i cirkonijuma, itrijuma, litijuma i dr.

Mada se boksiti javljaju na velikom broju mesta u našoj zemlji, za sada su najperspektivnije sledeće oblasti i to prvenstveno iz razloga što se u njima koncentrišu ležišta boksita:

1. Istra
2. Oblast severno od Šibenika
3. Oblast zapadno od Mostara
4. Nikšićka oblast

Takođe su perspektivni i boksiti kod Bosanske Krupe, i Vlasenice, gde su prema prethodnim ispitivanjima utvrđeni vrlo interesantni sadržaji cirkonijuma, itrijuma i dr.

Na osnovu rezultata nekih novijih ispitivanja proizilazi da su i boksiti Kosmeta interesantni u pogledu na niz retkih metala.

Daleko manje je Jadransko područje interesantno u pogledu na priobalske peskove, koji su inače poznati u svetu kao nosioci ogromnih količina minerala koji sadrže niobijum, tantal, cirkonijum, hafnijum, retke zemlje i dr., jer su ovi peskovi uglavnom ili slabo zastupljeni ili su karbonatnog karaktera. Od ovog treba izuzeti ušća Neretve i Bojane s obzirom da ove dve reke u svom gornjem toku prolaze kroz terene čija drenaža omogućuje eventualne koncentracije određenih minerala, nosilaca retkih metala.

TIMOČKI ERUPTIVNI MASIV

Sulfidna ležišta bakra poznata su kao značajan ili potencijalan izvor većeg broja retkih metala u svetu i to germanijuma, renijuma, talijuma, selena, indijuma a u nekim slučajevima i retkih zemalja. U značajnim koncentracijama u opisanim ležištima mogu da se jave i kadmijum i telur.

Pojedina ležišta bakra kod nas, kao što je to na primer slučaj sa Borskim rudnikom, već su se pokazala kao ekonomski izvor germanijuma, selena i indijuma, što dokazuje da naša ležišta ovog tipa ne odstupaju u navedenom pogledu od analognih ležišta u svetu uopšte.

Za sada je najinteresantnije područje u našoj zemlji Timočki eruptivni masiv, gde već imamo dva velika rudišta bakra i to Bor i Majdanpek, dakle jednu bakronosnu provinciju unutar koje treba očekivati otkrivanje i drugih ležišta bakra u doglednoj budućnosti.

Pored ležišta ove provincije u navedenom pogledu mogu da budu interesantna i neka druga ležišta bakra u našoj zemlji kao na primer Kazandol, Maškara, Mračaj, Dren, Boan, Dudica i dr, a takođe i sulfidi bakra koji se javljaju u Pb-Zn paragenezama i ležištima.

LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA

UGLJENI BASENI

I ugljevi su takođe počeli u poslednje vreme da se intenzivno ispituju u pogledu na retke metale, pri čemu je utvrđeno da se neki od ovih metala mogu jače koncentrisati.

To pre svega važi za germanijum, galijum a u novije vreme i berilijum. Vanadijum, talijum i renijum takođe se nekad javljaju u ugljevima u značajnim količinama. U najvećem broju slučajeva povoljne koncentracije navedenih elemenata sadrži tek pepeo ovih ugljeva, iz koga se oni i ekstrahuju.

U našoj zemlji postoji veliki broj ležišta uglja, a sva se ova ležišta mogu smatrati potencijalnim nosiocima čitavog niza retkih metala kao što su germanijum, skandijum, vanadijum, galijum, talijum i berilijum. Mada su naši ugljevi slabo ispitani u navedenom pogledu, neki rezultati su vrlo

ohrabrujući. Tako, prema nekim analizama, ugljevi iz okoline Negotino-a (Makedonija) mogu da sadrže do 100 gr/t litijuma i rubidijuma, galijuma, germanijuma, kalaja i volframa, a do 1000 gr/t nikla, bakra, vanadijuma i hroma. U lokalnosti Oslomej utvrđeno je oko 500 gr/t nikla, i indijuma, pored 100 gr/t galijuma, renijuma, kalaja, olova i cinka.

Bilo bi iluzorno ovde prikazivati sva ležišta i pojave uglja kod nas, zbog čega ćemo navesti samo najvažnije basene uglja, koje po našem mišljenju treba prvenstveno ispitati u navedenom pogledu. To su: Kosovski, Kolubarski, Tuzlanski, Velenjski, Trbovljanski, Ibarski, Pljevljanski, Sarajevski, Livanjsko-duvanjski, Fočanski, Mostarski, Gatački, Istarski, Fruškogorski, Rtanjski, Aleksinački, Resavski, Kostolački, Timočki, Kičevski, Tikveški i Zagorski basen.

LEŽIŠTA FOSFATA

Za sada su poznata samo kao nosioci vanadijuma, što će reći metala koji poslednjih godina doživljava veliku ekspanziju. Zbog toga i ležišta fosfata u poslednje vreme dobijaju sve više u značaju. Za sada nisu poznata veća ležišta fosfata u našoj zemlji mada se zna za ona kod Bosiljgrada, Suševa, u Krivoj Lakavici i dr.

RUDE HROMA

Hromne rude za sada su uglavnom interesantne u pogledu na vanadijum. Kako je ovaj metal poslednjih godina veoma tražen i kako potražnja za njih rapidno raste u svetu, to i hromne rude postaju sve značajniji potencijalni izvori ovog metala.

Svakako vanadijum iz navedenih ruda može biti vađen samo kao uzgredni produkt, a njegova eksploatacija je u potpunoj zavisnosti od eksploatacije hroma.

Postoje mnogobrojne pojave hromne rude u Jugoslaviji, ali je najveći broj ležišta hroma vezan za peridotitske masive Vardarske zone. Ovde na prvom mestu dolazi ljubotenski (raduški) masiv i rudonosna oblast Gornjeg Lepenca. Manja rudna tela hromita nađena su i kod Lojana, Roždena, i Alšara. Takođe je interesantan đakovački serpentinski masiv, a značajna ležišta hroma nalaze se i u regionu Prizrena i Orahovca.

Ultrabazične stene koje nose gore navedene hromne rude sadrže značajne količine olivina, koji se smatra kao potencijalni nosilac skandijuma u svetu. S toga bi pri prospekciji hromnih ruda u pogledu na vanadijum, trebalo vršiti i analize olivina na skandijum i eventualno neke druge retke metale.

RUDE GVOŽĐA

Rude gvožđa poznate su, kao potencijalni izvor pre svega vanadijuma, a takođe i indijuma, germanijuma, skandijuma, pa čak i cirkonijuma. Pri tom su posebno interesantna šamozitska, Fe-hloritska i hematitska ležišta. dakle ležišta koja dominiraju u Makedoniji, naročito zapadnoj.

Takođe su interesantna i druga ležišta gvožđa u našoj zemlji, naročito Vareš i Ljubija, ležišta u Šumadiji i dr. U pogledu na vanadijum od posebnog su interesa titanomagnetitska ležišta u bazičnim stenama koja se javljaju na mnogim mestima u Jugoslaviji.

OLOVO-CINKOVA LEŽIŠTA

Olovo-cinkova ležišta predstavljaju veoma značajan ekonomski izvor većeg broja retkih metala u svetu i to pre svega germanijuma, indijuma, talijuma i kadmijuma, ali takođe i galijuma, selena, telura, pa čak i nekih retkih zemalja.

U olovo-cinkovim ležištima opisani retki metali uglavnom se dobijaju kao uzgredni produkt, što znači da se ova ležišta prvenstveno istražuju i eksploatišu u pogledu na obične metale, dok se retki metali dobijaju iz koncentrata ili kao topioničarski produkt. To znači da se istraživanje retkih metala u navedenim ležištima svodi na utvrđivanje njihovog sadržaja i mogućnosti njihove ekstrakcije i da ova istraživanja ne zahtevaju nikakve prethodne investicije.

Sve ovo, dakle, ukazuje na potrebu sistematskog ispitivanja svih naših olovo-cinkovih ležišta u pogledu na sadržaje retkih metala, pogotovu što su već preliminarna ispitivanja nekih naših sfalerita dala interesantne rezultate u pogledu na sadržaje indijuma, kadmijuma i nekih drugih metala. Ova ispitivanja su takođe pokazala da i neki drugi minerali iz opisanih ležišta mogu da sadrže povećane koncentracije određenih retkih metala (pirit, markasit, galenit). Dosadašnja ispitivanja su takođe pokazala da je sadržaj kadmijuma u našim sfaleritima daleko iznad svetskog proseka.

Što se tiče perspektivnosti naših olovo-cinkovih ležišta, treba pre svega naglasiti da je njihov broj vrlo veliki. Zbog toga ćemo i pomenuti samo ona najvažnija.

Tu pre svega dolazi Kopaonička eruptivna oblast (Trepča, Ajvalija, Janjevo, Kižnica, Novo brdo), Zletovsko-kratovska oblast, šumadijska ležišta (Babe, Rudnik, Avala), Radanski eruptivni masiv (Lece), ležišta severoistočne Crne Gore (Brskovo, Šuplja Stijena) i čitav niz drugih ležišta kao što su Srebrenica, Mežice, Veliki Majdan i druga.

URANOVA LEŽIŠTA

U uranovim ležištima mogu da se nađu značajni sadržaji skandijuma, renijuma, vanadijuma, itrijuma, selena, kao i još nekih retkih metala. Neki tipovi uranovih i torijumovih ležišta (Moriovo na primer) daju i značajne sadržaje cirkonijuma, niobijuma i dr., pri čemu sadržaj ovih elemenata može da bude veći od sadržaja urana i torijuma. Proučavanje ovako kompleksnih ležišta retkih metala, urana i torijuma, zahteva duži rad i skopčano je sa znatnim teškoćama u našim uslovima, ali je ono neophodno, utoliko pre što bi povoljno rešenje u određenoj lokalnosti bilo u isto vreme rešenje za sve tipove ovakvih ležišta i pojava.

Iz svega ovog jasno proizilazi da sva naša komercijalna ležišta urana treba sistematski ispitati u pogledu sadržaja retkih metala.

MOLIBDENITSKA I CU-MOLIBDENITSKA LEŽIŠTA

Molibdenitska i bakarno-molibdenitska ležišta poznata su kao glavni i skoro jedini ekonomski izvor renijuma u svetu, pa se postavlja kao imperativ ispitivanje ovih pojava i ležišta ove vrste, a sa posebnim osvrtom na renijum. Reč je o vrlo skupom i deficitarnom retkom metalu, čije svetske rezerve za sada ne prelaze 600 tona i koga nekad vade (USA) čak i pri vrlo niskim sadržajima od oko 20 gr/t. Bakarna ležišta posebno su interesantna u pogledu na selen, telur, kadmijum, germanijum i indijum. Poznato je, naime, da se u novije vreme selen i germanijum dobijaju i u našem Boru, odakle se vade iz bakarnih ruda. Veoma često u bakarnim rudama javlja se i molibdenit koji se takođe eksploatiše, uglavnom kao nuz-produkt, a iz njega se posebno ekstrahuje renijum.

Pored Mo-ležišta Mačkatice i Cu-ležišta Bor i Majdanpek, postoje i druge pojave i ležišta molibdenita i bakra u našoj zemlji koja treba ispitati na retke metale a posebno renijum.

LEŽIŠTA NIKLA I KOBALTA

Ova ležišta prvenstveno su interesantna u pogledu na selen, mada ona za sada ne predstavljaju značajan izvor ovog metala u svetu. U slučajevima kada se Ni-Co-ležišta javljaju u bazičnim stenama, paralelno sa selenom dolaze u obzir i vanadijum, skandijum kao i još neki retki metali koji prate bazične i ultrabazične stene.

Ni, Fe-Ni i Ni-Co-Cu ležišta otkrivena su na više mesta u našoj zemlji, ali su ekonomski najinteresantnija ona iz južne Srbije (Petković, Goleš, Trstenik), Šumadije, Vardarske oblasti i dr.

LEŽIŠTA KASITERITA

Ležišta kasiterita predstavljaju važan ekonomski izvor niobijuma i tantala u svetu i njihovo otkrivanje je od veoma velikog značaja. No i pored otkrića kasiterita na nekim mestima u Makedoniji i Srbiji ležišta ovog minerala kod nas za sada nisu poznata.

As—Sb I Sb—Hg LEŽIŠTA

Dok prva mogu da nose znatne količine indijuma, druga su interesantnija u pogledu na selen. Takođe postoje i mešovita ležišta, ali su ona izvanredno retka. Arsensko-antimonska ležišta, nekad praćena živom, poznata su kod Nikuštaka, Konjskog, Alšara, Krstovog dola, Lojana, Đermola, na Korabu, Evli, kod Gradešnice itd. U nekim slučajevima (Alšar, na primer) zapažene su i visoke koncentracije talijuma, zbog čega ova ležišta dobijaju poseban značaj. U području srednjebosanskih škriljavih planina takođe postoje brojne pojave As-mineralizacija među kojima se naročito ističe ona kod Hrmze (realgar, auripigment). Od antimonitskih ležišta treba pre svega pomenuti Zajaču, Stolce, Crni Vrh, Bujanovac, Srebrnicu, Trojane i dr. Među ležištima žive, sa ili bez Sb i As, najznačajnija su Idrija, Šuplja Stena, Draževići i dr.

I na kraju bismo hteli da ponovo podsetimo čitaoca da u ovom odeljku nismo naveli sve interesantne minerale, stene i ležišta, niti pak pojave retkih metala u svima njima i to iz razloga što je to u ranijim odeljcima iznešeno i što bismo ponavljanjem samo komplikovali prikazivanje perspektivnih oblasti naše zemlje.

Pa ipak bismo na kraju želeli da ukažemo na još neke pojave retkih metala u našoj zemlji, odnosno na minerale koji se javljaju u mnogim stenama, ali koji mogu da se koncentrišu i da predstavljaju ekonomski izvor za dobijanje nekih retkih metala.

Tako je alanit poznat kao pratilac čitavog niza stena, ali je on najčešće neinteresantan, pošto se obično javlja kao akcesorni sastojak. Međutim, ovaj mineral može nekad da se jače koncentriše, a takvih slučajeva imamo i kod nas (Pelagonidi), zbog čega se preporučuje da se pri ispitivanjima, naročito petrografskim, obavezno obraća pažnja na sadržaje ovog minerala u steni, jer on predstavlja jedan od ekonomskih izvora cerijuma. To isto važi i za koncentraciju navedenog minerala u nanosima.

Fe-magnezijski minerali, kao što su pirokseni, amfiboli i dr. ukoliko se javljaju u znatnijim količinama, mogu da budu interesantni u pogledu na skandijum, vanadijum i galijum. Tako fero-magnezijski silikati u bazičnim i ultrabazičnim stenama mogu da sadrže znatne količine skandijuma i vanadijuma, egirini iz alkalnih stena vanadijuma, a pirokseni i amfiboli iz alkalnih stena galijuma. To znači da su svi naši pirokseni i amfiboli, pa čak i olivini, potencijalno interesantni u odnosu na jedan ili više retkih metala i da ih treba u navedenom smislu ispitati.

I jače koncentracije granata i apatita mogu da budu vrlo interesantne, zbog sadržaja retkih zemalja, pa se preporučuje da se u navedenim slučajevima ovi minerali analiziraju i to prvenstveno u pogledu na retke zemlje.

Neki naši manganski minerali mogu da sadrže znatne količine berilijuma i lantana. Karakterističan je na primer slučaj sa manganskim ležištima Cer, gde sadržaji berilijuma dostižu i preko 0,1%, a lantana do 0,1%, pored germanijuma čiji sadržaji mogu da iznose i preko 200 gr/t. Ovde se radi o kontaktno-metamorfnoj regeneraciji sedimentnog ležišta mangana, a pod uticajem granitske magme, gde su navedeni metali deponovani u regenerisanim mineralima mangana, pri čemu za sada nije poznato u kakvom obliku nastupaju navedeni metali. Takođe je rano zaključivati da li se ovde radi o retkometalnoj provinciji, ali bi svakako bila poželjna dalja ispitivanja u navedenom smislu.

LITERATURA

1. American Mineralogist — 1965/70, Washington..
2. Anali Balkanskog poluostrva — 1965/69, Beograd.
3. Arsenijević M. i Pavlović V.: Talijum u Alšaru i nekim As-Sb ležištima. Trudovi na Geol. zavod NR Makedonija — 1956, Skopje.
4. Arsenijević M.: Prethodno saopštenje o otkriću germanijuma u Boru — Zapisnici Srpskog geol. dr. — 1958, Beograd.
5. Arsenijević M.: Germanijum u nekim našim mineralima — Vesnik Zavoda za geol. i geof. istr. — 1959, Beograd.
6. Arsenijević M.: Retki i rasejani elementi u boksitima Bosanske Krupe — Fond str. dok. INGRI — 1958, Beograd.

7. Arsenijević M.: Opšti pregled rasporeda sadržaja retkih i dr. mikroelemenata u glavnim sulfidnim mineralima nekih Pb-Zn ležišta Jugoslavije — Radovi INGRI — 1968, Beograd.
8. Arsenijević M.: Indijum i galijum u nekim sfaleritima. — Glasnik Prir. muzeja — 1961, Beograd.
9. Arsenijević M. i Červenjak Z.: Renijum u molibdenitima. — Glasnik Prir. muzeja — 1962, Beograd.
10. Arsenijević M.: O uslovima koncentracije retkih i dr. mikroelemenata u olovo-cinkovom ležištu V. Majdan. — Radovi INGRI — 1969, Beograd.
11. Arsenijević M. i Teofilović M.: Neke geohemijske i geološke karakteristike Gornje Trepče. — Radovi INGRI — 1969, Beograd.
12. Bulletin de la Société française de min. et de cryst. — 1965/70, Paris.
13. Bureau of mines. — 1965/70, USA.
14. Bulletin of the geological society of America. — 1965/70, New York.
15. Canadian mining journal — 1966/69, Quebec.
16. Deleon G.: Retki elementi u nekim granitima Jugoslavije. — Vesnik Zavoda za geol. i geof. istr. — 1958, Beograd.
17. Doklady Akademij Nauk SSSR — 1965/70, Moskva.
18. Economic geology — 1965/70, Lancaster.
19. Engineering and mining journal — 1965/70, Higstown, USA.
20. Erzmetal — 1965/69, Stuttgart.
21. Fersman A. E.: Izabrannye trudy — 1952/62. Moskva.
22. Geochimija — 1965/70, Moskva.
23. Geochimica et cosmochimica acta — 1965/70, Oxford.
24. Geološki glasnik — 1965/68, Sarajevo.
25. Geološki glasnik Zavoda za geol. istr. SRCG — 1965/67, Titograd.
26. Geological magazine — 1965/69, Hertford.
27. Geologija — Razprave in poročila — 1965/68, Ljubljana.
28. Geologija i razvedka — 1965/70, Moskva.
29. Geologija rudnyh mestoroždenij — 1965/70, Moskva.
30. Geološki vjesnik Instituta za geol. istraživanja — 1965/69, Zagreb.
31. Glasnik Prirodnjačkog muz. — 1965/69, Beograd.
31. Grdenić D. i Pavković-Sevdić D.: Galijum u jugoslovenskim boksitima. — Simpozijum — 1959, Vinča.
32. Hawkes H. E. i Webb J. S.: Geohemija i istraživanje mineralnih sirovina. — 1968, Beograd.
33. Izvestija Akademij Nauk SSSR — 1965/70, Moskva.
34. Jovanović R.: Pregled mogućnosti dobijanja germanijuma u našoj zemlji. — Tehnika — 1958, Beograd.
35. Maksimović Z. i Maksimović S.: Sadržaj i raspodela litijuma, natrijuma i kalijuma u našim ultrabazičnim stenama. — Glas CCXLIX — 1961, Beograd.
36. Maksimović Z.: Sadržaj i raspodela elemenata u tragovima u nekim diferencijatima ultrabazične magme. — V Kongres geologa FNRJ — 1962, Beograd.
37. Mineralogical magazine — 1965/70, London.
38. Mining anual revie — 1965/70, Washington.
39. Mining engineering — 1965/70, New York.
40. Mining journal — 1965/70, London.
41. Mining magazine — 1965/70, London.
42. Mudrinić Č.: Distribucija retkih elemenata u Pb-Zn ležištu Srebrenica. — I Simpozijum za geohemiju — 1965, Beograd.
43. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Mhf. — 1965/70, Stuttgart.
44. Nikolić D.: Pegmatiti SFRJ. — Disertacija (neobjavljeno).
45. Pavlović S. i Nikolić D.: Geohemija berilijuma u kiselom magmatizmu Jugoslavije. — I Simpozijum za geohemiju — 1965, Beograd.
46. Pavlović S. i Protić M.: Mineraloška ispitivanja boksita Crne Gore. — V Kongres geologa — 1957, Sarajevo.
47. Radovi Instituta za geol. rud. istr. nukl. i dr min. sir. — 1965/70, Beograd.
48. Rankama K. i Sahama G.: Geochemistry — 1949, Chicago.
49. Razvetka i ohrana nedr. — 1965/70, Moskva.
50. Referativnyj Žurnal Akademij Nauk SSSR — 1965/70, Moskva.
51. Ristić P.: Eruptivne stene Radana i njegove šire okoline. — Geološki anali Balk. pol. — 1955, Beograd.

52. Rudarsk' glasnik — 1962/65, Beograd.
53. Šćepanović V.: Hemijski elementi kao sastojci ugljeva posmatrani u svetlosti geohemijskih i biohemijskih osobina. — I Simpozijum za geohemiju — 1965, Beograd.
54. Sovjetskaja geologija — 1965/70, Moskva.
55. Specroch'mica acta — 1965/67, London.
56. Stojanov R.: Retki elementi rubidijum, cezijum, litijum vo metamorfnite steni na centralniot pelagoniskiot masiv. — Ref. VI savetovanja geologa SFRJ, II deo — 1966, Ohrid.
57. Tehnika — 1965/69, Beograd.
58. Trudovi na geol. Zavod na Soc. Rep. Makedonija — 1965/69, Skopje.
59. Vesnik Zavoda za geol. i geof. istr. — 1965/70, Beograd.
60. Vinogradov A. P.: Geochemistry of rare and disp. chemical el. in soil — 1959, New York.
61. Vujanović V.: Rudne pojave kod Bogomile i s. Openice. — Trudovi na Geol. zavod na NR Makedonija — 1963, Skopje.
62. Vujanović V.: Procena perspektivnosti Jugoslavije u pogledu na retke metale. — Fond str. dok. INGRI — 1966, Beograd.
63. Vujanović V.: Procena perspektivnosti SR Makedonije u pogledu na retke metale. — Fond str. dok. Geol. zavoda SRM — 1967, Skopje.
64. Vujanović V. i Arsenijević M.: Renijum u molibdenitu Mačkatice. — Zapisnici Srpskog geol. dr. — 1967, Beograd.
65. Vujanović V.: Procena perspektivnosti SR Srbije u pogledu na retke metale. — Fond str. dok. INGRI — 1968, Beograd.
66. Vujanović V.: Mineralogija, geohemija i geneza sedimentnih manganskih ležišta Jugoslavije. — Radovi INGRI — 1968, Beograd.
67. Vujanović V. i Teofilović M.: Pelagonidi, geološko-strukturne i petrološke karakteristike, mineraloške i rudne pojave retkih i običnih metala, njihova geneza, metalogenija i perspektivnost. — IBID.
68. Zapisnici Srpskog geol. društva — 1965/69, Beograd.
69. Zbornik radova Rudarsko-geol. fakulteta — 1965/69, Beograd.
70. Zbornik radova rud. met. fakulteta — 1965/69, Bor.
71. I Simpozijum za geohem'ju — 1965, Beograd.
72. V Kongres geologa FNRJ — 1962, Beograd.
73. VI Savetovanje geologa — 1966, Ohrid.
74. VI Kongres geologa Jugoslavije — 1967, Beograd.

Summary

V. VUJANOVIĆ

RARE METALS AND EVALUATION OF THEIR PROSPECTS IN YUGOSLAVIA

This paper represents a synthesis of the up-to-date results of exploration and investigation of a number of rare metals and rare earths in the world, being a compilation of more than 700 different papers and reports. Its first part deals with the minerals of rare metals, their deposits, the world production of metals and their compounds, reserves, application and prices. The second part treats the evaluation of rare metals prospects in Yugoslavia, based on the data published in Yugoslav and foreign publications. This part consists of three chapters, i.e.:

a) the rocks that contain or have produced the rare metals deposits of economic value and their distribution in Yugoslavia. A brief description of the rocks, that may represent the actual or potential carriers of rare metals, has been given, together with their distribution and potential

prospects in Yugoslavia. These rocks include granitoides, syenites, rhyolites and their tuffs, ultrabasic rocks, alcaline rocks, carbonatites, greisens and greisenized rocks, metasomaticaly altered rocks (migmatites, albitized rocks, micatites and others), phonolites, leucite rocks, volcanic-sedimentary rocks, quartz-porphiries and their tuffs, pegmatites, sandstones, bauxites, argilaceous sediments, asphaltites, fluvial deposits, aluvions and marine beach sands.

b) rare metals provinces and areas in Yugoslavia. There is a number of areas in Yugoslavia that may be considered, based on the available bibliographical data and preliminary field investigations, as prospective in respect to some of the rare metals. These are:

Pelagonian Massif (U, Th, Nb, Ta, Zr, Hf, Cd and others)
Eruptive Massif of Surdulica (Re, Nb, Cd, V, W, Mo and others)
The Vardar Zone (Nb, Ta, Rb, Cs and others)
Panonian Plains (salt waters, brines and their deposits: Li, Rb)
Eruptive Massif of Timok (Bor, Majdanpek: Ge, Se, Re, In, Ta, Ga and others)
Adriatic Coast (bauxites and sands: Ga, V, Zr, Nb, Y, Ta, Hf, Li and others)

c) Mineral deposits that may be considered as prospective from rare metals standpoint. The prospective value of some ore deposits has been given:

Lead-zink deposits (Ge, Cd, Tl, In, Ga, Se, Te, RE and others)
Coal deposits (Ge, Sc, V, Ga, Ta, Be)
Chromium ores (V)
Molybdenum and copper-molybdenum deposits (Re, Ge, Tl, In, Se, RE, Cd, Te, and others)
As-Sb and Sb-Hg deposits (In, Se, Tl and others)
Phosphates deposits (V)
Uranium deposits (V, Sc, Re, Y, Se)
Iron deposits (In, Ge, Sc, V, Zr)
Deposits of asphaltites and bituminous shales (V, Sc)
Ni-Co-Deposits (V, Sc, Se)
Sn-Deposits (Nb, Ta, Sc, In)
Other Deposits

The following tables were given:

1. Table of minerals that may form the deposits of rare metals
2. Table of rocks types that may contain the rare metals deposits
3. Table of ore deposits that may contain the economicaly important concentrations of rare metals.

Due to the unusualy large number of papers that were used in this work, the bibliography is not presented in the usual way; as for example, only those Yugoslav reports and papers were cited, that treats the economic or at least the interesting concentrations of rare metals.

MINERALI RETKIH METALA I MINERALI KOJI MOGU SADRŽAVATI EKONOMSKI INTERESANTNE KOLIČINE RETKIH METALA

Red. br.	Elementi	Li	Rb	Cs	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Re	V	Cd	Ga	In	Tl	Ge	Se	Te	Rz	Be
1.	Alanit				+														+	
2.	Alunit												+							
3.	Alvit									+										
4.	Ambligonit	+																		
5.	Amfibol				×								÷							
6.	Antimonit																+			
7.	Apatit																		+	
8.	Arsenopirit																+			
9.	Arfedsonit																		+	
10.	Argirodit														×					
11.	Badele't					○	○													
12.	Bastnesit																		○	
13.	Bertrandit																		○	
14.	Beril				×														○	
15.	Biotit				×								+	×						
16.	Muskovit																			
17.	Bulanžerit																			
18.	Bornit																			
19.	Cerit																			
20.	Ceruzit																			

21. Cilindrit
22. Cinobarit
23. Cinvaldit
24. Cirkon
25. Eg'rin
26. Enargit
27. Euksenit
28. Ešinit
29. Fe-Hlorit
30. Fenakit
31. Fergusonit
32. Fosfati
33. Frankeit
34. Gadolinit
35. Galenit
36. Galit
37. Germanit
38. Gline
39. Granat
40. Grinokit
41. Halkostibit
42. Halkoz'n
43. Halkopirit
44. Helvin

Red. br.	Elementi	Li	Rb	Cs	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Re	V	Cd	Ga	In	Tl	Ge	Se	Te	Rz	Be
45.	Hematit				+						×					+				
46.	Holandit														+					
47.	Hatčinsonit														+					
48.	Hromit										×									
49.	Hlorit												+							
50.	Ilmenorutili							+			+									
51.	Ilmenit							×	×											
52.	Kalamin											+								
53.	K-Hlorit		○																	
54.	Karnalit		×	×																
55.	Karnotit				+						○									
56.	Kasiterit				×			○	×					+						
57.	Kolumbit							○	○	+										
58.	Kruksit														+					
59.	Lepidolit	○	○	×																
60.	Leucit		×	×																
61.	Limonit											+	+		+	+				
62.	Li—Na Fosfat	○																		
63.	Liskun																			+
64.	Lorandit														+					
65.	Magnetit										+		+							
66.	Markasit														+		+			

67. Molibdenit
68. Monacit
69. Olivin
70. Ortoklas
71. Pirargirit
72. Pb-Vanadati
73. Petalit
74. Pirit
75. Pirohlor
76. Piroksen
77. Plagioklas
78. Polucit
79. Psilomelan
80. Renierit
81. Rutil
82. Samarskit
83. Sfalerit
84. Sericit
85. Sfen
86. Smitsonit
87. Spodumen
88. Stanin
89. Tantalit
90. Tetraedrit

Red. br.	Minerali	Li	Rb	Cs	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Re	V	Cd	Ga	In	Tl	Ge	Se	Te	Rz	Be
91.	T`-Magnetit							+			×									
92.	Tortveitit				○						+									
93.	Turmalin										+									
94.	Teluridi																	+		
95.	U-Rude				+						×						+			
96.	Vikit				×															
97.	Vezuvijan																		×	
98.	Volframit				×			+	+											
99.	Vulfenit									+										

○ = Glavni ekonomski izvor retkih metala.

× = Značajan ekonomski ili potencijalni izvor retkih metala.

\+ = Mineral koji predstavlja ili može da predstavlja ekonomski izvor retkih metala.

RUDNA LEŽIŠTA
U KOJIMA SE JAVLJAJU MINERALI RETKIH METALA I MINERALI KOJI
MOGU DA NOSE EKONOMSKE KONCENTRACIJE RETKIH METALA

Red. br.	Ležišta elementi	Be	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Re	V	Cd	Ga	In	Tl	Ge	Se	Te	Rz
1.	Kasiteritska ležišta					○	○					+					
2.	Mo-W-ležišta	+		+	+			○									
3.	Cu-Mo ležišta							×									
4.	Cu-ležišta							+		×		+		×	○	○	
5.	U-ležišta		+					+	○						+		
6.	Pb-Zn rude								×	○	○	○	○	○		×	
7.	Rude hroma								×								
8.	Rude gvožđa			+					×								
9.	Hematitska i Fe-hloritska ležišta		+						+				+	+			
10.	Ni-Co ležišta														×		
11.	Sb-Hg formacije														×		
12.	Ležišta fosfata i fosforita								×							+	
13.	Oksidacione zone Pb-Zn ležišta									×							
14.	As-Sb ležišta												×				

○ = Ekonomski najinteresantnija ležišta u pogledu na retke metale.

× = Interesantna ležišta.

\+ = Ležišta koja predstavljaju ili mogu da predstavljaju ekonomski izvor retkih metala.

STENE
KOJE MOGU DA BUDU NOSIOCI EKONOMSKE KONCENTRACIJE
RETKIH METALA

Red. br.	Minerali	Li	Rb	Cs	Be	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Re	V	Ga	Tl	Ge	In	Se	Rz
1.	Graniti	+			+		×		×							+		
2.	Amazonit-granit		×															
3.	Granitoidi								×									
4.	Feniti				×		×		×	+								
5.	Sijeniti				+		×		×									
6.	Komenditi, Panteleriti i kimberliti								+									
7.	Lipariti								+									
8.	Fonoliti						+											
9.	Alkalne stene	+	+						○	○		+	+					+
10.	Ultrabazične					×						+						
11.	Kvarc-porfiri i tufovi								+									
12.	Rioliti				○				+									
13.	Riodaciti				×													
14.	Riolitski tufovi				○				+									
15.	Nefelinske stene								+	+			+					
16.	Nefelin sijenit								+	+			+					
17.	Leucitske stene		+	+					+	+								
18.	Komenditi i panteleriti								+									
19.	Grajzeni	+			+													

| | | |