

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	299-326	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	---------	---

УДК 552.321.1:551.242.3(497.11)

Оригинални научни рад

ГЕНЕТСКА И ГЕОТЕКТОНСКА ПРИПАДНОСТ ГРАНИТОИДА ЖЕЉИНА

од

Милеика Вукова*

На бази минералног и хемијског састава стена, а према актуелним критеријумима, извршено је опредељење генетске и геотектонске припадности гранитоидног плутона Жељина. Плутон, претежно кварциоритског и тоналитског састава, према већини критеријума углавном припада I-типу гранитоида, формираном, зависно од терминологије аутора, из дубинске, односно поткорне магме. Међутим, стене гранодиоритског и гранитског састава (са накнадно образованим К-фелдспатом), попримају према извесним особинама, карактеристике S-гранитоида. У геотектонском смислу припада гранитоидима вулканских лукова и пост-колизоним зонама.

Кључне речи: стена, петрохемија, геохемија, геотектоника, генеза, I-гранитоид.

УВОД

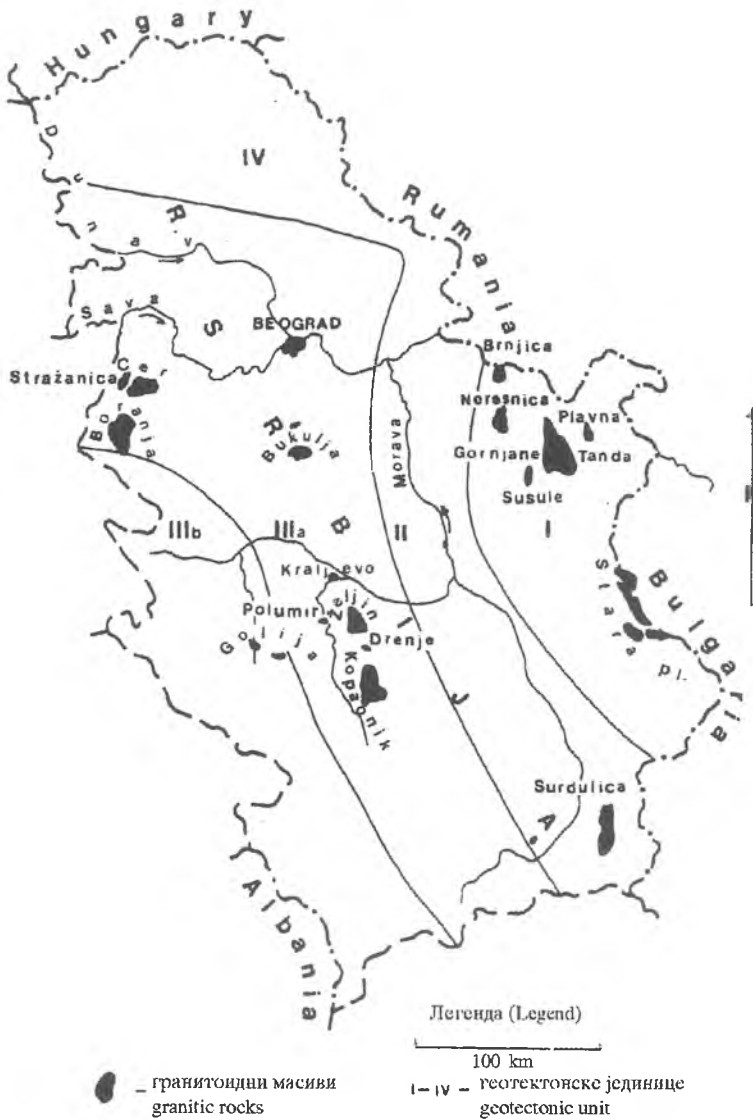
Гранитоидни плутон Жељина припада спољашњем делу Унутрашњих Динарида (Вардарској зони). Изотопска старост добијена за овај плутон од 17.54 до $24 \pm 3 \times 10^6$ година (Vukov, 1989), директно потврђује опште уверење геолога да исти припада зони младоалпских гранитоида, који се протежу од Богатића, преко Цера, Стражанпце, затим Борање, Голије, Жељина и Копаоника до Сурдулице (сл. 1).

На основу старости, суперпозиционих односа, као и везе са сродним вулканским и другим стенама, а у светлу шеме развоја геосинклинала, гранитоидне стене младоалпске зоне, сврставане су у синорогени кисели плутонизам, кристалисале из магме које су генерисане палингеним стапањем геосинклиналних седимената.

У оквиру иових геотектонских концепција, тј. тектонике плоча, мишљења о постанку зоне младоалпских гранитоида и са њима удружених вулканита, који су смештени у, или непосредно уз зоне офиолитског меланжа, унеколико су различита.

Исходна магма жељинског плутона, у светлу тих схватања, која се заснивају првенствено на регионално-геолошким подацима, могла би бити генерисана из:

* Рударско-геолошки факултет, Универзитета у Београду, Ђушина 7, Београд.



Сл. 1. Прегледна карта распрострањења гранитоидних стена Србије (црна поља). Геотектонске јединице (Dimitrijević, 1974): I- Карпато-балкански лук, II- Српско-македонска маса, IIIa- Вардарска зона, IIIb- Унутрашњи динариди.

Fig. 1. Distribution of granitic rocks in Serbia (black fields). Geotectonic units (Dimitrijević, 1974): I- Carpatho-Balkan arc; II- Serbian-Macedonian Massif, IIIa- Vardar Zone; IIIb- Inner Dinarides.

1. субдуковане океанске коре, и то а) Централне офиолитске зоне, б) Вардарске офиолитске зоне, тј. из древног магматског лука (у смислу схватања Dimitrijević, 1974; Ramić, 1977–87), или 2. после субдукције океанске коре, у фази колизије два континентална блока (источне микроплоче и ДИЕ), или после ње (у смислу схватања Karamata, 1974–83; Karamata and Đorđević, 1980).

Овим радом желимо да на основу минералošких, хемијских и микрохемијских карактеристика степа, жељинског плутона, одредимо генетску припадност, место и исходни материјал генерисане магме као и геотектонску припадност, а у оквиру теорије нове глобалне тектонике.

ПЕТРОЛОГИЈА ГРАНИТОИДА

Степе жељинског плутона су светле, светлосиве до тамносиве боје, променљивог квантитативног и углавном сталног квалитативног минералног састава. Изграђене су од: кварца, плагиокласа (Al_{39}), ортокласа (Or_{90}), мирмекита, биотита, хорнбленде, епидота, сфена, апатита, циркона, магнетита, калцита, аланита, затим секундарних серицита, хлорита, минерала глина, као и 40–ак акцесорних и ретких минерала (нађених у шлиху).

Према минералном и хемијском саставу плутон је представљен гранитоидним врстама стена. Формирање плутона се одвијало монофазно са јасно одвојене две подфазе. У првој магматској подфази образовани су кварциорити и тоналити (основни тип). Ове врсте карактерише низак садржај К–фелдспата и означене су као 1. група гранитоидних степа Жељина. Накнадном касномагматском до постмагматском (метасоматском) кристализацијом К–фелдспата у стенама основног типа, формиране су степе граодиоритског до гранитског (подређено) састава. Ова подфаза означена је као 2. група гранитоида Жељина (Vukov, 1989).

Кристализација минерала I –подфазе (Hb, Bt, Pl и Ep) обавила се у следећим приближним физичко–хемијским условима: $P_s=7(8)$ Kbar, $h=24–25$ km, $T\approx 700$ °C, $H_2O=13–14\%$, $RH_2O\approx 6.6$ Kbar и $fO_2\leq 10^{-18.5}$ bar, уз делимичну хомогенизацију при $P\approx 5$ Kbar и $T=630–640$ °C. У II–подфази кристалисао је (накнадно принесени) К–фелдспат при $T=560–604$ °C и $P>4–5$ Kbar (Vukov, 1990).

Степе су претежно калко–алкалног (1. група), до калцијског (2. група) карактера и припадају метаалуминијским типовима (1. група) до слабо пералуминијским (претежно 2. група).

АНАЛИТИЧКИ ПОСТУПАК

Као основни подаци за овај рад послужило је 36 анализа модалног минералног састава, 36 комплетних силикатних анализа (табела 1), 8 микрохемијских анализа (табела 2), истих ових стена, као и 441 анализа алкалија (Вуков, 1986). За анализе су пробе одабране тако да буду заступљене што разноврсније врсте стена (са максималним варијацијама у саставу) и као такве нису репрезентативна популација према заступљености. Међутим, тежиште за генетска разматрања било је на

Табела 1. Хемијски састав гранитоидних стена Жељина и Аустралије

Table 1. Chemical composition of Željín granitic rocks and Australia.

	1. група (group)		2. група (group)		Lachland Fold Belt - Australia ^y				
	X	σ	X	σ	I-type	S-type	I-type	S-type	
SiO ₂	59.40%	±1.34	64.07%	±1.81	67.98	69.08%		(ppm)	
TiO ₂	.78	±.17	.59	±.12	.45	.55	Rb	132	180
Al ₂ O ₃	17.43	±.93	16.03	±1.02	14.49	14.30	Sr	253	139
Fe ₂ O ₃	3.36	±.91	2.24	±.89	1.27	.73	Ga	16	17
FeO	4.65	±.56	3.26	±.47	2.57	3.23	Zr	52	64
MnO	.11	±.06	.07	±.03	.08	.06	Zn	149	170
MgO	2.83	±.95	2.36	±.74	1.75	1.82	Nb	9	11
CaO	5.73	±.89	4.65	±.97	3.78	2.49	Y	27	32
Na ₂ O	2.90	±.14	2.62	±.28	2.95	2.20	Th	16	19
K ₂ O	1.95	±.33	3.13	±.56	3.05	3.63	Ba	250	480
H ₂ O ⁺	.57		.51				Ce	63	69
H ₂ O ⁻	.37		.18						
P ₂ O ₅	.07	±.007	.009	±.02	.11	.13			

X – средња вредност; σ – стандардна девијација

y – средњи састав (Chapel & Write, 1984) I и S – type, из 532, односно 316 анализа

X – average value; σ – standard deviation

y – average composition (Chapel & Write, 1984) of I and S-type, from 532 and 316 analyses, respectively.

Табела 2. XRF анализе гранитоидних стена Жељина

Table 2. XRF analyses of Željín granitic rocks.

	44	52	86	93	206	601	664	Pr	Z
SiO ₂	66.268	65.095	59.743	64.197	61.994	58.774	60.988	59.683	62.093
Al ₂ O ₃	15.407	16.392	17.364	16.118	16.625	18.429	16.693	17.106	16.767
K ₂ O	5.464	3.750	1.806	2.943	2.631	1.436	2.489	1.982	2.813
Rb	153	140	93	121	110	107	118	87	116
Sr [†]	386	393	382	391	431	465	408	398	407
Ga	13	17	20	17	19	19	15	18	17
Zn	37	41	77	118	67	64	61	77	68
Zr	107	165	217	162	168	185	171	219	174
Nb	9	8	12	9	9	9	8	10	9
Y	22	15	30	18	20	26	19	28	22
Th	17	13	22	26	16	7	23	8	16.5
Ba	761	791	304	567	590	391	478	509	549
Ce	57	74	70	27	37	30	31	23	43.6
K/Rb	357	268	194	243	239	134	211	228	204
Rb/Sr	.3964	.3562	.2434	.3095	.2552	.2301	.2892	.2186	.2873

(111) – ознаке пробе; Z – средња вредност.

XRF – рентгено-флуоресцентне анализе урађене у лабораторији за Минералогiju и петрографију Института Универзитета у Хамбургу

(111) – sample number; Z – average value

XRF-ray fluorescent analysis in the laboratories of the Hamburg University Institute of Mineralogy and Petrology.

1. групи стена, кварцдиоритско–тоналитског састава, које су према својим карактеристикама најближе хемизму исходне магме.

Хемијске анализе су урађене следећим поступцима: главни петрогени оксиди–мокрим путем; алкалије (K_2O , Na_2O) – стандардним поступком и читане на пламеном фотометру марке FLAP; микрохемијске (K, Rb, Sr, Ga, Zn, Zr, Nb, Y, Ba, Th, Ce) – рентгено–флуоресцентном методом.

Као основа за опредељење генетског типа гранитоида послужили су критеријуми родоначелника теорије (Chappel & White, 1974), који су касније допуњавани и делимично мењани (White & Chappell, 1977; Chappell, 1979, 1984; Backinsele, 1979; Takahasi et al., 1980; White et al., 1982, 1986; Collins et al., 1982; Chappell & White, 1984; Bowden et al., 1984 и др.), као и аутора руске школе (Нечева, 1976; Ставров, 1981; Руб и др., 1983).

При опредељењу генетске и геотектонске припадности, нису узимани у обзир, као индикатори типа гранитоида, типови лежишта и рудне парагенезе, јер такве, доказане и проверене, појаве које би биле везане за гранитоидни плутон Жељина, не постоје.

МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОЛОШКИ САСТАВ И ГЕНЕТСКИ ТИП

Према минералном саставу, уклошцима, асоцијацији и садржају REE, жељински плутои, готово у потпуности одговара гранитоидима I–типа. Докази би били следећи:

1. Стене основиог типа, кварцдиоритског и тоналитског састава, као и метасоматског типа а граподиоритског и гранитског састава, карактерише низак садржај кварца (сл. 2.), поред K–фелдспата, сагласно грапитоидима I–типа (White et al., 1982; Bowden et al., 1984).

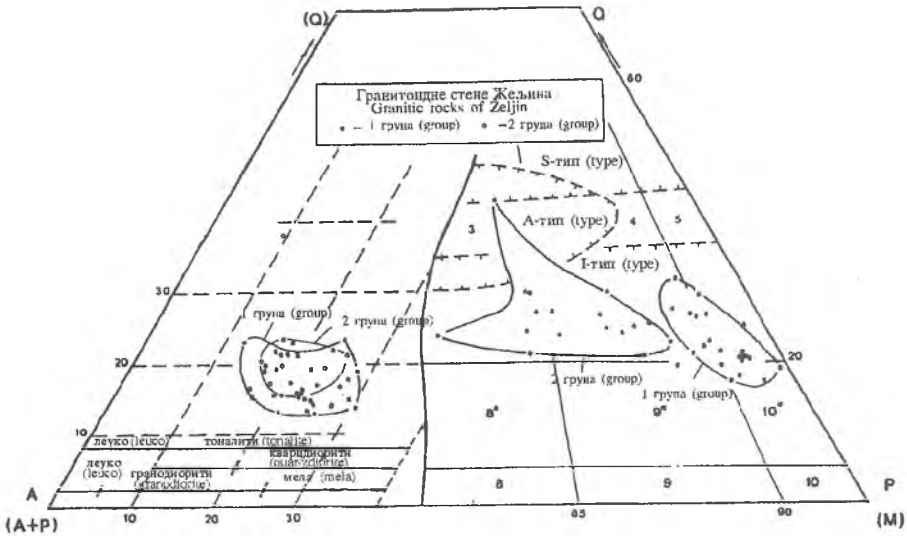
2. Редовно присуство у стенама хорибледе, сфена и микроскопски видљиви магнетит, као и често ортит. Потпуно су одсутни: Al–силикати, кордијерит и мусковит, док су акцесорни монацит и илменит (сви карактеристични за S–тип), затим илменомангнетит и хематит, нађени само у шлиху те не морају потицати из гранитоида.

Овде у вези са тим треба нагласити и наше мишљење да макроскопски видљиво присуство магнетита није довољно поуздан критеријум за разликовање I и S–типова, јер је њихово присуство/одсуство одраз и ниво консолидације. Присуство магнетита, Ti–магнетита и хематита карактерише гранитоиде малих и средњих дубина (Мануилова и др., 1975), док је гвожђе гранитоида великих дубина (какав је жељински плутои) потпуно или највећим делом везано за Fe–Mg–силикате.

3. Присуство у стенама мафитских уклопака, претежно диоритског и габро–диоритског састава, као и оних богатих биотитом а повремено и хорнблендом, док су одсутни уклопци гнајсева и метапелита.

4. Жељинске стене имају <1% акцесорних минерала, што карактерише S–типове, али концентрација REE није у монациту (јер је практично одсутан) већ у примарном аланиту (епидоту) и сфену, што је карактеристично за I–тип.

Појављивање аланита најчешће је везано за централне делове епидота. Та зонарност епидот-аланитских зрна манифестује се у повећаној концентрацији REE у централном делу ($Ce > La$, Nd и Y), док према периферији постепено прелази у чист епидот (Panto et al., 1987).



Сл. 2. Комбиновани дијаграми Q-A-P и (Q)-(A+P)-(M) (Streckeisen, 1976) и поља гранитоида I, S и A-типа (Bowden et al., 1984). Гранитоидне стене Жељина: • - 1. група, ○ - 2. група.

Fig. 2. Combined Q-A-P and (Q)-(A+P)-(M) diagrams (Streckeisen, 1976) and granitoid fields of I, S, and A types (Bowden et al., 1984). Granitic rocks of Željina: • - group 1, ○ - group 2.

Сфен, као и аланит и епидот, у погледу расподеле REE, такође показују зонарну грађу ($Ce > La$, Nd и Y, Th), са концентрацијом REE у централним деловима зрна.

ХЕМИЈСКИ САСТАВ И ГЕНЕТСКИ ТИП

Према хемијском саставу, посебно према садржају SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, Na_2O , K_2O , односу K:Na, као и односу фери:феро, жељинске стене у целини, а посебно основне групе (1.) имају претежно или искључиво карактеристике I-гранитоида. Докази за то су следећи:

1. Имају интермедијарни карактер, тј. садржај силиције, посебно стене 1. групе $\bar{X}(SiO_2)=59.40\%$, примерен I-типу, $\approx 60\%$ (White & Chappell, 1977). Њихов интермедијарни карактер види се и на Q-L-M дијаграму (табела 3, сл. 3а).

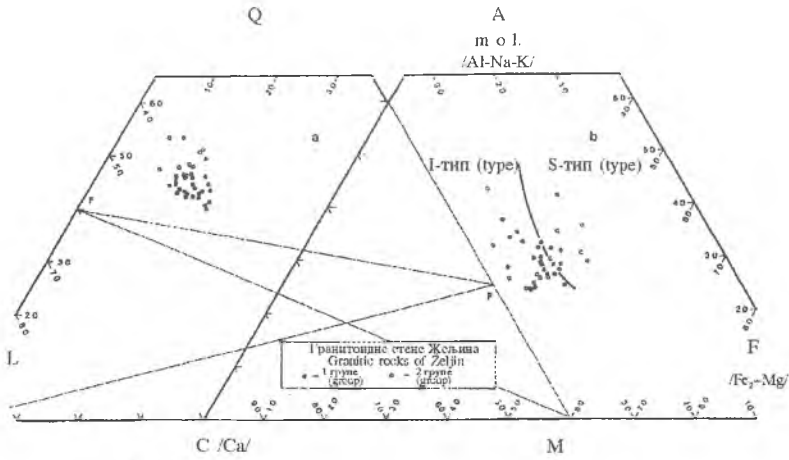
Метасоматске стене, међутим, због приноса Si, имају киселџи састав $X(SiO_2)=64.07\%$ (таб. 1) и само по томе се приближавају S-типу.

Табела 3. Параметри хемијског састава гранитоидних стена Жељина
 Table 3. Chemical parameters of Željín granitic rock constituents.

	Q	L	M	A	C	F	k	k'	f	a	C	Di	al
1.	53.18	36.34	10.40	35.27	24.89	39.84	.43	.76	.23	1.17	2.27	.00	5.65
2.	53.86	36.06	8.07	43.52	32.31	24.17	.47	.89	.07	1.19	2.91	.00	6.96
3.	50.98	34.11	14.90	31.31	23.06	45.63	.44	.81	.48	1.16	2.13	.00	3.93
4.	50.33	34.92	14.65	35.74	20.59	43.67	.55	1.20	.43	1.29	3.70	.00	4.56
5.	48.12	37.73	14.14	25.69	33.42	40.89	.38	.61	.44	.87	.00	4.30	3.69
6.	47.97	37.08	14.94	26.34	37.18	36.48	.41	.71	.40	.83	.00	6.94	2.92
7.	47.46	42.93	9.61	32.76	36.57	30.67	.58	1.38	.40	.94	.00	2.21	5.62
8.	47.84	39.61	12.55	32.15	29.88	37.97	.37	.58	.37	1.04	.68	.00	3.92
9.	46.24	39.80	13.97	27.64	30.12	42.23	.38	.61	.39	.96	.00	1.65	4.03
10.	49.58	34.64	15.77	42.00	21.49	36.50	.27	.37	.36	1.43	5.66	.00	4.79
11.	46.44	38.54	15.02	26.34	32.06	41.61	.46	.85	.42	.90	.00	3.74	3.61
12.	45.89	39.77	14.34	26.72	32.08	41.20	.48	.91	.36	.91	.00	3.55	3.67
13.	46.36	39.90	13.73	30.01	28.82	41.17	.39	.63	.42	1.02	.36	.00	3.91
14.	43.74	39.21	17.05	24.41	35.31	40.27	.38	.62	.56	.83	.00	6.91	3.46
15.	46.01	38.55	15.44	31.87	26.08	42.04	.35	.53	.27	1.12	1.94	.00	3.94
16.	46.27	36.42	17.31	32.02	27.44	40.54	.30	.44	.55	1.09	1.42	.00	2.82
17.	44.65	39.53	15.82	28.78	36.28	34.94	.37	.58	.45	.87	.00	5.63	3.74
18.	43.44	41.92	14.63	30.00	30.10	39.90	.32	.47	.37	1.00	.00	.03	3.13
19.	45.64	41.22	13.14	33.79	31.47	34.74	.27	.37	.30	1.04	.78	.00	3.56
20.	45.20	41.47	13.33	35.05	31.80	33.14	.33	.49	.39	1.06	1.02	.00	3.06
21.	44.24	36.74	19.02	29.79	22.84	47.37	.33	.50	.35	1.16	2.37	.00	3.19
22.	46.15	40.89	12.95	37.78	32.63	29.58	.26	.35	.32	1.10	1.77	.00	3.60
23.	43.58	42.04	14.38	30.51	31.45	38.04	.32	.48	.31	.98	.00	.71	3.75
24.	44.64	39.74	15.62	33.09	28.77	38.13	.33	.50	.40	1.09	1.45	.00	3.38
25.	43.12	38.36	18.52	28.07	30.47	41.46	.26	.35	.52	.95	.00	1.78	2.79
26.	43.11	41.20	15.69	30.41	29.76	39.83	.29	.41	.35	1.01	.23	.00	2.97
27.	43.43	36.85	19.71	27.12	29.35	43.53	.25	.33	.48	.95	.00	1.66	2.34
28.	42.21	41.40	16.69	29.17	28.60	42.23	.32	.48	.40	1.01	.20	.00	3.12
29.	42.32	39.34	18.34	28.02	28.02	43.77	.29	.40	.39	1.00	.00	.16	3.08
30.	42.21	41.74	16.04	29.12	30.66	40.21	.36	.57	.34	.97	.00	1.18	3.09
31.	44.11	43.04	12.84	34.23	33.11	32.66	.32	.46	.31	1.02	.43	.00	3.46
32.	41.93	39.66	18.41	27.35	30.53	42.12	.20	.24	.29	.93	.00	3.01	4.16
33.	41.00	38.23	20.76	25.26	28.62	46.12	.30	.44	.43	.93	.00	2.84	2.65
34.	42.15	40.11	17.74	29.23	27.24	43.53	.31	.44	.32	1.04	.75	.00	3.13
35.	40.42	39.38	20.19	24.42	34.86	40.72	.35	.53	.42	.81	.00	8.40	2.62
36.	39.82	39.32	20.86	24.77	33.59	41.64	.31	.44	.47	.83	.00	7.30	2.73

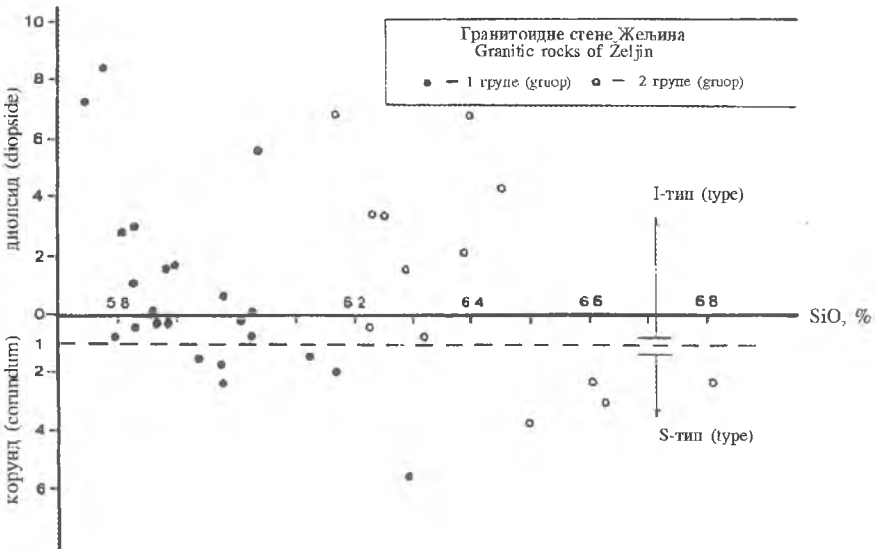
A=Al-Na-K (mol.); C=Ca (mol.); F= Fe²+Mg (mol.); k=K/(Na+K) (atom.); k'=K/Na (atom.); f=Fe³/(Fe³+Fe²) (atom.); a= Al/(Na+K+Ca) (mol.);

C=корунд (corundum) (norm.); Di= диопсид (diopside) (norm.); al= Al/Fe (atom.)



Сл. 3. Трокомпонентни дијаграми: а) Q-L-M (Burrii & Niggli, 1945); б) A-C-F са дискриминантним кривом гранитоида I и S-типа (Takahashi et al., 1980). Ознаке жељинских стена као на сл. 2.

Fig. 3. Three-component diagrams: (a) Q-L-M (Burrii & Niggli, 1945); (b) A-C-F with discrimination curve for I- and S-type granitoids (Takahashi et al., 1980). Željina rock symbols same as in Fig. 2.



Сл. 4. Дијаграм SiO₂-корунд (диопсид) са дискриминантним садржајем C=1% за гранитоиде I и S-типа (Chappell & White, 1974) и гранитоидних стена Жељина: ●- 1. групе и ○- 2. групе.

Fig. 4. SiO₂-corundum (diopside) diagram with discrimination rate C=1% for I- and S-type granitoids (Chappell & White, 1974) and Željina granitic rocks: ●- group 1 and ○- group 2.

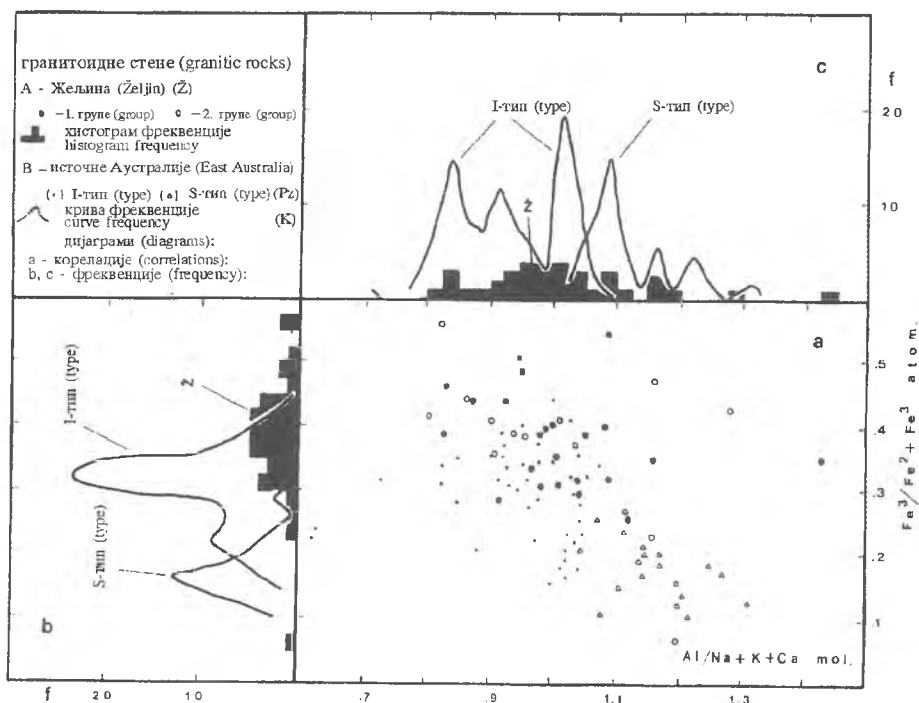
2. Карактеристике их релативно мало варирање хемијског састава, при чему је нешто веће варирање само садржаја SiO_2 и K_2O (табела 1).

3. Имају релативно низак садржај алуминије, тако да према референтним параметрима (Chappel & White, 1974; Takahasi et al., 1980), у којима фигурира Al_2O_3 , поседују претежно (70–80% случајева), карактеристике I–типа, нир:

а) према садржају нормативног диопсида и корунда (сл. 4).

б) односу $\text{Al}_2\text{O}_3:(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$, а сагласно дискриминационој вредности од 1.1 (Chappell & White, 1974);

ц) фреквенцији $\text{Al}/(\text{Ma}+\text{K}+\text{Ca})$ (сл. 5ц).



Сл. 5. Комбиновани дијаграми: а) корелације $\text{Al}:(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})\text{-Fe}^3:(\text{Fe}^2+\text{Fe}^3)$; б, ц) фреквенције: б) $\text{Fe}^3:(\text{Fe}^2+\text{Fe}^3)$, ц) $\text{Al}:(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$; гранитоидних стена I и S-типа Аустралије (Takahasi et al., 1980) и гранитоидних стена Жељина: ● - 1. групе и ○ - 2. групе.

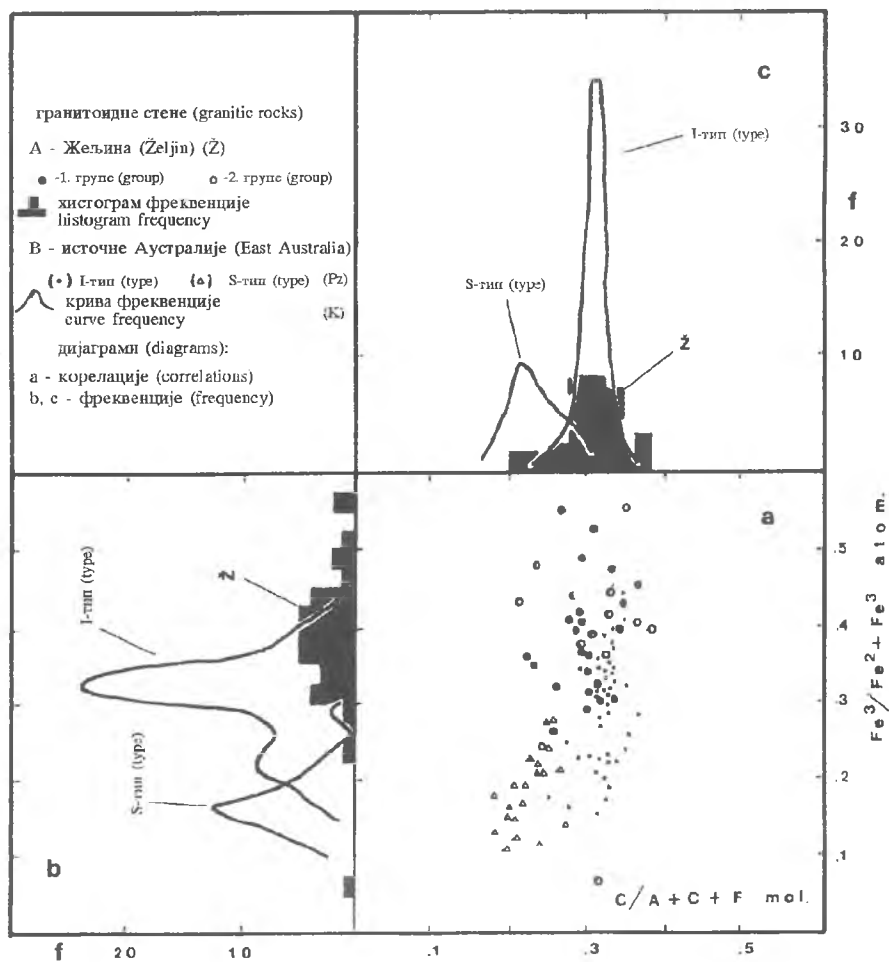
Fig. 5. Combined diagrams: (a) correlations of $\text{Al}:(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})\text{-Fe}^3:(\text{Fe}^2+\text{Fe}^3)$; б, c) frequency: (b) $\text{Fe}^3:(\text{Fe}^2+\text{Fe}^3)$, (c) $\text{Al}:(\text{Na}+\text{K}+\text{Ca})$, granitic I- and S- type rocks of Australia (Takahasi et al., 1980) and granitic rocks of Željina: ● - group 1 and ○ - group 2.

д) параметарима: $\text{Al}-(\text{Na}-\text{K})$, Ca и $(\text{Fe}+\text{Mg})$, тј. $\text{A}-\text{C}-\text{F}$ (сл. 36).

4. Карактеристике их висок садржај калције, како појединачне пробе, тако и издвојене групе (1. –5.73%; 2. –4.655%), тако да у потпуности одговарају I–типу, а сагласно:

а) средњем садржају СаО (3.78% и 2.49%), за I- и S-тип (Chappell & White, 1984), и

б) хистограму фреквенције C/A+C+F (сл. бц).



Сл. 6 Комбиновани дијаграми: а) корелације $C:(A+C+F)\text{-Fe}^3:(\text{Fe}^2+\text{Fe}^3)$; б, ц) фреквенције: б) $\text{Fe}^3:(\text{Fe}^2+\text{Fe}^3)$, ц) $C:(A+C+F)$; гранитоидних стена I и S -типа Аустралије (Takahasi et al., 1980) и гранитоидних стена Жељина: ● - 1. групе и ○ - 2. групе.

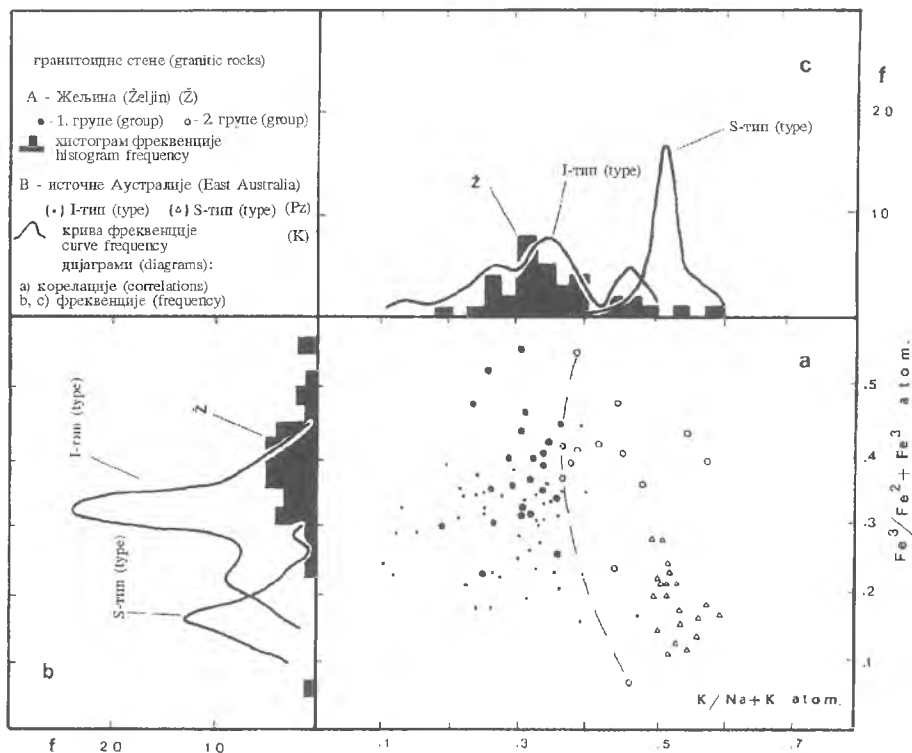
Fig. 6. Combined diagrams: (a) correlations of $C:(A+C+F)\text{-Fe}^3:(\text{Fe}^2+\text{Fe}^3)$; б, с) frequency: (b) $\text{Fe}^3:(\text{Fe}^2+\text{Fe}^3)$, (c) $C:(A+C+F)$; granitic I- and S- type rocks of Australia (Takahasi et al., 1980) and granitic rocks of Željin: ● - group 1 and ○ - group 2.

3. Висок садржај натрије и нижи калије, као и одговарајући параметри у којима исти фигурирају, а сагласно референтним типовима, дају идвојеним групама стена следеће карактеристике:

А – Стене основног типа имају карактеристике I–гранитоида, на:

а) дијаграму фреквенције $K/Na+K$ (сл. 7ц);

б) дијаграму корелације $K/Na+K - Fe^3/Fe^2+Fe^3$ (сл. 7а), где у потпуности одговарају I–типу и готово идеално се одвајају од метасоматске групе;



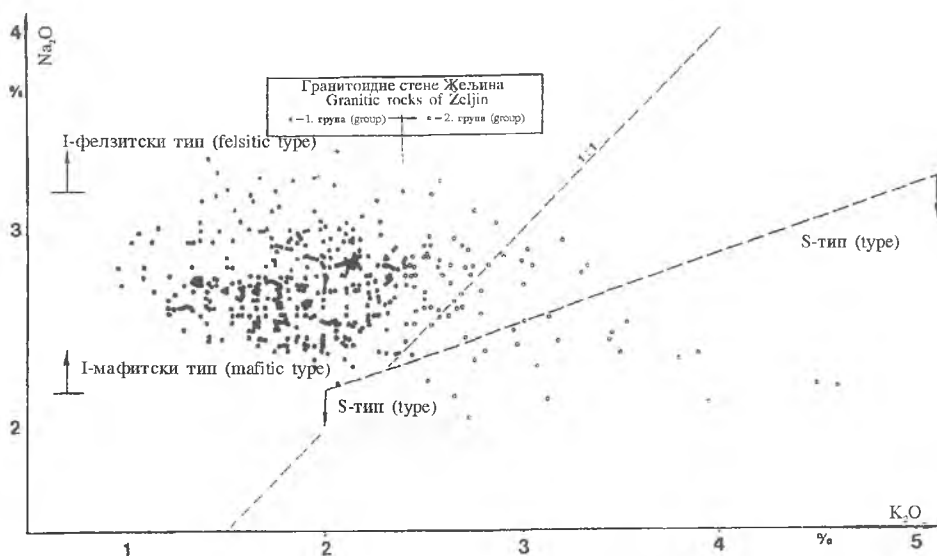
Сл. 7. Комбиновани дијаграми: а) корелације $K:(Na+K)-Fe^3:(Fe^2+Fe^3)$; б, ц) фреквенције: б) $Fe^3:(Fe^2+Fe^3)$, ц) $K:(Na+K)$; гранитоидних стена I и S-типа Аустралије (Takahashi et al., 1980) и гранитоидних стена Жељина: • - 1. групе и ○ - 2. групе.

Fig. 7. Combined diagrams: (a) correlations $K:(Na+K)-Fe^3:(Fe^2+Fe^3)$; (b, c) frequency: (b) $Fe^3:(Fe^2+Fe^3)$, (c) $K:(Na+K)$; granitic I- and S-type rocks of Australia (Takahashi et al., 1980) and granitic rocks of Željina: • - group 1 and ○ - group 2.

ц) дијаграму K_2O-Na_2O (сл. 8), према коме одговарају мафитским члановима I–типа, а сагласно референтним вредностима $2.2\% < Na_2O < 3.2\%$, при $K_2O < 2.2\%$ (Chapel & White, 1974).

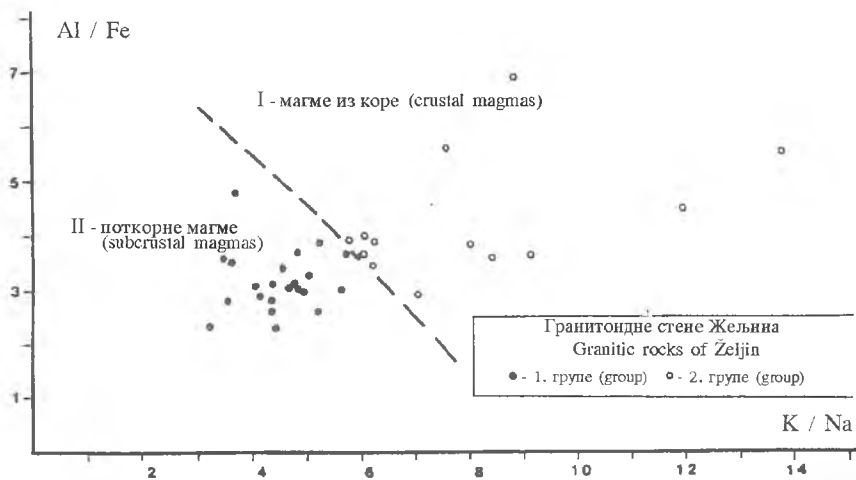
д) дијаграму $K/Na - Al/Fe$ (сл. 9), где у потпуности одговарају поткорним магмама и идеално се одвајају од метасоматских стена емпиријском кривом (Нечачева, 1976).

Положај основне групе (1.), у пољу магми поткорног порекла (сл. 9, као и сл. 10), могао би се пре објаснити тако да флуиди (могуће и K) воде порекло из омо-



Сл. 8. Дијаграм $K_2O - Na_2O$ гранитоидних стена Жељина са издвојеним пољима гранитоида I и S-типа (Chappell et al., 1974).

Fig. 8. K_2O to Na_2O diagram for granitic rocks of Željina showing separate fields of I- and S-type granitoids (Chappell et al., 1974).



Сл. 9. Дијаграм $(K:Na)-(Al:Fe)$ за оцену формационе припадности магме (Нечаева, 1976). Ознаке жељинских стена као на сл. 3.

Fig. 9. $(K:Na)-(Al:Fe)$ diagram for assessment of the formational type of magma (Nechaeva, 1976). Željina rock symbols same as in Fig. 3.

тача и да је под њиховим утицајем извршено генерисање магме у дубљим деловима континенталне коре, пего да је магма настала парцијалним стапањем пиролита (па и океанске коре), јер би такве магме требало, због проласка кроз перидотитски омотач, садржавати ултрамафитске анклаве, којих у жељинском масиву нема.

Б –Метасоматске стене, због иакнадног приноса К (и Si), на приказаним дијаграмима (сл. 7а, и сл. 9) само попримају неке особине S–типа, тј. корних магми, иако су у суштини идентичне I. групи (I–тип).

Њихово јединство, иако се повремено чак и идеално (емпиријском кривом) међусобно раздвајају на различите генетске типове на дијаграмима: K/Na–Al/Fe и K/Na+K, се огледа у постепеном прелазу при геолошким опажањима, као и на дијаграмима:

а) K_2O-Na_2O , теж. (сл. 8) и б) $K/Na+K - Fe^3/Fe^2+Fe^3$ (сл. 7а).

6. Висок фери:феро однос ($Fe^3/Fe^2+Fe^3=0.07-0.55$), чија је средња вредност идентична за обе групе (0.382), жељинским стенама даје изразите карактеристике I–гранитоида, и то према:

а) референтној вредности, 0.315, за I–тип (Chappell & White, 1984);

б) хистограму фреквенције $Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ (сл. 5б, 6б и 7б);

ц) корелационом дијаграму $Al/(Na+K+Ca) - Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ (сл. 5а),

д) корелационом дијаграму $C/(A+C+F) - Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ (сл. 6а) и

е) корелационом дијаграму $K/(Na+K) - Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ (сл. 7а).

У вези са виоским односом фери:феро, треба истаћи да жељинске стене садрже примарни магматски епидот (Буков, 1988; Forizs et al., 1989).

7. Низак садржај NH_4 јона, 90 g/t (Nikolić & Poharc, 1984) у биотитима жељинских стена могао би, према нашем мишљењу, такође да укаже на моло учешће седиментног матерјала у пеходној магми.

САДРЖАЈ МИКРОЕЛЕМЕНАТА И ГЕНЕТСКИ ТИП

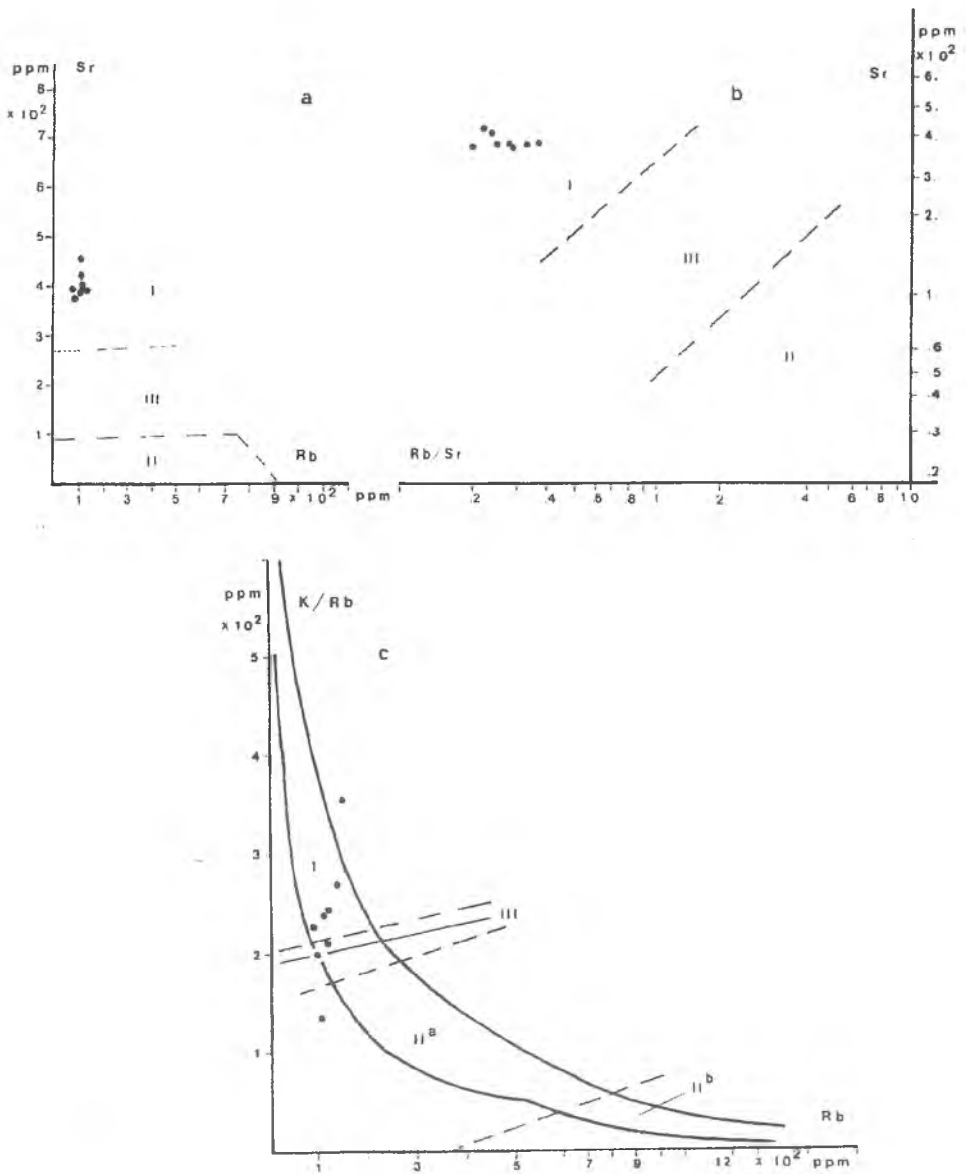
Према садржају: Rb, Sr, Ga, Zn, Се и Y, Nb, Се, као и њиховом односу према: Al_2O_3 , SiO_2 и K, а према бројним дискриминантним критеријумима (Ставров, 1981; Colins et al., 1982; Руб и др., 1983), жељинска магма има карактеристике и тренд магми дубинског, односно, I–типа.

1. Према односима Rb, Sr, припадају магми дубинског типа (Руб и др., 1983), и падају у поље I, на дијаграмима:

а, б) Sr–Rb и Sr–Rb/Sr (сл. 10а, б), са релативно малним расипањем тачака. С обзиром на разноликост жељинских стена, та особина се може сматрати карактеристиком њиховог примарног односа и садржаја у исходној магми, без обзира да ли су у питању магматски или метасоматски типови стена.

ц) K/Rb–Rb (сл. 10ц), при чему мањи део проба пада у подручје неодређеног и прелазног типа.

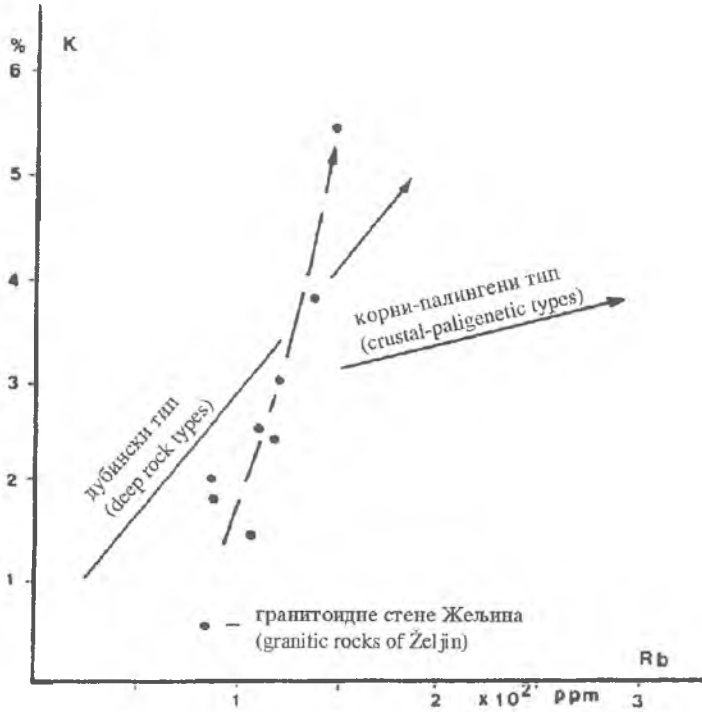
2. Расподела Rb и K, показује скоро линеарну зависност (сл. 11) и тренд сличан тренду дубинских магми (Ставров, 1981).



Сл. 10. Дијаграми: Sr-(Rb:Sr); Sr-Rb и (K:Rb)-Rb, за разликовање формационе припадности гранитоида (Нечаева, 1976). Поља стена везана за магме: I- дубинског типа, II- из коре (поткорног типа) и III- прелазног, неодређеног типа (Руб и др., 1983). Гранитоидне стене Жељина - ●
 Fig. 10. Diagrams: Sr-(Rb:Sr); Sr-Rb, and (K:Rb)-Rb for differentiation of formational granitic type (Nechaeva, 1976). Magma-related rock fields: I- deep, II- crustal (subcrustal type), and III- transitional, indetermined type (Rub et al., 1983). Granitic rocks of Željina: (●).

Овај тренд, као и положаји метасоматских стена на другим дијаграмима у којима фигурира К, могао би да укаже да је К принета, вероватно поткорним флуидима.

На дубински ниво генерисања жељинске магме, $h > 30$ km, такође указују и садржаји Rb и Sr (Connie, 1973), иначе сагласан са дужином кристализације, од 24–25 km, добијене преко Am и Vt–Am термобарометра (Vukov, 1990).



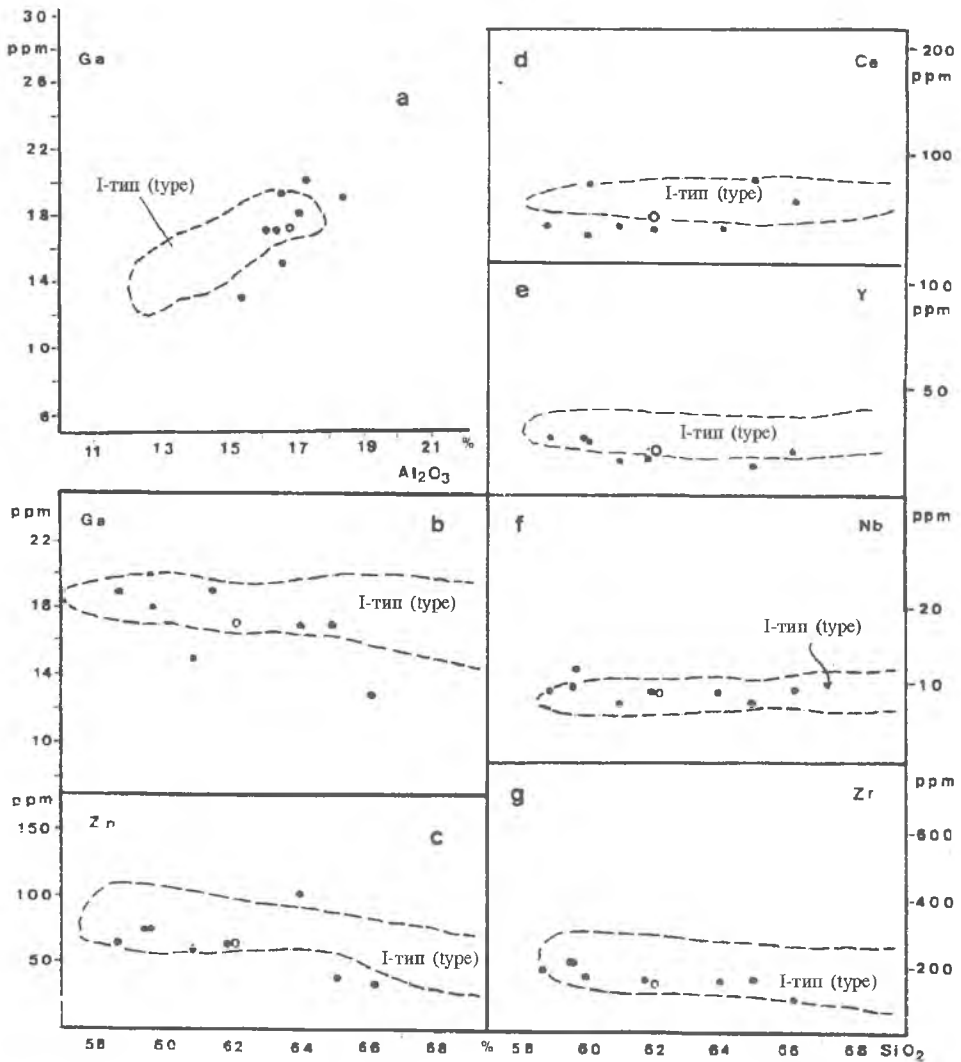
Сл. 11. Дијаграм К–Rb, са трендовима дубинских и корно–палингених типова стена (Ставров, 1981) и гранитоидне стене Жељина (•).

Fig. 11. K–Rb diagram showing trends of deep and crustal–paligenetic rock types (Stavrov, 1981). Granitic rocks of Željina : (•).

3. Према садржајима: Ga, Nb, Zr, Y, Ce и Zn и њиховом односу према макроелементима, а сагласно одговарајућим референтним вредностима (Colloins et al., 1982), жељинске стене имају углавном или изразито карактеристике I–гранитоида.

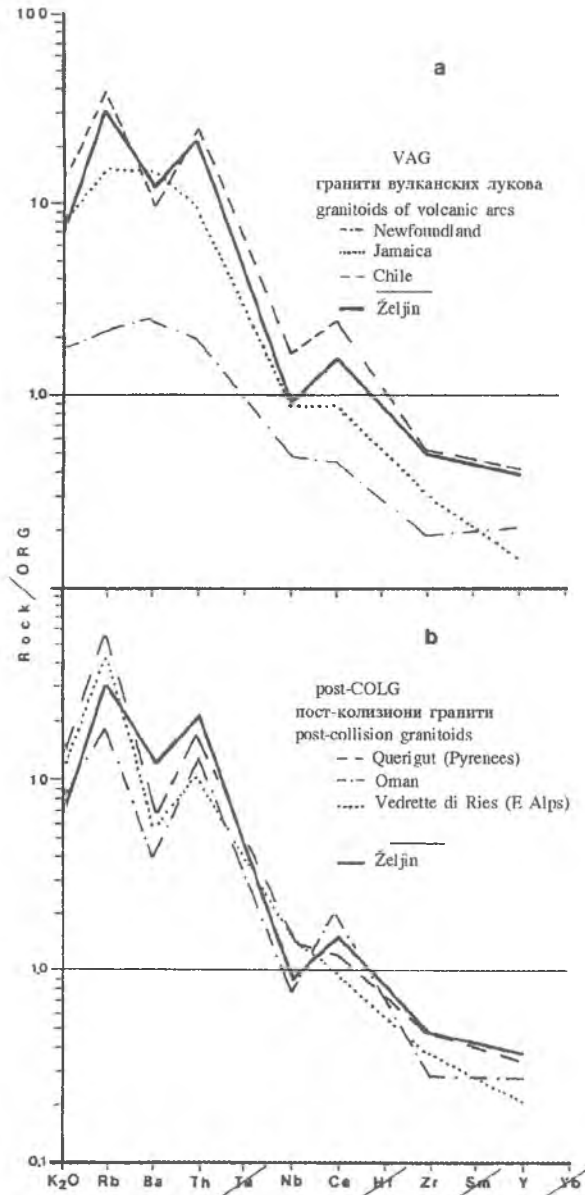
Средња анализа, као и већина појединачних проба, падају непосредно у поља највеће густине појављивања I–гранитоида (Бега батолит, Аустралија) или су у њиховој непосредној близини, што се види на дијаграмима (сл. 12): Al_2O_3 –Ga (а), SiO_2 –Ga (б), SiO_2 –Zn (ц), SiO_2 –Ce (д), SiO_2 –Y (е), SiO_2 –Nb (ф) и SiO_2 –Zr (г).

Напомињемо да S–гранитоиди на горњим дијаграмима имају знатно више садржаје силиције (>70%), односно Ga.



Сл. 12. Варијациони дијаграми: а) Al_2O_3 -Ga, б) SiO_2 -Ga, в) SiO_2 -Nb, д) SiO_2 -Zn, е) SiO_2 -Zr, ф) SiO_2 -Ce, г) SiO_2 -Y са пољима појављивања гранитоида I-типа (Collins et al., 1982). Гранитоидне стене Жељина означене су тачкама (•), средња вредност кружићем (○).

Fig. 12. Variation diagrams: (a) Al_2O_3 -Ga, (b) SiO_2 -Ga, (c) SiO_2 -Nb, (d) SiO_2 -Zn, (e) SiO_2 -Zr, (f) SiO_2 -Ce, (g) SiO_2 -Y with fields of I-type granitoid frequency (Collins et al., 1982). Granitic rocks of Željina marked by point (•), average value by circle (○)

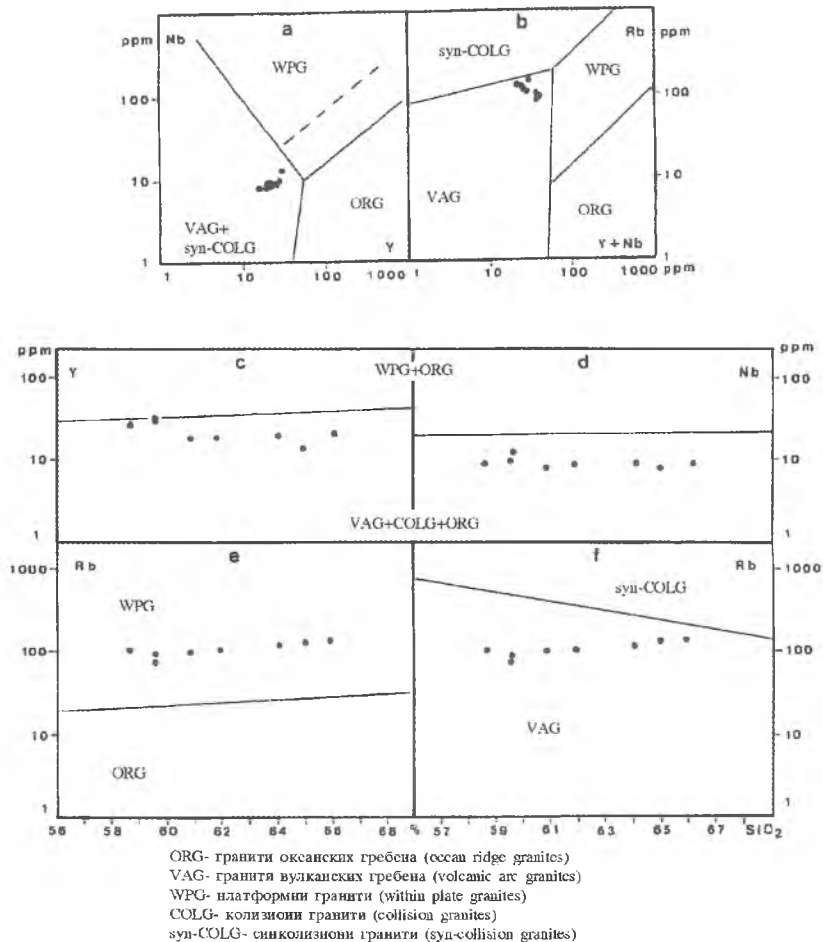


Сл. 13. Дијаграм нормализованог (према ORG) садржаја K₂O, Rb, Ba, Th, Ce, Zr, Y (без Ta, Hf, Sm и Yb) за гранитоиде: а) вулканских лукова (VAG); б) пост-колизоне (post-COLG) (Pearce et al., 1984).

Fig. 13. Diagram of normalized (after ORG) K₂O, Rb, Ba, Th, Ce, Zr, Y (without Ta, Hf, Sm, Yb) for granitoids of: (a) volcanic arcs (VAG); (b) post-collision (post-COLG), (Pearce et al., 1984).

ГЕОТЕКТОНСКА ПРИПАДНОСТ ГРАНИТОИДА

За одредбу геотектонске припадности, односно порекла магме, користили смо критеријуме Pearce et al. (1984), засноваие на садржајима: Rb, Ba, Th, Nb, Ce, Zr и Y, тј. односу истих према "нормализованом" садржају (сл. 13а, б); односу Nb–Y, Rb–(Y+Nb) (сл. 14а, б), и Y, Nb, Rb према SiO₂ (сл. 14 ц–ф), као другим: минералошким, хемијским, петролошким и генетским особинама.



Сл. 14. Дијаграми: а) Y–Nb, б) (Y+Nb)–Rb, ц) SiO₂–Y, д) SiO₂–Nb, е) SiO₂–Rb, за гранитоиде различите геотектонске припадности (Pearce et al., 1984).

Fig. 14. Diagrams: a) Y–Nb, b) (Y+Nb)–Rb, c) SiO₂–Y, d) SiO₂–Nb, e) SiO₂–Rb, for granitoids of different geotectonic types (Pearce et al., 1984).

Геотектонска припадност жељинског гранитоида овим испитивањима, није најјасније одређена. Према петролошко–минералошко–хемијским карактерис-

тикама и садржајима микроелемената, одговарају подједнако гранитоидима вулканских лукова (посебно гранитоидима Чилеа), и пост-колизионим гранитима (Пирипеја и источних Алпа). С обзиром на регионално геолошки положај, ови гранити, вероватно, припадају пост-колизионим гранитоидима.

ЗАКЉУЧАК

Плутон Жељина припада I-типу гранитоида, формираном, зависно од термпологије аутора, из дубинске односно поткорне магме. Првобитна магма је, дакле настала парцијалним стапањем пиролита (горњих делова омотача), могуће и океанске коре, уз делимично захватање и сваривање базичног материјала из доњих делова континенталне коре, кроз коју се магма кретала, или је пак првобитна магма настала парцијалним стапањем дубоких делова континенталне коре, под дејством поткорних флуида, и/или уз слабије окишељавање масе стена амфиболског састава, те је имала кварцдиоритски хемизам.

Генерисање жељинске магме, с обзиром на релевантне геолошке чињенице, отпочело је, највероватније знатно после завршетка субдуције океанске коре (140 мил. год.) у некој пост-колизионој фази, и након компресије два континентална блока и подвлачења западно положене континенталне коре (ДИЕ и др.) у дубље нивое испод источне плоче. У том смислу гранитоид Жељина показује највећу сличност са гранитоидима вулканских лукова, посебно са гранитоидима Чилеа, као и са пост-колизионим гранитима Пиринеја и источних Алпа.

Метасоматске стене, због накнадног приноса К (и Rb), који такође воде порекло из базичног "магматског" материјала (могуће пиролита), само повремено покривају облележја S-гранитоида, иако њима не припада.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	299-326	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	---------	---

UDC 552.321.3:551.242.3(497.11)

Original scientific paper

GENETIC AND GEOTECTONIC TYPES OF ŽELJIN GRANITOIDS (YUGOSLAVIA)

by

Milenko Vukov*

On the basis of mineral and chemical rock compositions, applying current criteria, genetic and geotectonic types are determined for the granitoid pluton of Željina (Yugoslavia). The pluton, dominantly determined of quartz diorite and tonalite, generally falls by most criteria into type I granitoids, formed, depending on author's terminology, from deep, or subcrustal magma. However, rocks of granodiorite and granite composition (with secondary K-feldspar) acquire, according to certain properties, the character of S-granitoids. Geotectonically, the pluton belongs to granitoids of volcanic arcs and post-collision zones.

Key words: rock, petrochemistry, geochemistry, geotectonics, genesis, I-granitoid.

INTRODUCTION

The granitoid pluton of Željina belongs to the external part of the Inner Dinarides (Vardar Zone). Isotopic age 17.54 to $24 \pm 3 \times 10^6$ years obtained for this pluton (Vukov, 1989) directly substantiates the common notion of geologists that it belonged to the late Alpine granitoid zone, which is extending from Bogatić to Cer, Stražanica, Boranja, Golijska, Željina, and Kopaonik to Surdulica (Fig. 1).

Granitic rocks of late Alpine zone were classified on age, superposition and correlation with similar volcanic and other rocks, in the light of the geosyncline development scheme, as synorogenic acidic plutonism, crystallized from magma generated by palineogenic fusion of geosynclinal sediments.

The opinions of the origin of late Alpine granitoid zone and the associated volcanic rocks, emplaced in or directly by the ophiolitic melange, are somewhat controversial within new geotectonic, or the plate tectonics, concept.

The parent magma of Željina pluton, in the light of these opinions, which are based primarily on regional-geologic data, could have been generated from: (1) subducted oceanic

* University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Džušina 7, Belgrade.

crust, viz.: (a) Central ophiolite zone, (b) Vardar ophiolite zone, i.e. an ancient volcanic arc (in terms defined by Dimitrijević, 1974; Pamić, 1977–87), or (2) after the oceanic crust subduction, in the stage of two continental blocks collision (eastern microplate and DIE), or after it (in terms defined by Karamata, 1974–83; Karamata & Djordjević, 1980).

This paper attempts to define the genetic type, place, and source material of generated magma, and the geotectonic type, based on mineralogical, chemical and microchemical rock properties, in the light of the new global tectonics concept.

PETROLOGY OF GRANITOIDS

Rocks of Željina pluton are light-coloured, light gray to dark gray, of variable quantitative and mainly constant qualitative mineral composition: quartz, plagioclase (An₃₉), orthoclase (Or₉₀), myrmekite, biotite, hornblende, epidote, sphene, apatite, zircon, magnetite, calcite, allanite, secondary sericite, chlorite, clay minerals, and 40 accessory and rare minerals (found by panning).

The pluton is represented, in mineral and chemical compositions, by granitic rock species. Pluton formation was monophasic in two distinctly separate subphases. In the earlier magmatic subphase, quartz diorites and tonalites (basic type) were formed. These species are characterized by low K-feldspar, and are designated as Željina granitic rocks or group 1. Subsequent late-magmatic to post-magmatic (metasomatic) K-feldspar crystallization in basic type rocks produced rocks of granodiorite to granite (subordinate) composition. This subphase is designated as Željina granitic rocks of group 2 (Vukov, 1989).

Mineral (Hb, Bt, Pl, Ep) crystallization of the first subphase operated under the following physical and chemical conditions: $P_s=7(8)$ kbar, $h=24-25$ km, $T\approx 700$ °C, $H_2O=13-14\%$, $PH_2O\approx 6.6$ kbar, and $fO_2\leq 10^{-13.5}$ bar, with a partial homogenization at $P\approx 5$ kbar and $T=630-640$ °C. In the second subphase, (superhene) K-feldspar crystallized at $T=560-640$ °C and $P>4-5$ kbar (Vukov, 1990).

The rocks are dominantly of calc-alkali (group 1) to calcic (group 2) character and belong to metaaluminous (group 10) to peraluminous (prevailing group 2) types.

ANALYTICAL PROCEDURE

The data-base for paper were 36 analyses of modal mineral composition, 36 complete silicate analyses (Tab. 1), 8 microchemical analyses (Tab. 2), of the same rocks, and 441 analyses of alkalis (Vukov, 1986). Samples were assayed to provide as diverse rock species as possible, and are not a representative population by rates. However, genetic considerations are centered on group 1 rocks, quartz diorites, which have properties most related to the parent magma.

The techniques used in chemical analyses are: wet for main petrogenic oxides; stan-

dard and readings on flame photometer FLAP for alkalis (K_2O , Na_2O); X-ray fluorescent for microchemical analyses (K, Rb, Sr, Ga, Zn, Zr, Nb, Y, Ba, Th, Ce).

Grounds for determination of the granitoid genetic type were the criteria set up by the theory promoters (Chappell & White, 1974), which were later amended or partly revised (White & Chappell, 1977; Chappell, 1979, 1984; Backinsele, 1979; Takahashi et al., 1980; White et al., 1982, 1986; Collins et al., 1982; Chappell & White, 1984; Bowden et al., 1984, etc.), and by Russian school authors (Nechaeva, 1976; Stavrov, 1981; Rub et al., 1983).

For genetic and geotectonic types, granitoid type, types of deposits and ore parageneses, were not used as indications, because such occurrences, proved and verified, associated with Željín granitoid pluton, are nonexistent.

MINERAL/PETROGRAPHIC COMPOSITION AND GENETIC TYPE

The pluton of Željín has mineral composition, inclusions, REE association and content, almost identical with those of I type granitoids. The arguments are the following:

1. Rocks of the basic type, quartz diorite and tonalite in composition, and of metasomatic type and granodiorite and granite in composition, are characterized by low quartz (Fig. 2), in addition to K-feldspar, like granitoids of I type (Bowden et al., 1984; White et al., 1982).

2. Always present are hornblende, sphene and microscopic magnetite, and common orthite. Always absent are: Al-silicates, cordierite, and muscovite, and accessories monazite and ilmenite (all typical of S-type), and ilmenomagnetite and hematite, found only in panned samples which must not necessarily derive from granitoids.

In the opinion of this author, megascopically visible magnetite is not sufficiently reliable criterion for differentiation between I- and S-types, because its presence/absence is relative to the consolidation level. The presence of magnetite, Ti-magnetite and hematite is characteristic of granitoids at small to medium depths (Manuilova et al., 1975), whereas iron from deep granitoids (as Željín pluton) is entirely or largely associated with Fe-Mg-silicates.

3. The presence of mafic inclusions, dominantly diorite and gabbro-diorite in composition, and those rich in biotite and occasionally hornblende, whereas gneiss and metapelite inclusions are lacking.

4. Željín rocks contain <1% of accessory minerals, characterizing S-type; REE concentration is not in monazite (as it is practically lacking) but in primary allanite (epidote) and sphene, characterizing I-type.

Allanite usually occurs centrally in epidote. The zonation of epidote-allanite grains is manifested in a central increased REE concentration ($Ce > La$, Nd and Y), gradually passing to the periphery into pure epidote (Panto et al., 1987).

Sphene, like allanite and epidote, as the REE distribution is concerned, have a zonal structure (Ce>La, Nd and Y, Th), with a central REE concentration in the grain.

CHEMICAL COMPOSITION AND GENETIC TYPE

Željnj rocks in general, and basic groups (1) in particular, have characteristics, by chemical composition, especially SiO₂, Al₂O₃, CaO, Na₂O, K₂O contents, K/Na and ferri-ferrous ratios, dominantly or only of I-granitoids. The arguments are the following:

1. Intermediate character, i.e. silica-content., possessed by rocks (1) of group / $\bar{X}(\text{SiO}_2)=59.40\%$ /, appropriate to I-type, about 60% (White & Chappell, 1977). The intermediate character is visible on Q-L-M diagram (Tab. 3, Fig. 3a).

Metasomatic rocks, however, resulting from Si supply have and acidic composition $\bar{X}(\text{SiO}_2)=64.07\%$ (Tab. 1), the only thing that relates them to S-type.

2. The rocks are characterized by relatively low chemical variation, with only SiO₂ and K₂O slightly more variable (Tab. 1).

3. Relatively low alumina, according to reference parameters (Chappell & White, 1974; Takahashi et al., 1980), figuring Al₂O₃, the rocks have dominantly (70–80% of cases) I-type properties, viz.:

a) by normative diopside and corundum contents (Fig. 4);

b) by Al₂O₃/(Na₂O+K₂O+CaO) ratio, to discrimination value of 1:1 (Chappell & White, 1974); and

c) by Al/(Na+K+Ca) frequency (Fig. 5c);

d) by parameters: Al-(Na+K), Ca, and (Fe²+Mg), i.e. A-C-F (Fig. 3b).

4. Rocks are characterized by high calc, both in single specimens and separated groups (–5.73% and –4.65%, respectively), fitting I-type, and in agreement with:

a) mean content of CaO (3.78% and 2.49%), for I- and S-types (Chappell & White, 1984); and

b) histogram of C/A+C+F frequency (Fig. 6c).

5. High natron and lower kali, and corresponding parameters including these, in agreement with reference types, give the separated rock groups the following properties:

A. Basic type rocks have properties of I-granitoids, in:

a) diagram of K/(Na+K) frequency (Fig. 7c);

b) diagram of K/(Na+K)–Fe³/(Fe²+Fe³) correlation (Fig. 7a), where they fully fit I-type and almost ideally separate from the metasomatic group;

c) K₂O–Na₂O diagram (Fig. 8), in which the rocks correspond to mafic members of I-type, and agree with reference values 2.2%<Na₂O<3.2%, at K₂O<2.2% (Chappell & White, 1974);

d) K/Na–Al/Fe diagram (Fig. 9), where the rocks correspond to subcrustal magmas and are ideally separated from metasomatic rocks by empirical curve (Nechaeva, 1976).

The position of the basic group (1) in the field of subcrustal magma (Fig. 9 and Fig. 10) can be explained that fluids (and possibly K) originated from the mantle and

controlled magma generation deep in continental crust, rather than the magma generation by partial fusion of pyrolite (and oceanic crust), because such magmas should, by passing through peridotite mantle, have contained ultramafic enclaves, which are lacking in Željín massif.

B. Metasomatic rocks, as a result of subsequent K (and Si) supply, have on the given diagrams (Fig. 7a and Fig. 9) only some properties of the S-type, i.e. crustal magma, while being essentially identical with group 1 (I-type).

Their unity, although sometimes even ideally (empirical curve) separating into different genetic types on diagrams: $K/Na-Al/Fe$ and $K/(Na+K)$, is expressed in a gradual transition, by geological observations, as in diagrams:

a) K_2O-Na_2O by weight (Fig. 8) and

b) $K/(Na+K)-Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ (Fig. 7a).

6. High ferris/ferrous ratio ($Fe^3/Fe^3+Fe^2=0.07-0.55$), with the mean value equal for both groups (0.382), gives Željín rocks properties typical of I-granitoids, viz.:

a) reference value, 0.315, for I-type (Chappell & White, 1984)

b) $Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ frequency histogram (Fig. 5b, 6b, 7b);

c) $Al/(Na+K+Ca)-Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ correlation diagram (Fig. 5a);

d) $C/(A+C+F)-Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ correlation diagram (Fig. 6a); and

e) $K/(Na+K)-Fe^3/(Fe^2+Fe^3)$ correlation diagram (Fig. 7a).

As for the high ferric/ferrous ratio, Željín rocks contain primary magmatic epidote (Vukov, 1988; Forizs et al., 1989).

7. Low NH_4 ion, 90 g/t (Nikolić & Poharc, 1984), in Željín rock biotites also can, in my opinion, indicate a low rate of sedimentary material in the parent magma.

MICROELEMENT CONSTITUENTS AND GENETIC TYPES

By its constituents: Rb, Sr, Ga, Zn, Ce, Y, Nb, Zr, and their relationship with Al_2O_3 , SiO_2 and K, in conformity with numerous discrimination criteria (Stavrov, 1981; Collins et al., 1982; and Rub et al., 1983), Željín magma has characteristics and a trend of deep, I-type, magma.

1. By Rb and Sr rates, it is a deep magma (Rub et al., 1983) that falls in field I of diagrams:

a and b) Sr-Rb and Sr-Rb/Sr (Fig. 10a, b) with relatively small point dissipation. Relative to the diversity of Željín rocks, this property can be considered characteristic of their primary rates in the parent magma, in either magmatic or metasomatic rock type.

c) K/Rb-Rb (Fig. 10c) with a smaller number of samples falling into the region of undefined or transitional type.

2. Rb and K distribution shows a nearly linear relation (Fig. 11) and a trend similar to the of deep magma (Stavrov, 1981)

This trend, and positions of metasomatic rocks in other diagrams including K, may be indicative of K supply by subcrustal fluids.

A deep level of Željín magma generation, $h > 30$ km, is also indicated by Rb and Sr rates (Conndie, 1973), equivalent to the crystallization depth, from 24 to 25 km, as obtained by Am and Bt–Am termobarometers (Vukov, 1990).

3. By the contents of: Ga, Nb, Zr, Y, Ce, Zn, and their relationship with macroelements, in agreement with reference types (Collins et al., 1982), Željín rocks have dominantly or only characteristics I–granitoids.

The average analysis, and most of individual samples, fall directly in fields of the highest frequency density for I–granitoids (Bega batolith, Australia) or in their close proximity, as shown in diagrams (Fig. 12): Al_2O_3 –Ga (a), SiO_2 –Ga (b), SiO_2 –Zn (c), SiO_2 –Ce (d), SiO_2 –Y (e), SiO_2 –Nb (f), and SiO_2 –Zr (g).

S–granitoids in the above diagrams have much higher silica rates ($>70\%$), or Ga.

GEOTECTONIC TYPE OF GRANITOIDS

The criteria used in determining the geotectonic type, or magma source, are those of Pearce et al. (1984), based on constituents: Rb, Ba, Th, Nb, Ce, Zr, and Y, their rates to "normalized" contents (Fig. 13 a–b); Nb–Y, Rb–(Y+Nb) ratios (Fig. 14 a–b), and Y, Nb, Rb to SiO_2 ratios (Fig. 14 c–f), and on other: mineralogical, chemical, petrological, and genetic properties.

The geotectonic type of the Željín granitoid has not been clearly defined. Granitic rocks, by petrologic–mineral–hemical properties and microelement constituents, equally correspond to granitic rocks of volcanic arcs (granitoids of Chile in particular) and post–collision granites (of Pyrenees and eastern Alps). These granites, for their regional geologic position, probably belong to the post–collision granitoids.

CONCLUSION

The pluton of Željín belongs to I–type granitoids, formed, depending on author's terminology, from deep, subcrustal magma. The parent magma was generated either by a partial fusion of pyrolite (upper mantle), and possibly oceanic crust, with partial inclusion and welding of basic material from lower continental crust, thorough which magma moved, or by partial fusion of deep continental crust, under the effect of subcrustal fluids, and/or a weak acidification of amphibole rock mass so that it had quartz diorite chemistry.

The generation of Željín magma, in respect of the relevant geologic facts, began quite possibly long after the completion of the oceanic crust subduction (140 mil. years) in a post–collision stage, and after the compression of two continental blocks and the subduction of the west–lying continental crust (DIE, etc.) to deeper levels under the eastern plate. In this respect, Željín granitoid resembles the most the granitoids of volcanic arcs, particularly Chile granitoids, and the post–collision granites of the Pyrenees and the eastern Alps.

Metasomatic rocks, as a result of subsequent K (and Rb) supply, also originating

from the basic "magmatic" material (possibly pyrolites), only occasionally obtain properties of S-granitoid, but do not belong to it.

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Backinsale R. D., 1979: Granite magmatism in the tin belt of south-east Asia. In: M. P. Atherton and J. Tarney (Eds.) *Origin of Granites*, 34–44, Shiva Publ. Lim. Kent.
- Bowden P., Batchelor R. A., Chappell B. W., Didier J. & Lameyre J., 1984: Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks a discussion.– *Phys. Ear. Planet. Inter.*, 35, 1–11.
- Chappell B. W. & White A. J., 1974: Two contrasting granite types.– *Pacific Geol.* 8, 2, 173–174, Japan.
- Chappell B. W., 1979: Granite as images of their source rocks.– *Geol. Soc. of America. Abstract with programs*, 11, 400.
- Chappell B. W., 1984: Source rocks of I- and S-type granites in the Lachland Fold Belt, southeastern Australia.– *Phil. Trans. R. Loand. A*, 310, 693–707, London
- Chappel, B. W. & White B. W., 1984: I-and S-type granites in the Lachland Fold Belt, south-eastern Australia.– *Geology of granites and their metallogenetic realtions. Proceedings of International Symposium, Heldaat Nawing University, China. October, 26–30, Nawing, 1982.*
- Collins W. J., Beams S. D., White A. J. R. & Chappell B. W., 1982: Nature and Origin of A-Type Granites with particular Reference to Southeastern Australia.– *Contrib. Min. Pet.*, 80, 189–200, Heidelberg.
- Condie K. C., 1973: Archean magmatism and crustal thickening.– *Geol. Sci. Am. Bull.*, 34, 2981–2992.
- Dimitrijević M., 1974: Dinaridi: jedan model na osnovama "nove globalne tektonike".– *Metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije*, 119–151, Beograd.
- Forizs I., Vukov M. & Jović V., 1989: Petrological significance of primary and secondary epidote in the Željín pluton, Yugoslavia.– *XIV kongress CBGA, 202–205, Sofia.*
- Карамата С. (=Karamata), 1974: Геохемијске, петролошке и металогенетске провинције кредно–терцијарне старости дела Балканског полуострва и Мале Азије.– *Посебно издање САНУ*, 42, 1–55, Београд.
- Карамата С. (=Karamata), 1977: Происхождение изверженных пород Югославий и их металогения.– *Изв. АН СССР, Сер. Геол.*, 12, 44–54, Москва.
- Karamata S., 1982: Tektonika ploča u područjima tetiskog tipa sa primenom na terene Jugoslavije.– *X Jubil. Kongres geol. Jug.*, 1, 549–596, Budva.
- Карамата С. (=Karamata), 1983: Садржаји неких микроелемената у терцијарним магматским стенама источног дела Југославије у зависности од њиховог геотектонског положаја.– *Глас САНУ*, 49, 39–54, Београд.
- Карамата С. (=Karamata), 1983: Особености и пројављенија тектоники плит в областях типа Тетиса.– *Геотектоника, АН СССР*, 6, 5, 52–66, Москва.
- Karamata S. & Đorđević P., 1980: Origin of the Upper Cretaceous and Tertiary magmas in the eastern parts of Yugoslavia.– *Bull. LXXV de L'Acad. Sci. Serbe*, 20, 99–108, Belgrade.
- Кнежевић В. (=Knežević), 1985: Проблеми у вези са пореклом гранитоидног магматизма терцијара.– *Записници СГД за 1984. г.*, 231–240, Београд.
- Мануйлова М. М., Зарубин В. В. и Михайлова Ю. И. (=Manujlova et al.), 1975: Сосмавы роговых обманок и биотитов как критерий глубинности гранитоидов.– *Изв. АН СССР, Сер. Геол.*, 12, 37–49, Москва.
- Нечаева И. А. (=Nechaeva), 1976: Щелочно–гранитный магматизм и его формации.– *"Наука"*, Москва.

- Nikolić D. i Poharc V., 1984: NH_4 jon iz nekih granita Jugoslavije.– I Simp. Jug. asoc. min., 154–156, Arandelovac.
- Рџарце J. A., Nigel B. W. H. & Tindle A. G., 1984: Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks.–*Jour. Petr.*, 25/4, 956–983, Oksford.
- Panto Gy., Jović V., Forizs I. & Vukov M., 1888: Genetic significance of REE accessory minerals in granitic rocks.– *Bulletin*, 44, 197–213, Beograd.
- Pamić J., 1977: Alpski magmatsko–metamorfni procesi i njihovi produkti kao indikatori geološke evolucije terena sjeverne Bosne.– *Geol. glas.*, 22, 257–292, Sarajevo.
- Pamić J., 1984: Granitoidne stijene severozapadnog dijela Moslovačke gore u sjevernoj Hrvatskoj.– *Geologija – Poročila*, 27, 201–112, Ljubljana.
- Pamić J., 1987: Kredno–tercijarne granitne i metamorfne stijene u dodirnom području sjevernih Dinarida i Panonskog strukturnog kompleksa.– *Ibid.*, 28, 219–237, Ljubljana.
- Руб М. Г., Гладиков И. Г., Павлов В. А., Руб А. К. и Тронсва Н. В. (=Rub et al.), 1983: Щелочные элементы и стронций в рудоносных (Sn, W, Ta) дифференцированных магматических ассоциациях.– *Доклады АН СССР*, 268, 6, 1463–1466, Москва.
- Ставров О. Д. (=Stavrov), 1981: Геохимический метод формационного анализа гранитов и критерии связи с ними месторождений.– *Геох. АН СССР*, 12, 1845–1867, Москва.
- Takahashi M., Aramaki S. & Ishihara S., 1980: Magnetite–series/Ilmenite–series vs. I–type/S–type granitoids.– *Ming Geol. Spec. Issue*, 8, 13–28, Tokyo.
- Вуков М. (=Vukov), 1986: Дистрибуција алкалија ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) у гранитоиду Жельина.– *Геол. ан. Балк. пол.*, 50, 401–417, Београд.
- Вуков М. (=Vukov), 1988: Хемизам петрогених минерала гранитоида Жельина.– *Ibid.*, 52, 447–480, Београд.
- Вуков М. и Логар М. (=Vukov & Logar), 1988: Кластер анализа гранитоидних стена Жельина.– *Ibid.*, 51, 501–514, Београд.
- Vukov M., 1989: Petrologija i geochemija granitoida Željina.– *Doktorska disertacija*, Rud.–geol. fak. Univ. u Beogradu, 300 str., Beograd.
- Vukov M., 1990: PT–uslovi kristalizacije željinskog granitoida.– XII kongres geologa Jugoslavije, II, 188–197, Ohrid.
- White A. J. R. & Chappell B. W., 1977: Ultrametamorphism and granitoid genesis.– *Tectonophysics*, 43, 7–22.
- White A. J., Collins W. J. & Chappell B. W., 1982. Influence of melt structure in the trace element composition of granites.– *Proceed. Intern. Symp. Geology of granites and their metallogenic relations*, 737–751, Nawing.
- White A. J. R., Clemens J. D., Holloway J. R., Silver L. T., Chappell B. W., Wall V. J., 1986: S–type granites and their probable absence in southwestern North America.– *Geol.*, 14, 2, 115–118.