

**GI-6 (1987)** aperis en *Dušanbe*, eldone de *Doniŝ*, Akademio de Sciencoj de Taĝikio.

**GI-7 (1987)** aperis samjare, por celebri la centjariĝon de Esperanto, en Recife, eldono de *Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Geologia*.

**GI-8 (1990)** aperis en *Beijing*, eldone de Ĉina Akademio de Sciencoj.

La ok volumoj nombras sume 1292 paĝojn kun 111 originalaj verkoj de 56 aŭtoroj diverslandaj. En **GI-3** mi provis kompili sendube nekompletan liston de la 130 ĝis tiam aperintaj geologiaj verkoj en Esperanto. Nun, post la pasinta kvaronjarcento, la statistiko estus multe pli impona!

Sed kial GEOLOGIO INTERNACIA ne plu aperadas?

Tion kondiĉas kaŭzoj unuafoje politikaj: krom **GI-7**, ĉiuj volumoj aperis en la t.n. socialismaj landoj. La "kapitalismaj" ne tiom emas subteni Esperanton: la provo eldoni **GI-9** (1994) en Usono plene fiaskis, kvankam por la kompostado kolektiĝis sufiĉe da mono. Sed eldonejo tiea simple ne troviĝis...

Duafoje intervenis kaŭzoj personaj: la membroj de **GS-ISAE** estas jam tro aĝaj, la plej aĝa mi mem. La fak kolegoj emeritiĝis kaj perdis kontakton kun siaj institucioj (ekz. la prezidanto de la sekcio). Grave malsaniĝis la ĉefa motoro de la sekcio, la vigla sekretario. Eĉ, lian kontakton kun la membroj tute malhelpas lialandaj politikaj eventoj.

Evidente mankas junaj gekolegoj, kiuj emus tranpreni la torĉon dum la nuntempa "anglofona geologia epoko". Malgraŭ tio mi ne perdas esperon, ke tiaj certe troviĝos kaj plukonstruos la geologian literaturon sur la ĝisnuna tre solida bazo. Ja ekzistas, krom la literaturo supre skizita, bonkvalitaj geologiaj libroj kaj vortaroj en Esperanto.

Anstataŭ **GI-9**, jen mi prezentas, danke al la senlimaj komplezo kaj laboremo de prof. d-ro *Rüdiger SACHS*, la nuna prezidanto de ISAE kaj redaktanto de ties asocia organo, ĉi tiun modestan geologian kajeron kadre de SCIENCA REVUO.

Ĝi instigu al estonta fosado de nia sulko.

*Dr. Josef KAVKA, CSc.*

*Lužná 7 - Vokovice*

*CZ - 160 00 - Praha 6 / ĈEĤIO*

## Forsterito, speco de magnezia krudaĵo

*Viktor Ivanoviĉ KISELEV*

### 1. Forsterito kaj ĝia industria utiligo

Forsterito estas mineralo el la grupo de olivino, apartenanta al la subklaso de silikatoj kun izolaj tetraedroj  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  (t.n. nesosilikatoj). Temas pri la randa, magnezia membro de la olivina izomorfa vico: forsterito  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$  - fajalito  $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ . Jen la ĥemia konsisto de la pure magnezia tipo:  $\text{SiO}_2$  42,9%,  $\text{MgO}$  57,1%. Okaze de pli ol 5 - 8 % da  $\text{FeO}$  super la ĵus indikita ideala konsisto oni jam parolas ne pri forsterito, sed pri olivino:  $(\text{Mg, Fe})_2[\text{SiO}_4]$ .

Kiel unu el magneziaj krudaĵoj (speciale talko), forsterito estas industrie utiligata en multnombraj sferoj, ekzemple por fabrikado de tre ardorezista periklaza-forsterita materialo eltenanta la temperaturon ĝis 1700-1800°C. Ĝi estas aplikata por murkonstruado de martenfornoj, por interna stukado de kuprofandaj kaj varmigaj fornoj. Do, se tiucele oni uzas naturan forsteriton, tio evitigas la neceson refabriki la tre deficitan talkon al forsterito artefarita. Krome, ĉar forsterito estas pli riĉa je magnezio ol la pirokseno enstatito, ĝi povas esti utiligata en ĉiuj branĉoj de la ceramika industrio, inklude la elektro- kaj radio-ceramikon. Eblecon de tiaspeca uzado oni efektivigis en la instituto *GIEKI* (Moskvo) kaj konfirmis kiel taŭgan krudaĵon por ĉiuj starigitaj celoj (*Vidrik & Orlova*, 1966).

### 2. Genezo de la natura forsterito

Laŭ literaturaj fontoj, forsterito ofte troviĝas en la magneziaj kontakt-metamorfaj rokaĵoj en kunaĵo de ĥondrodito, flogopito, klinohumito, brucito. Plue ĝi aperas en la ultrabazaj serpentiniĝintaj rokaĵoj kun magnezito, flogopito, hematito kaj spinelo, sed ankaŭ en la ultrabazaj vulkanaĵoj kun spinelo kaj aŭgito.

Sur la teritorio de la sudokcidenta Pamiro, la dislokiĝo de forsterito estas observebla lige kun magneziaj skarnoj, kiuj formiĝis el magneziaj marmoroj. Amasiĝo de tiaspecaj skarnoj estas tie tre konsiderinda.

La menciitaj marmoroj konsistas el magnezito kaj ĝuste sur ties kontakto formiĝis skarnoj riĉaj je forsterito (*Kiselev, 1978*). Se iuj marmoroj estis malpli magneziaj (ekz. dolomitaj aŭ magnezi-kalkostonaj), tiam la koncernaj skarnoj ne havas memstaran forsteritazonon.

### 3. Zoneco de la skarnoj

La forsterito, kiel produkto de metasomata proceso, aperas en memstaraj zonoj kadre de apokarbonata parto inter zonoj de enstatito kaj tiuj de kalcifiroj. La zonaro aspektas jene (*Kiselev, 1990*):

- Endokontakto: biotit-plagioklaza gnejsa aŭ migmatito
- Proksimskarna endokontakto kun cianito, silimanito, grafito
- Ekzoskarno kun enstatito kaj tre rare kun spinelo
- Ekzoskarno kun enstatito kaj forsterito, eventuale kun spinelo (tiu ĉi zono ekzistas neĉiame)
- Spinel-forsterita ekzoskarno
- Spinel-forsterita kalcifiro
- Ekzokontakto: magnezita marmoro.

La forsterit-zonoj ordinare enhavas spinelon, kiu laŭ sia partopreno estas ankaŭ rokaĵomineralo. Ĉi-okaze, tia miksa spinel-forsterita rokaĵo povas servi kiel materialo por ekstrakti spinelon, se tiu ĉi havas aspekton de "nobla" juvelŝtono (precipe en la min-kuŝejo *Kuĥilal*). Kaj ankaŭ, krom la koncernaj kontakt-reakciaj spinel-forsterit-zonoj de la metasomata zonaro, en la ĵus nomita kuŝejo troviĝas multnombraj siaspecaj branĉaĵoj penetrantaj en la zonon de la kalcifiroj (porfiroblastaj marmoroj). La spinel-forsterit-vejnoj ofte amasiĝas forme de densaj vejnaroj. Ankaŭ ili servas kiel fontoj por ekstrakti la juvelspinelon. Ali-okaze, la forsterit-rokaĵoj plene anstataŭas granddimensionajn tavolojn kaj lensojn de magnezito, sen montri rimarkeblan metasomatan zonecon, formante la t. n. forsterit-korpojn. Tiaj estas en la

min-kuŝejo *Staĝ* kaj iom malpligrade en la min-kuŝejoj *Ĉangin* kaj *Sumĝin*, kie la zoneco tamen havas iom subpremitan formon. Tie la forsterit-rokaĵoj en sia plejparto estas senspinelaj.

### 4. Fiziografio de la forsterito

Komuna trajto por ĉiuj prezentitaj morfologiaj tipoj de la forsterit-rokaĵoj estas apero de sekundaraj postskarnaj kreaĵoj - antaŭ ĉio la etlamenteforma, disemita aŭ nest-aspekta flogopitiĝo kaj krome la serpentiniĝo, nome nest-aspekta antigoritiĝo (*Kuĥilal*) aŭ mase trapenetranta ĥrizotiliĝo (*Staĝ* kaj malpligrade *Ĉangin*, *Sumĝin*). Konsiderinde ofte, en la forsterit-rokaĵoj ĉeestas la grafitiĝo, nestaspekta, konsistanta el densa pulvorea agregato (*Kuĥilal*), aŭ mincdispersa, distribuita en la tuta rokaĵo, trae ekde la komenca ĝis la fina ŝtupoj de la metasomata proceso.

Tamen, la ĉefa rokaĵomineralo estas forsterito. Ĝiaj grajnoj havantaj malperfektan kristalografian formon konsistigas agregatojn kun neegalgrajna aŭ porfiroblastaj strukturo. En la kalcifiroj ĝi prezentas sin aŭ kiel apartaj grajnoj, aŭ kiel nest-aspektaj ariĝoj. La grajnodimensio varias ekde kelkmilimetra (en la kalcifiroj) ĝis 5-7 centimetra (en vejnoj kaj kontakt-reakciaj zonoj). Averaĝa dimensio ordinare troviĝas en intervalo de 2-5 cm. La forsterit-koloro estas blanka, grizete- aŭ verdet-blanka (pro enmiksaĵoj). La specifa maso estas 3,6 - 3,20 g/cm<sup>3</sup>, la volumena maso varias en la intervalo de 2,92-3,10 g/cm<sup>3</sup>.

Mikroskopate, la mineralo estas senkolora, kun okulfrapa ŝagrina reliefo kaj alta birefrakto. Interfera koloriĝo montras blujn kaj ruĝajn tonojn de altaj ordoj. Kliveco en la mineralo preskaŭ ne videblas, sed eblas rimarki tre densan fendiiĝon, kies interspacoj konsistas el serpent-vejnetoj. Maklojn la mineralo ne formas, jen la distinga trajto disde la mikroskope tre simila klinohumito, tre tipa por la forsterit-rokaĵoj en la min-kuŝejo *Kuĥilal* kaj pluraj aperlokoj en la baseno de la rivero *Gandary*. La longeco de la forsterit-kristaloj estas optike pozitiva, la estingiĝo rekta. La refraktindicoj, mezurite per imersi-likvaĵoj, jenas: Ng = 1,668 - 1,672; Nm = 1,652 - 1,657; Np = 1,636 - 1,638; angulo 2V(+) = 85 - 90°. La ferhavo de la mineralo en diversaj min-kuŝejoj estas malsama: malplej granda en *Kuĥilal*, kie la valoroj optike difinitaj estas 0-1%. Difini ferhavon en

unuminalaj frakcioj de forsterito el aliaj objektoj estas tro malfacila pro la ĉeesto de almiksita mineraloj, ĉefe de serpentino. La ferhavo de la rokaĵoj estos indikita pli sube, okaze de la kuŝej-priskriboj.

### 5. Ĥemia konsisto

La ĥemia konsisto de unuminala forsterito (Tab.1) estas esplorita sole el du kuŝejoj, nome *Kuĥilal* kaj *Sumĝin*, ankaŭ pro la intima trapenetrigo de serpentinaj vejnetoj kaj pro ĉeesto de aliaj mineral-almiksaĵoj (grafito, magnezito, apatito k.a.). Tio estas klare videbla en la prezentitaj analizoj de relative pura mineralo, en kiuj kaptas atenton la superflujaj partoprenoj de CaO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, kaj aliaj.

Kalkulado de kristaloĥemiaj formuloj eblas ĉi-okaze nur post elimino de komponantoj apartentantaj al la neforsterita mineraliĝo. La petroĥemia rekalkulo de la ŝajne unuminalaj analizoj montras, ke la mineralaj almiksaĵoj prezentas averaĝe 10% el la koncernaj forsterit-frakcioj (Tab.2).

La elkalkulitaj kristaloĥemiaj formuloj de la pura forsterito atestas pri treege basa ferhavo de la forsterito: por la min-kuŝejo *Kuĥilal* la minerala interrilato de la randaj membroj en la izomorfa vico "forsterito-fajalito" troviĝas stabilproporcie 99 : 1, por la min-kuŝejo *Sumĝin* la ferhavo estas iomete pli alta, t.e. 96 : 4. Tio ĉi plene akordiĝas kun la donitaĵoj akiritaj per la mikroskopado.

El akcesoraj elementoj, kies partoprenon evidentigis la analizado spektroskopie, estas menciindaj: As 0 - 0,n%, Ba, Sr 0,0n%, Sn, Zn, B 0 - 0,0n%, Cu, Pb, Ge 0,00n%, Bi, Ni, V, Zr 0 - 0,00n%, Co 0,000n%.

### 6. Ceteraj metodoj de la forsterit-ekzamenado

Rentgenometrio de la forsterito konfirmis la liniojn de la mineral-almiksaĵoj: serpentinaj antigorito kaj ĥrizotilo, samkiel la produktoj de ties ŝanĝiĝo: hidroglimoj.

La parametroj de elementa ĉelo de la forsterito estas  $a_0 = 0,475 \pm 0,001\text{nm}$ ,  $b_0 = 1,018 \pm 0,01\text{nm}$ ,  $c_0 = 0,597 \pm 0,01\text{nm}$ . Ankaŭ tiuj ĉi donitaĵoj pruvas tre basan ferhavon, ne superantan 1%.

Komponentoj	<i>Kuĥilal</i>			<i>Sumĝin</i>
	spec. 239	spec. 242	spec. laŭ**	
SiO <sub>2</sub>	42,08	41,17	40,76	41,17
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,17	0,16	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,55	0,07	0,94	0,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,57	0,00	0,00	0,07
FeO	0,18	0,72	1,03	3,68
MnO	0,03	0,00	0,00	0,04
MgO	56,05	55,38	53,79	55,58
CaO	0,00	0,41	1,12	0,00
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,31	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,13	-	0,03
S (sum.)	0,00	0,00	-	0,00
CO <sub>2</sub>	0,40	0,55	-	0,27
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	-	-	1,09	0,96
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,00	0,18	-	0,00
p.p.a.*	0,66	1,71	-	1,23
<b>Sumo</b>	<b>100,31</b>	<b>99,63</b>	<b>99,20</b>	<b>99,91</b>

**Tabelo 1:** Ĥemiaj konsistoj de unuminalaj frakcioj de forsterito en min-kuŝejoj de la sudokcidenta Pamiro (masaj %)

\* perdoj pro ardigo

\*\* laŭ *L.N. Rossovskij, L.S. Zilberfarb* (1963)

Analizis: *V.M. Ŝapovalova*, Laboratorio de Departemento pri geologio de Taĝika SSR, *Duŝanbe*

En miksaĵoj									
Spec. n-ro	Min-kuŝejo	Apatito	Magnezito	Serpentino	Periklazo	Forsterito	Kristaloĥemiaj formuloj de forsterito	Ferhavo (%)	
239	<i>Kuĥilal</i>	0,1	1,3	1,0	-	79,6	$(Mg_{1,98}Fe^{3+}_{0,01}Al_{0,01})_2[Si_{0,99}Al_{0,01}O_4]$	1	
242	"	0,2	1,7	3,9	3,4	90,8	$(Mg_{1,98}Fe^{2+}_{0,02})_2[Si_{0,99}(Ti,Al)_{0,01}O_4]$	1	
(laŭ **)	"	0,6	(?)	4,5	-	94,9	$(Na_{0,02}Mg_{1,96}Fe^{2+}_{0,02})_2[Si_{0,97}Al_{0,03}O_4]$	0,5	
442-a	<i>Sumĝin</i>	0,1	0,8	3,8	9,9	85,7	$(Mg_{1,92}Fe^{2+}_{0,08})_2[Si_{0,99}(Al,Fe^{3+})_{0,01}O_4]$	4	

Tabelo 2: Konsistoj de unuminalaj frakcioj de forsterito laŭ rekalkulado de ĥemiaj analizoj (mol.%)  
\*\* komparu Tabelon 1

La temperatur-kondiĉoj por la forsterit-kristaliĝo el la min-kuŝejo *Kuĥilal* rezultas el la ekzamenado de gas-likvaj inkludaĵoj: la komenco de amasa dekrepitiĝo estis konstatita ĉe 635-650°C, tiu de homogeniĝo ĉe 740-800°C (*Fajziev* kaj kunaŭtoroj, 1978). Nun sekvu prijuĝo de la forsterito kiel almagnezia krudaĵo el la unuopaj min-kuŝejoj de la sudokcidenta Pamiro.

## 7. Kuĥilal

La forsterit-rokaĵoj prezentiĝas tie ĉi (Bildo 1) kiel masivaj materialoj de grizete- aŭ flavete-blanka koloro, havantaj en varia kvanto inkludaĵojn de spinelo, klinohumito, flogopito, grafito, serpentino kaj aliaj. La rokaĵoj estas prezentitaj de du geologiaj formoj: unue kiel kontakt-reakciaj zonoj en la skarno, due kiel vejnokorpoj troviĝantaj kadre de la kalcifir-zonoj en la marmoroj. La provizokvanto de la forsterita krudaĵo en la min-kuŝejo estas, laŭ anticipa kalkulo, 250 miloj da tunoj.

La industria uzeblo de la krudaĵo estis pruvita por la unua fojo ĝuste en ĉi tiu min-kuŝejo (*Vidrik & Orlova*, 1966). La teĥnologian testadon oni efektivigis en la instituo *GIEKI* (Moskvo). Pruviĝis, ke la materialo povas esti uzata plenkonvene por produktado de certaj tipoj de ceramikaĵoj; ke samtempe temas pri perspektiva materialo por aliaj industri-branĉoj konsumantaj similan magnezian krudaĵon, nome talkon kaj enstatiton. Necese de plua espolorado de tiu ĉi krudaĵo por evidentigo de ĉiuj eblecoj de ties industria uzado sekvas jam el tio, ke laŭ sia ĥemia konsisto (Tab.3) ĝi kontentigas la plej rigorajn postulojn aplike al krudaĵo por radio- kaj elektro-ceramiko.

## 8. Sumĝin

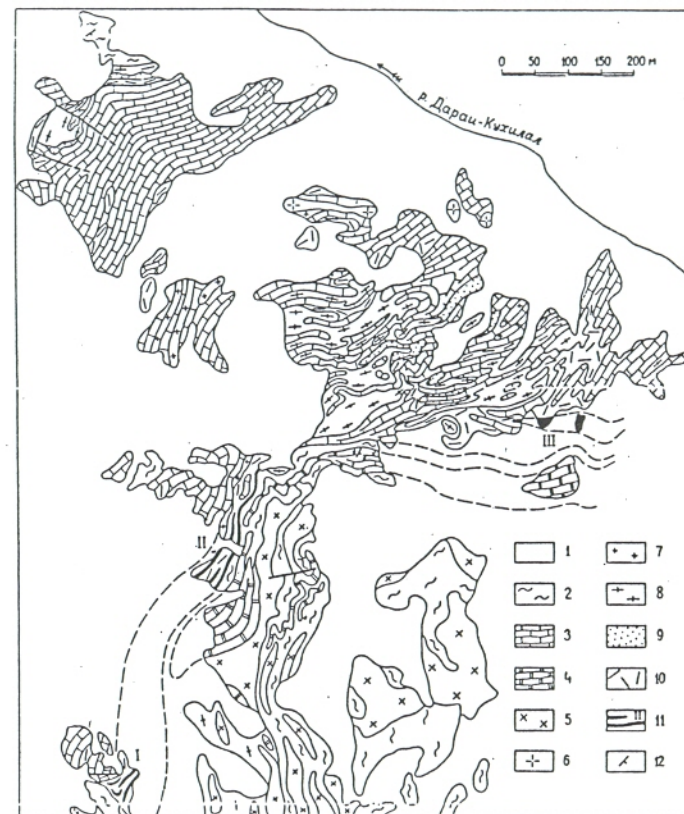
Jen la min-kuŝejo (Bildo 2) kun la plej reprezentanta dikeco (ĝis 20-30m) de la forsterito-skarnoj. La samo validas pri la kontakte metasomata zon-volumeno. La kuŝejo konsistas el ampleksaj korpoj tre interesaj kiel magnezia krudaĵo. Forsterito, la ĉefa mineralo, okupas 60-70% de la rokaĵa volumeno. La resta parto apartenas al produktoj de postaj skarnotransformiĝoj, ĉefe serpentino, klinohumito, flogopito, kalcito, magnetito kaj aliaj. La proksimuma provizokvanto de la krudaĵo konsistigas 1 milionon da tunoj.

Komponantoj	Min-kuŝejoj							Aperlokoj			
	Kuŝilal 1	Kuŝilal 2	Staĝ. korpo I 3	Staĝ. korpo I 4	Staĝ. korpo III 5	Sumĝin 6	Ĉanĝin 7	Avĝ 8	Sumĝin I 9	Sumĝin II 10	Abĥarv II 11
SiO <sub>2</sub>	40,84	38,41	40,76	41,40	40,15	39,68	38,57	39,75	40,86	37,30	38,84
TiO <sub>2</sub>	-	-	0,10	0,05	-	0,19	0,10	0,09	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,61	0,48	0,66	0,36	0,37	1,70	1,79	0,69	1,36	0,45	0,73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (sum.)	0,65	0,61	4,29	3,22	5,51	2,55	1,79	2,91	2,94	3,43	4,43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,27	0,00	1,17	0,25	0,58	0,20	0,26	0,27	0,84
FeO	-	-	3,67	2,90	4,05	2,08	1,09	2,44	2,41	2,85	3,23
MnO	-	-	0,13	-	-	0,03	0,01	0,03	-	-	-
MgO	56,88	55,61	51,66	53,89	49,88	46,71	47,61	51,46	41,76	43,09	48,89
CaO	0,10	0,80	0,24	0,44	0,25	1,85	1,24	0,58	2,05	2,00	0,91
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,07	0,26	0,05	0,40	0,17	0,15	0,11	0,54	0,26	0,20
K <sub>2</sub> O	0,08	0,06	0,50	0,00	0,50	0,78	0,87	0,12	0,75	0,30	0,20
F <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	0,21	-	-	0,17	0,19	0,09	-	-	-
S (sum.)	-	-	0,02	0,00	0,00	0,05	0,05	-	0,00	0,00	0,00
CO <sub>2</sub>	-	-	0,43	-	-	1,65	1,59	-	-	-	-
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	-	-	0,06	-	-	0,04	0,35	0,36	-	-	-
p.p.a.	2,34	4,67	1,59	-	-	5,52	6,82	4,06	-	-	-
<b>Sumo</b>	<b>101,50</b>	<b>100,71</b>	<b>100,05</b>	<b>98,09</b>	<b>96,77</b>	<b>99,13</b>	<b>99,02</b>	<b>99,62</b>	<b>89,99</b>	<b>88,95</b>	<b>93,84</b>

**Tabelo 3:** Ĥemiaj konsistoj de forsteritaj rokaĵoj en min-kuŝejoj kaj aperlokoj de la sudokcidenta Pamiro (mas.%)

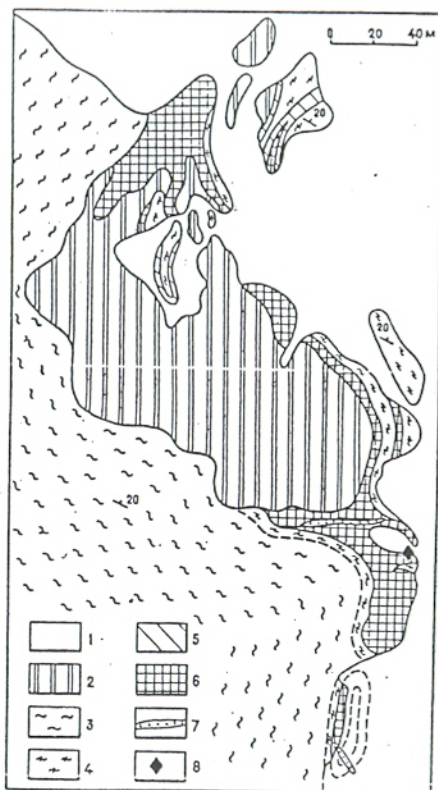
Klarigoj : 1 - enhavo en la teĥnologi-esplora rokaj-porcio N 13;  
 2 - enhavo en la teĥnologi-esplora rokaj-porcio N 13-1;  
 3 - averaĝe el 9 analizoj;  
 4 - kolekta rokaj-porcio en unu profilo;  
 5 - averaĝe el 2 kolektaj rokaj-porcioj en 2 profiloj;  
 6 - averaĝe el 11 analizoj;  
 7 - averaĝe el 5 analizoj;  
 8 - enhavo en la teĥnologi-esplora rokaj-porcio;  
 9 - averaĝe el 5 analizoj;  
 10 - unuopa analizo;  
 11 - unuopa analizo.

Analizis: V.M. Ŝapovalova, Laboratorio de Departemento pri geologio de Taĝika SSR, Duŝanbe



**Bildo 1:** Geologia mapo de la min-kuŝejo Kuŝilal

- 1 - pleistocenaj deponaĵoj
- 2 - biotit-plagioklazaj gnejsoj kaj migmatitoj
- 3 - magnezitaj marmoroj
- 4 - kalcitaj marmoroj
- 5 - aplit-aspektaj granitoj kaj aplit-pegmatitoj
- 6 - plagioklaz-mikroklinaj pegmatitoj kun ŝorlo
- 7 - mikroklinaj pegmatitoj kun dravito
- 8 - proksimskarne transformiĝintaj aluminosilikataj rokaĵoj
- 9 - cianit-grafitaj apudskarnaj rokaĵoj
- 10 - enstatitaj kaj spinel-forsteritaj skarno
- 11 - talkaj rokaĵoj kaj numeroj de talkaj korpoj
- 12 - indicoj de spaca tavolsituo de rokaĵoj



**Bildo 2:** Geologia ŝlĥemo de la min-kuŝejo *Sumgîn*

- 1 - pleistocenaj deponaĵoj
- 2 - magnezitaj marmoroj
- 3 - biotitaj gnejsoj kaj migmatito
- 4 - proksimskarne transformiĝintaj apognejsaj rokaĵoj
- 5 - apudskarnaj plagioklaz-grafit-cianitaj rokaĵoj flogopitiĝintaj
- 6 - forsteritaj skarnoj kun flogopito, serpentino kaj alia mineraliĝo
- 7 - vejnaj plagioklazitoj
- 8 - trovloko de blua korundo

Averaĝa ĥemi-konsisto de la krudaĵo, elkalkulita el unuopaj analizoj de la plej tipaj specimenoj prezentiĝas ree per la tabelo komuna por ĉiuj min-kuŝejoj (Tab.3). La komparo kun normoj de industriaj postuloj aplike al magnezia krudaĵo helpe de talko kiel ekzemplo (*Ĉernosvitov*, 1961) montris, ke tiu ĉi konsisto kontentigas normojn de preskaŭ ĉiuj industriaj branĉoj konsumantaj tian krudaĵon, nur escepte de la plej rigoraj, kiujn devas havi krudaĵo por radio- kaj elektro-ceramiko.

La plej malutilaj komponantoj estas  $Fe_2O_3$  la suma,  $Al_2O_3$  kaj  $CaO$ . Sed en apartaj specimenoj tiaspeca enhavo povas esti malplia ol permesas la normo; tio atestas, ke la supernormaj valoroj dependas ne nur de la forsterito mem, sed ankaŭ de diversaj mineraloj almiksitaj en la rokaĵo.

Rekalkulo de la ĥemi-analizoj al minerala konsisto montras ĝustecon de tia supozo: la komponantoj  $Al_2O_3$  kaj  $CaO$  plene eniras la almiksaĵojn, t.e. flogopito kaj karbonatoj, parto de la fero ligiĝas forme de magnetito kaj sulfidoj, kvankam la ĉefa parto de la fero restas en la konsisto de la forsterito.

Tia "riĉigita" forsterit-maso akiras eĉ pli altan ferharon ol ĝenerala konsisto de la rokaĵo: ĝi varias, laŭ faritaj kalkuloj, en la intervalo 1,69 - 4,65 (transkalkulite je  $Fe_2O_3$  en masaj procentoj). Tiuj ĉi donitaĵoj estas proksimaj al la ferhavo de unuminerala frakcio de la forsterito montrita en Tabelo 2.

La evidentigita konsisto de la forsterit-maso en la kuŝejo (Tab.3) montras, ke la pli alta ferhavo ne permesas utiligi la krudaĵon por radio- kaj elektro-ceramiko, sed ne embarasas ĝian uzadon en aliaj industri-branĉoj. Ĉi-okaze, aliaj malutilaj komponantoj de la rokaĵo, ligitaj kun mineral-almiksaĵoj povas esti facile forigitaj riĉig-procede.

## 9. Ĉangin

La forsterit-rokaĵoj de tiu ĉi min-kuŝejo (Bildo 3) formas grupon de korpoj kuŝantaj laŭlonge de kontakto aŭ ene de ampleksa magnezit-marmora lenso, kun escepto de unu forsterita korpo, kiu situas en la substrato gnejsa-migmatita. Ĉiuj forsterit-korpoj konsistigas skarnon tre specifan: nome, ĉiuj ties metasomataj zonoj, krom la forsteritaj,

estas rimarkeble subpremitaj (ekde la dikeco kelkcentimetra ĝis 0,5 - 1,0 metra). La lastaj ja, kontraste, estas eksterproportie formitaj: la forsterit-zono atingas dikecon 30-40 m. Entute, la kuŝejo nombras kvar korpojn pli grandajn kaj aron da malpli grandaj. La suma provizokvanto da forsterito faras 500 milojn da tunoj.

Jen la minerala konsisto de ĉi-ticaj forsterit-rokaĵoj: forsterito 85-90 %, serpentino 5-15 %, kalcito 3-5 %, piritino kaj magnetito 2-3 %, spinelo tre rare. El la averaĝa ĥemi-konsisto de la rokaĵo (Tab.3) videblas simileco al la rokaĵo de *Sumĝin*. Krome, en ambaŭ min-kuŝejoj la unuopa specimeno elmontras rimarkeblan komponant-variadon kompare kun alia specimeno. Tamen, la dominanta parto de la enhavoj submetiĝas al la industri-normoj.

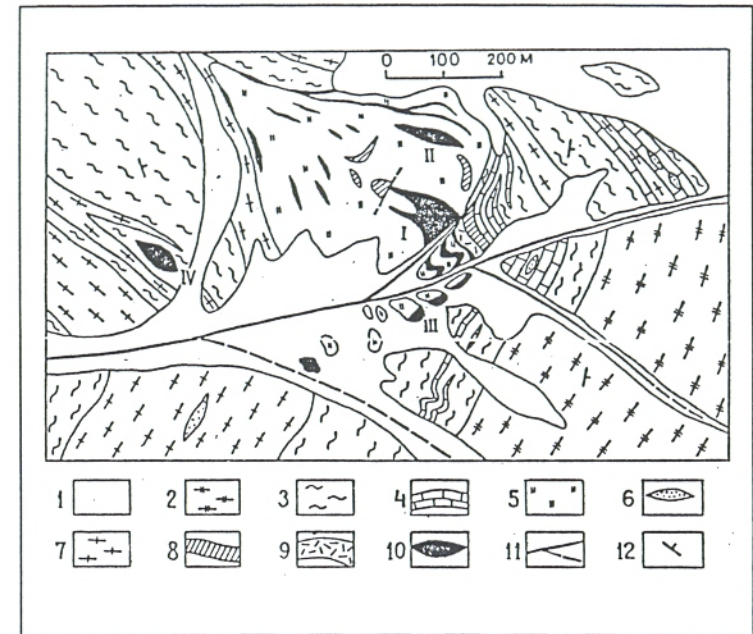
Komparante la variadon de la ĥemi-komponentoj kun tiu de la minerala konsisto, oni vidas, ke la nedezirataj almiksaĵoj (karbonateco, alumineco, pli alta ardigoperdo) apartenas al kalcito, flogopito aŭ serpentino. La variaĵoj de ferhavo parte estas kondiĉitaj de sulfida kaj feroksida mineraliĝoj, parte de izomorfa fajaliteco de la forsterito mem. Preskaŭ ĉiuokaze, la FeO en la rokaĵo estas konsiderinde basa; post elimino de la ferparto apartenanta al la mineraloj almiksataj, la resta fero de la rokaĵo (rekalkulite al la suma  $Fe_2O_3$ ) varias en la intervalo 0,40 - 1,35 % (nur unuokaze 3,67 %), kio plene kontentigas la plej rigorajn kvalitatpostulojn.

Do, la anticipa esploro de la ĥemia kaj minerala konsistoj prezentas la kuŝejon kiel perspektivan almagnezian kaj basferan krudaĵon, taŭgan por diversaj industri-branĉoj.

## 10. Staĝ

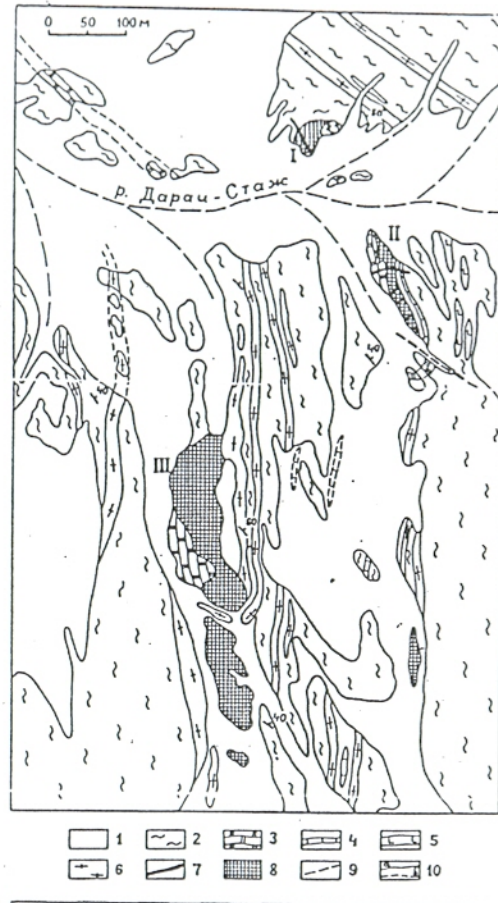
La min-kuŝejo konsistas (Bildo 4) el tri grandaj forsterit-korpoj situantaj en gnejs-migmatita substrato. Ilia pozicio estas konkordanca. Ili ĉiuj estas produktoj de substituo de grandlensaj magnezit-marmoroj, kies restaĵoj kelkloke konserviĝis ene de forsterita maso. Interesa specifeco estas transversaj vejnoj de korund-plagioklazitoj (Kiselev, 1977, 1979).

Esence specifa tamen estas plena manko de skarna zoneco, rimarkbla en la ceteraj kuŝejoj de la regiono, precipe *Kuĥilal*, *Sumĝin* kaj *Ĉangin*. Interalie, jam en *Sumĝin* kaj *Ĉangin*, kiel montrie pli supre,



Bildo 3: Geologia mapo de la min-kuŝejo *Ĉangin*

- 1 - kvaternaraj deponaĵoj
- 2 - ĥoroga rokaĵserio
- 3 - biotitaj gnejsoj kaj migmatitoj de gorona serio
- 4 - dolomit-kalcitaj kaj kalcit-dolomitaj marmoroj
- 5 - magnezitaj marmoroj
- 6 - amfibolitoj
- 7 - gnejsgranitoj
- 8 - proksimskarne transformiĝintaj kaj apudskarnaj rokaĵoj apognejsaj
- 9 - magneziaj skarnoj kun enstatito (evt. plus amfibolo, flogopito, klinohumito)
- 10 - magneziaj skarnoj de forsterita konsisto kaj numeroj de forsteritkorpoj
- 11 - fendajaj strukturoj
- 12 - indicoj de spaca tavoloj de rokaĵoj



**Bildo 4:** Geologia mapo de la min-kuŝejo *Staĝ*

- 1 - kvaternaraj deponaĵoj
- 2 - biotitaj gnejsoj kaj migmatitoj
- 3 - magnezitaj marmoroj
- 4 - dolomit-kalcitaj marmoroj
- 5 - amfibolitoj
- 6 - gnejsogranitoj
- 7 - plagioklazitoj kun korundo
- 8 - forsterit-korpoj
- 9 - tektonikaj fendoj
- 10 - geologiaj limoj: a - difinitaj, b - supozataj

la zonoj - krom la forsterita - estas subpremitaj. Ĉi tie, la tendenco trovis sian klaran esprimon: la enstatit-zono estas videbla sole en kelko da ĉekontaktaj randoj inter la korpo forsterita kaj tiu de gnejso.

La konstituo de la forsterit-korpoj estas unuspeca: ili konsistas el grandgrajna forsterit-maso, tre densa kaj viskoza, diversgrade serpentiniginta kaj flogopitiĝinta. La serpentinigo koncernas precipe la plej grandan korpon (n-ro III), kie ĝi transformas la rokajstrukturen je kunfanda (kriptograjna) kaj kondiĉas ĝian malhelverdan koloron. La flogopitiĝo estas etlamena, disemita aŭ nestforma. Preskaŭ plene forestas spinelo.

Dimensioj de la forsterit-korpoj: n-ro I 85 x 45 m, dikeco 72,5 m; n-ro II 85 m laŭlonge, 5-20 m laŭlarĝe, dikeco averaĝe 15-20 m; n-ro III etendiĝas en plano ĉirkaŭ 400 m, averaĝa larĝeco 50 m. Do, laŭ sia suma provizokvanto da forsterito, tiu ĉi kuŝejo estas la plej granda en la regiono: sume 16.785 miloj da tunoj.

La ĥemiaj konsistoj po-korpe troviĝas en Tabelo 3. La komparo kun la ceteraj min-kuŝejoj estas malfavora: antaŭ ĉio temas pri la rimarkeble pli alta ferhavo, plej evidenta okaze de la korpo n-ro III. Tia forsterito ne povas esti uzata kiel magnezia krudaĵo en sia natura stato. Por atingi ĝian uzeblon necesas ellabori efektivan kaj nemultekostan teĥnologion, kiu ĉefe eliminus la izomorfan feron. La unuaj provoj fare de Instituto pri Ĥemio de Taĝikio donis esperigan rezulton.

## 11. Aperlokoj

Krom la supre priskribitaj grandaj min-kuŝejoj ekzistas en la regiono ankaŭ multaj malpli grandaj aperlokoj de forsterito. Nur kelkaj el ili (Tab.3) estas metitaj sub esploro, almenaŭ por verifi ilian identecon kun la supraj kuŝejoj koncerne kvaliton de la krudaĵo.

La analizoj montris similecon de la ĥemia konsisto. Tio signifas, ke ilia materialo estas industrie uzebla.

Resumante ĉion priskribitan, eblas konkludi, ke la pamira forsterito estas altmagnezia krudaĵo, ekzistanta en abundaj provizoj ĉi-regione, do nepre perspektiva.



**Resumo ruslingva:***Forsterit kak vid magnezialjnogo sirja*

V statje oĥarakterizovani mineralogiĉeskie i tefnologičeskie svojstva forsterita ŝiroko razvitogo v magnezialjniĥ skarniĥ Jugo-Zapadnogo Pamira. Vijavljena vozmognoŝtj ego ispoljzovania v otraslĥiĥ promiŝlennosti potrebljajuŝiĥiĥi rodstvennic vidi magnezialjnogo sirja (taljk, enstatit).

**Referencoj**

- Ĉernosvitov Ju.L. (1961). *Taljk i pirofillit (Trebovania promiŝlennosti k kaĉestvu mineraljnogo sirja, vip. 1)*, Gosgeolteĥizdat, 55 s. Moskva.
- Fajziev A.R., Kiselev V.I., Iskandarov F.S., Alidodov B.A. (1978). *Temperaturnie uslovĥa mineraloobrazovania v magnezialjno-skarnovom mestoroĝdenii Kuliĥal (Jugo-Zapadnij Pamir)*. - *Termobarogeolĥimĥa zemnoj kori i rudoobrazovanie*, Nauka, 177 - 179. Moskva.
- Kiselev V.I. (1977). *Rubinovic i sapĥirovic raznovidnosti korundov Jugo-Zapadnogo Pamira*. - *Dokl. AN TadjSSR*, 20, 6, 48-52. Duŝanbe.
- Kiselev V.I. (1978). *Magnezialjno-skarnovaja formacia Jugo-Zapadnogo Pamira*. - *Izv. AN TadjSSR. Otd. fiz.-mat. i geol.-ĥim. nauk*, 4 (70), 62-69. Duŝanbe.
- Kiselev, V.I. (1979). *Mineralogia korundovĥiĥi plagioklazitov Jugo-Zapadnogo Pamira*. *Mineralogia TadjSSR. vip. 4, Doniŝ*, 175-184. Duŝanbe.
- Kiselev V.I. (1990). *Nova provinco de talka mineraliĝo en Sud-Okcidenta Pamiro*. - *Geologio Internacia*, 8, 113-123. *Beijing*.
- Vidrik G.A. & Orlova R.G. (1966). *Tefnologičeskoe oprobovanie forsteritovĥiĥi porod mestoroĝdenia Kuliĥal*. - *Novoe v elektrokeramike (Trudi VNIEM, vip. 8)* 27-31. Moskva.

**Adreso de la aŭtoro**

Viktor Ivanoviĉ KISELEV  
ul. Razina 5, kv. 1,  
TJ - 734005 - D u ŝ a n b e  
TAĜIKIO

**Priaŭtoro informo**

Geologo de Instituto Geologia de Akademio de Sciencoj de Taĝikio.

## ***Coelurosauravus* - la plej frua provo de la naturo, helpi vertebrulon al konkero de l'aerspaco**

Günther SCHAUMBERG

**I. La unua trovaĵo**

En 1913 la grejfsvalda paleontologo *Jaekel* akiris por tiea kolektaĵo platon da suprapermia kupro-ardezo, deveninta el la mansfelta min-distrikto. Tiu ĉi plato enhavis antaŭan korpoparton de malgranda reptilio, ĝis tiam neobservita en la koncerna formacio (Bildo 1). Plua eksterordinara fenomeno konsistis en tio, ke ambaŭflanke de la spino elstaris mallarĝaj longaj oŝtostangetoj. La ekzemplero troviĝis jam delonge en privata posedo, nutrante la famon, ke en la kupro-ardezo estis trovita flugsauro.

La konjekto tamen malgraviĝis jam antaŭ jardeko tial, ke la renoma paleontologo *Fritsch* (1901) tiujn stangetojn estis interpretinta kiel grandan vosto-naĝilon de la "kvasto-naĝulo" (klaso: *Osteichthyes*, subklaso: *Crossopterygii*, superordo: *Actinistia* = *Coelacanthi*, ordo: *Coelacanthiformes*, genro: *Coelacanthus*). Do, laŭ li temis pri suprapermia fiŝo, kiu estis deponita komune kun la reptiliokorpo.

Nur en la jaro 1930, la paleontologo *Weigelt* de *Halle an der Saale* prilaboris la pecon pli zorgeme. Kiel evidentan arbologanton kaj pro la krani-formo memoriganta pri ĥameleono, li nomis la reptilion *Palaeochameleo jaekeli*. Senpere post la publikigo, la paleontologo el Tubingo, barono *von Huene* (1930) atentigis pri simileco de la krania formo kun *Coelurosauravus elivensis*, kiun *Piveteau* (1926) estis malkovrinta en suprapermiaj tavoloj de Madagaskaro.

En *Fossilium Catalogus* (1939) ŝanĝis *Kuhn* la genronomon *Palaeochameleo* per *Weigeltisaurus*, ĉar la nomo proponita fare de *Weigelt* estis jam rezervita por alia bestogenro. Pluaj trovoj de vejgeltisauro ne okazis dum la sekva jardeko, do la grejfsvalda ekzemplero reprezentis en la paleontologiaj lernolibroj unusolan genron kaj unusolan specion.