

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	61	1	17-26	Београд, децембар 1997 Belgrade, Decembre 1997
--	----	---	-------	---

УДК 552.321(497.11)

Оригинални научни рад

ДИЈАПИРИЗАМ КИСЕЛИХ ПЛУТОНА У ВАРДАРСКОЈ ЗОНИ

од

Илије Ђоковића*, Милуна Маровића*, Луке Пешића*,
Бранислава Тривића* и Маринка Тољића*

Неотектонским и структуролошким истраживањима гранитоидних плутонских тела која припадају Вардарској зони, добијени су подаци о врло сложеном механизму њиховог интродовања. Постоји изразита полифазност појаве у којој први акт чини класична магматска интрузија, а други дијапирско утискивање очврслих плутонских масива. Појава дијапиризма је углавном утврђена код плутона који су утиснути у палеозојске шкриљце и имају хомотактно конкордантни склоп.

Кључне речи: плутон, интрузија, дијапиризам, дома.

УВОД

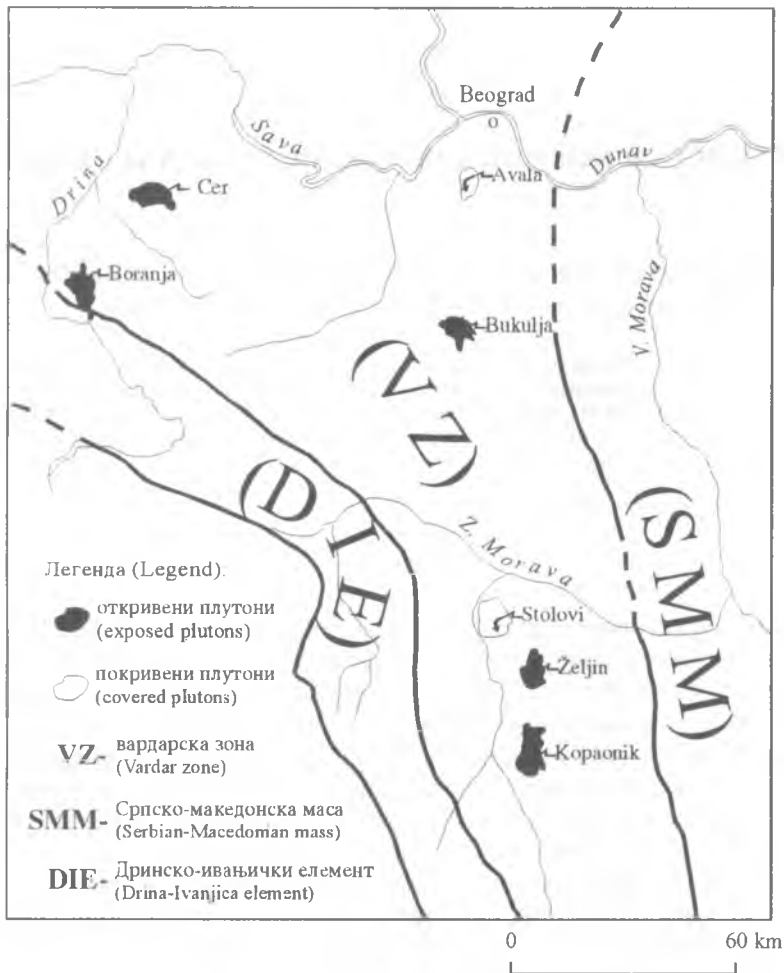
У делу Вардарске зоне који се налази на територији Југославије, откривено је поред више мањих и неколико крупних магматских масива. Њихов састав варира од киселих до интермедијарних, а старост од средњоолигоценске до доњомиоценске. Групу већих чине: копаонички, жељински, букуљски, борањски и церски плутон, и субвулкански утиснута тела у рејону Столова и Авале. Неотектонским, а нарочито неотектонско–структуролошким истраживањима усмереним на утврђивање како савремених покрета плутона, тако и интерних плутонских склопова и склопова околних формација, добијени су елементи о негдашњим механизмима њиховог утискивања као и о савременој дијапирској кинематици. Несумњиво је да се неки од њих, иако су у чврстом стању, утискују и сада. Феномен је још чуднији ако се има у виду да је брзина таквог утискивања неколико милиметара годишње и да по свој прилици надмашује брзину примарног интродовања.

ОПШТЕ ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛУТОНА

На основу досадашњих регионалних и бројних специјалистичких истраживања, утврђени су параметри о саставу, старости и склоповима најкрупнијих масива, као и подаци о њиховој геотектонској припадности. Утврђено је да су то углавном тела

* Институт за регионалну геологију и палеонтологију Рударско–геолошког факултета, Универзитета у Београду, Каменичка 6, Београд.

изграђена од гранодиорита, гранита, ретко кварцмонзонита и кварцдиорита – церски (Кнежевић, 1962) и копаонички (Stefanović i Pavlović, 1960), од гранитмонзонита и монзонита – букуљски (Filipović et al., 1978), и кварцмонзонита и ретких гранодиорита – жељински масив (Vukov, 1989). Плутони у рејону Столова и Авале, који се не јављају на површини терена, а који су посредно откривени геофизичким и регионалним радовима, вероватно имају нешто наглашенију интермедијарност и базицитет.

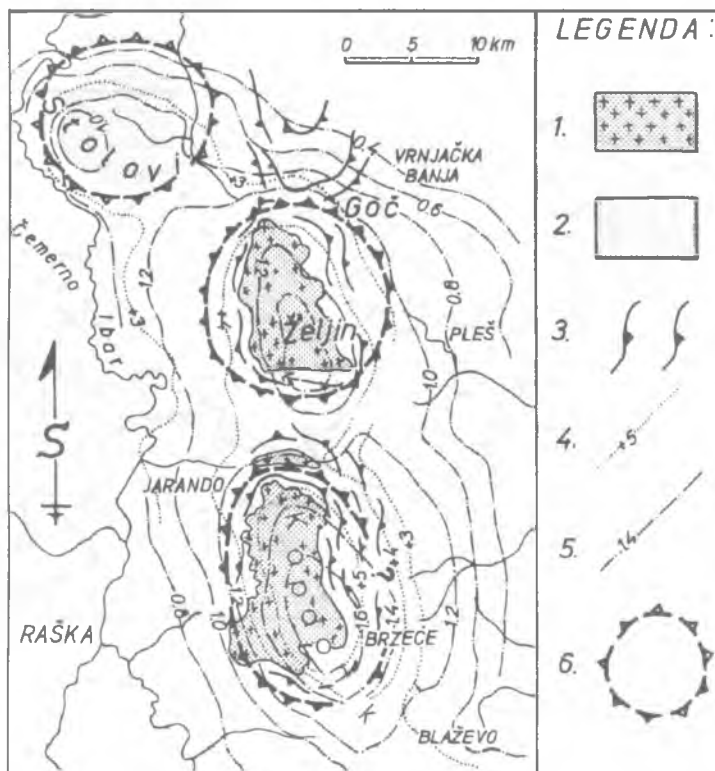


Сл. 1. Позиција киселих плутона у Вардарској зони и Дринско-ивањичком елементу.
Fig. 1. Acidic plutons in the Vardar zone and the Drina-Ivanjica element.

Старост плутона је одређена анализом геолошких односа и изотопским детерминацијама; за борањски и копаонички средњоолигоценска (Karamata et al., 1994), церски, букуљски и жељински доњомиоценска (Vukov, 1989; Карамата и др., 1992; 1994). Мада нема сигурних података о старости базичног масива Столова, може се претпоставити да и он спада у групу плутона терцијарне старости. За

интрузивно тело у рејону Авале, на основу утврђене терцијарне старости вулканизма (Vasković, 1990), може се претпоставити олигомиоцenska старост.

У геотектонском смислу сви плутони припадају Вардарској зони, изузев борањског који је делом зашао и у подручје Дринско–ивањичког елемента. Већина их је интродована у палеозојске нискометаморфисане творевине; копаонички и жељински плутон у кристалин копаоничког блока, букуљски и церски у јадарске и букуљске шкриљце, док је борањски делом интродован у шкриљце јадарског блока, а делом у дринско–ивањички палеозоик. Код неоткривених масива околне стене су у рејону Столова представљене највероватније кристаластим шкриљцима преко којих су навучени серпентинити, а у подручју Авале сенонским флишем.



Сл. 2. Плутони: Копаоника, Жељина и Столова.

Легенда: 1. Откривени плутон, 2. Покривени плутон, 3. Трасе фолијације, 4. Брзина савремених годишњих неотектонских покрета у mm, 5. Сумарне вредности вертикалних тектонских покрета у km и 6. Прстенасте морфоструктуре (Djoković et al., 1995).

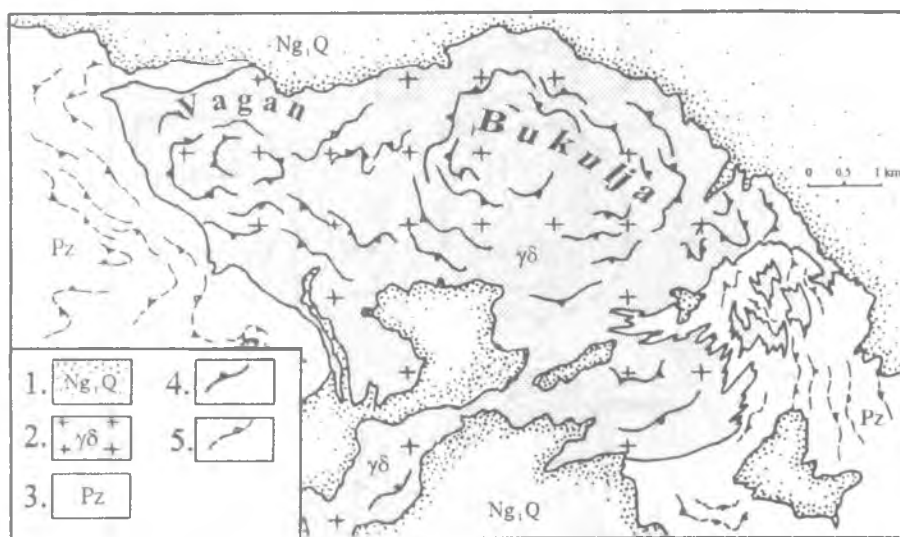
Fig. 2. Plutons of Kopaonik, Željina and Stolovi.

Legend: 1. Uncovered pluton; 2. Covered pluton; 3. Foliation traces; 4. Rate of recent annual neotectonic movements in mm; 5. Composite values of vertical tectonic movements in km; and 6. Ring morphostructures (Djoković et al., 1995).

Облици плутонских тела су утврђени код масива који су откривени на површини, док се код покривених могу посредним путем донекле наслутити. Углавном имају батолитско–хонолитску форму – копаонички жељински, букуљски

и борањски, а ређе лаколитску – церски (Кнежевић, 1962) и лополитску – авалски плутон (Тољић, 1995).

У структурном смислу интрузиви Вардарске зоне припадају хомотактно конкордантним и хетеротактно дискордантним плутонима. Прву групу чине: копаонички (Dimitrijević i Dragić, 1957), жељински (Vukov, 1989; Djoković et al., 1995), букуљски (Тривић, 1992), церски (Кнежевић, 1962) и вероватно масив Столова, а другу борањски (Karamata, 1955; Mojsilović et al, 1977) и авалски (Тољић, 1995). Истраживања су указала на велике сличности склопова код хомотактно конкордантних масива, што имплицира сличну генезу, односно сличне услове под којима су интродовани. Код хетеротактно дискордантних плутона разлике између њихових интерних склопова и склопова околних формација су несумњиво узроковане различитошћу геотектонских средина у које су плутони интродовани.



Сл. 3. Склоп букуљског плутона.

Легенда: 1. Неогени и квартарни седименти, 2. Откривени плутон, 3. Палеозојски метаморфити, 4. Фолијација у магматиту и 5. Фолијација у кристалину (Тривић, 1992).

Fig. 3. Bukulja pluton fabric.

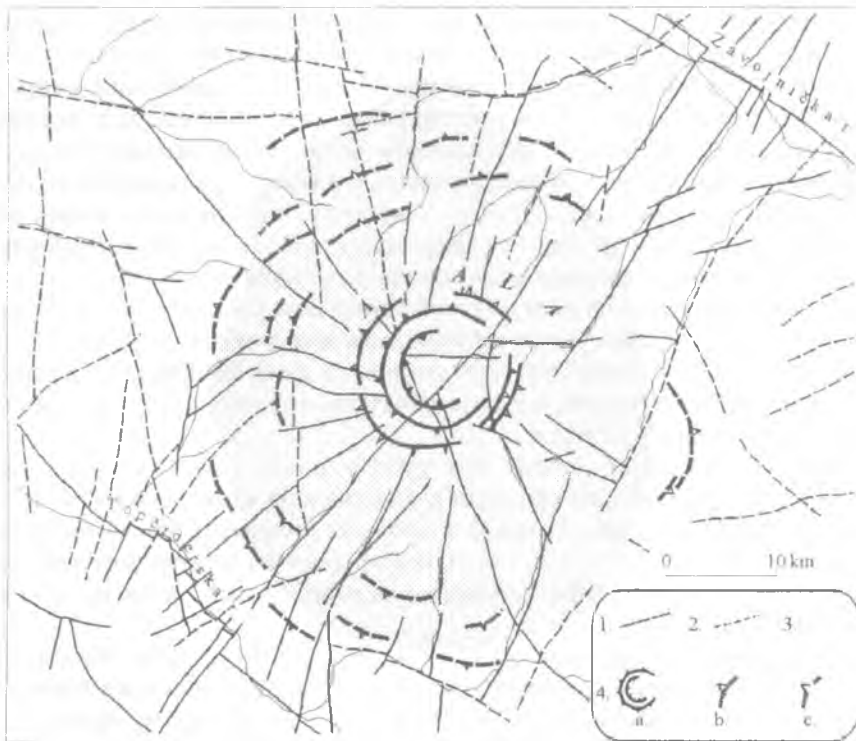
Legend: 1. Neogene and Quaternary sedimentary rocks; 2. Uncovered pluton; 3. Palaeozoic metamorphic rocks; 4. Foliation in magmatic rocks; and 5. Foliation in crystalline core area (after Trivić, 1992).

ДИЈАПИРИЗАМ ПЛУТОНА

Неотектонски покрети киселих плутона у домену Вардарске зоне се манифестују врло наглашеним композитним издизањима. Највећа су код копаоничког – 5 mm, жељинског 4 mm, плутона Столова 3 mm и Букуље и Авале – по 1 mm годишње. Укупан дијапирски раст за копаонички масив износи 1.6 km, жељински 1.3 km и плутон Столова 1 km. За остале интрузиве оваква срачунавања нису извођена. Изнети подаци несумњиво указују и на различите дубине примарног утискивања, које за копаонички плутон износи преко 6 km, жељински 4 km, а за масив Столова више од 3 km. Од осталих

плутона борањски и церски показују врло слаба и неиздиференцирана савремена вертикална померања, тако да се практично може рећи да имају особине дијанирски неактивних тела.

Ефекти дијапиризма су у основи слични код свих масива. Обично се плутони као целовита тела постепено издижу у односу на околне стенске комплексе. При томе њихови централни делови постају све виши, док периферијски релативно заостају. Код неких као што су букуљски и авалски, поред периферијског, релативно заостају и средишњи делови плутона што се манифестује, у њему и његовој кровини, формирањем сложених прстенастих морфоструктура. Кружне и елипсасте морфоструктуре су иначе карактеристичне за све масиве који се дијапирски издижу. У Вардарској зони по правилу уоквирују киселе плутоне и лако се препознају на сателитским снимцима.



Сл. 4. Тектонски склоп Авале са вероватном позицијом плутонског тела.

Легенда: 1. Сигурни раседи, 2. Претпостављени раседи, 3. Вероватна позиција плутонског тела, 4. Прстенаста структура са њеним: а. централним, б. спољашњим и ц. периферијским деловима (Toljić, 1995).

Fig. 4. Tectonic pattern of Avala and the likely position of plutonic body.

Legend: 1. Observed faults; 2. Inferred faults; 3. Likely position of plutonic body; 4. Ring structure and its: a. central, b. external, and c. peripheral parts (after Toljić, 1995).

Евидентно је да се дијапиризам јавља само у хомотактним конкордантним масивима који су синкинематски утиснути у палеозојске шкриљце и који се по правилу налазе у језгрима регионалних брахиантиформи или куполастих набора. Обично су у околним стенама, а и у самим плутонима развијене лучне s-површи

које су међусобно паралелне и сагласне са границама плутона. Оне очигледно представљају главни систем механичких руптура по којима се одвијају вертикална дијапирска смицања. Најтипичнији примери оваквих односа интерног и екстерног склопа се јављају у рејонима копаоничког, жељинског и букуљског плутона.

*
* *

Изнети подаци несумњиво показују да кисели и интермедијарни плутони у Вардарској зони, имају полифазни карактер утискивања у коме се могу разликовати две фазе; једна представљена класичном магматском интрузијом, а друга дијапирским утискивањем.

Магматска интрузија, или утискивање у стању растопа, одвија се у почетним фазама стварања плутона. Продирање магме доводи до обликовања околних стена у регионалном плану. Обично је заступљено сводасто (ређе зделасто) задизање кровине плутона, што у Вардарској зони представља фазу набирања индуквану у највећој мери плутонизмом. Само интрудовање са наглашеним вертикалним кретањима магме је праћено и интензивним загревањем околних стена, што у почетку у њима ствара изразиту шкриљавост, а касније и релаксационе пукотине које су паралелне са границама плутона. У процесу очвршћавања масива релаксационе пукотине исте оријентације се формирају прво у његовим периферним, а затим и при средишњим деловима што доводи до стварања хомотактног регионалног склопа. Синхроно са хлађењем плутона одвија се и стварање његовог интерног протосклопа, представљеног углавном куполама или домама фолијације. Са њима су скоро свуда сагласни раније настали сводови и доме маркирани шкриљавошћу или релаксационим пукотинама. Таква структурна конгруенција само појачава хомотактну конкордантност плутона.

Дијапирско утискивање настаје при крају и после очвршћавања магматског растопа. Са њим се настављају сводаста издизања која су последица често замашних транспозиционих кретања – мањих у околним стенама, а много интензивнијих у самом масиву. При томе се идући од периферије ка центру плутона кретања суперпонују, тако да су његови средишњи делови највише издигнути – пример Копаоника, Жељина и Букуље.

Куполасте форме у околини плутона и домасти и сводасти облици у самом плутону настали магматском интрузијом, бивају у великој мери појачани дијапирским утискивањем. Због тога ново настали облици имају композитну структуру која се манифестује кроз прстенасте морфоструктурне ефекте.

Мада постоје бројни докази о постојању дијапирског издизања плутона у Вардарској зони, сам феномен до сада није озбиљније разматран. Евидентно је да је кинематика дијапиризма питање на које се може лакше дати одговор, док је генетско–динамички аспект појаве остао неразјашњен.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	61	1	17-26	Београд, децембар 1997 Belgrade, Decembre 1997
--	----	---	-------	---

UDC 552.321(497.11)

Original scientific paper

ACID PLUTON DIAPIRISM IN THE VARDAR ZONE

by

Ilija Djoković*, Milun Marović*, Luka Pešić*,
Branislav Trivić* and Marinko Toljić*

Information about a very complex mechanism of granitoid plutonic body intrusion has been obtained through neotectonic and structurologic investigations of their bodies in the Vardar zone. The notably polykinetic occurrence is produced first by a classical intrusion, and later by diapiric piercing of solidified plutonic massifs. Diapirism is mainly recognized in Palaeozoic schists pierced by plutons, which have homotactic concordant fabric.

Key words: Pluton, intrusion, diapirism, dome.

INTRODUCTION

Several small and a few large magmatic massifs are located in the Vardar zone on the territory of Yugoslavia. Rocks of the massifs vary from acidic to intermediate, and in age from Middle Oligocene to Lower Miocene. Large massifs are those of Kopaonik, Željin, Bukulja, Boranja and Cer, and subvolcanically intruded bodies in Stolovi and Avala areas. Neotectonic, and especially neotectonic and structurological, investigations in recent movements of plutons and in internal fabric of plutons and of adjacent formations, gave us information on the mechanism of their intrusion and of the recent diapiric kinematics. There is no doubt that some of them, though in solid state, are still being intruded. The phenomenon is even more peculiar in respect of the intrusion rate of few millimetres per year which exceeds the rate of primary intrusion.

GENERAL GEOLOGY OF PLUTONS

Regional and numerous specialistic investigations provided sufficient information to determine the parameters of composition, age and fabric of the largest massifs and data of their geotectonic appartenance. The bodies are mostly made up of granodiorites, grani-

* University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Institute of Regional Geology and Paleontology, Kamenicka 6, Belgrade.

tes, rarely quartz monzonite and quartz diorite – Cer (Knežević, 1962) and Kopaonik (Stefanović and Pavlović, 1960), or granite monzonite and monzonite – Bukulja (Filipović et al., 1978), or quartz monzonite and rarely granodiorite – Željina massif (Vukov, 1989). Plutons in Stolovi and Avala areas, which are not exposed on the surface but are indirectly detected by geophysical and regional surveys, seem to be of a higher basicity.

Plutons are dated on the basis of geologic relationships and isotopic determinations, viz.: Boranja and Kopaonik Middle Oligocene (Karamata et al., 1994); Cer, Bukulja and Željina Lower Miocene (Vukov, 1989; Karamata et al., 1992, 1994). The basic massif of Stolovi is supposed, for the lack of reliable data for dating, to belong to the group of Tertiary plutons. For the intrusive body in Avala area, the assumed age is Oligo–Miocene according to the determined Tertiary age of the volcanism (Vasković, 1990).

Geotectonically, all plutons belong to the Vardar zone, excluding Boranja pluton which has partly entered the Drina–Ivanjica element. Most of these bodies are intruded in Palaeozoic low–metamorphic rocks; Kopaonik and Željina plutons in crystalline core of Kopaonik block; Bukulja and Cer in Jadar and Bukulja schists; and Boranja pluton partly in the Jadar block schists and in the Drina–Ivanjica Palaeozoic. Adjacent rocks of unexposed massifs are quite likely represented by crystalline schists overthrust by serpentinites in Stolovi area, and by Senonian flysch in Avala area.

Forms of plutonic bodies are determined for massifs exposed on the surface, but can be only indirectly inferred for the covered ones. The general form is batholith–chonolith – Kopaonik, Željina, Bukulja, Boranja, or rarely laccolith – Cer (Knežević, 1962) or lopolith – Avala pluton (Toljić, 1995).

Structurally, intrusive bodies of the Vardar zone belong homotactic concordant or heterotactic discordant plutons. The former group includes: Kopaonik (Dimitrijević and Dragić, 1957), Željina (Vukov, 1989; Djoković et al., 1995), Bukulja (Trivić, 1992), Cer (Knežević, 1962), and possibly Stolovi, and the latter: Boranja (Karamata, 1995; Mojsilović et al., 1977) and Avala (Toljić, 1995). Investigations indicated great similarity of fabric in homotactic concordant massifs, which implies a similar genesis, or similar conditions of their intrusions. In heterotactic discordant plutons, the difference between their internal and the fabric of adjacent formations are certainly a result of different geotectonic environments of their intrusion.

DIAPIRISM OF PLUTONS

Neotectonic movements of acidic plutons in the Vardar zone domain is manifested in well marked composite uplifting: 5 mm of Kopaonik pluton, 4 mm of Željina, 3 mm of Stolovi, and 1 mm Bukulja and Avala per year. The total diapiric piercing is 1.6 km for Kopaonik massif, 1.3 km for Željina, and 1 km for Stolovi pluton; calculations are not made for other intrusive bodies. The above data indicate various depth of piercing, which are over 6 km, 4 km, and more than 3 km for Kopaonik, Željina, and Stolovi massifs, respectively. The Boranja and Cer plutons manifest very slight and undifferentiated recent uplifts, and may be taken for inactive diapiric bodies.

The effects of diapirism are basically similar with all the massifs. Plutons as whole-some bodies are progressively rising in relation to adjacent rock complexes, with their central parts lifted faster than the peripheral parts ones. With some of the massifs (Bukulja and Avala, for example), both central and peripheral parts of the pluton are relatively

retarded, which is manifested, in the body itself and in overlying rocks, by formation of complex ring morphostructures. Circular and diapirically rising massifs. In the Vardar zone, these features surround acidic plutons, easily recognized on satellite images.

Diapirism evidently occurs only in homotactic concordant massifs which are synkinematically intruded in Palaeozoic schists, always in cores of regional brachiantiforms or dome-like folds. Usually, arcuate s-surfaces are formed in adjacent rocks, and in plutons, which are parallel and conformable with the pluton boundaries. These surfaces are the main system of mechanical ruptures along which vertical diapiric piercing progresses. The most typical examples of the described relationship between internal and external fabrics can be found in the regions of Kopaonik, Željin, and Bukulja plutons.

* * *

The presented information describes the acidic and intermediate plutons of Vardar zone as two-phase intrusion products; one phase is represented by a classical magma intrusion, and the other by diapiric piercing. The intrusion of magma, or piercing of plastic core material, is the initial process of pluton formation. Magmatic intrusion leads to shaping of surrounding rocks on a regional scale. The resulting forms are usually domed (rarely bowl-like) or uplifted rocks overlying a pluton, which in the Vardar zone marks the folding phase largely induced by plutonism. The intrusion at a notable vertical creep of magma is followed by intensive heating of adjacent rocks, which leads to their schistosity at first and later to the formation of relaxation fractures of the same orientation in solidifying massif first appear on its periphery and later near the central part, which leads to the formation of a homotactic regional pattern. Synchronous with the pluton cooling, its internal protofabric is being formed, represented mainly by arches or foliation domes. Concordant with these features almost everywhere are the earlier formed arches and domes marked by schistosity or relaxation fractures. This structural congruence is only adding to the homotactic concordance of plutons.

Diapiric intrusion occurs at the end and after the molten magma solidification. It continues the domal uplifting which is often a consequence of large transpositions—minor in surrounding rocks and much greater in the massif itself. The flows are superimposed from the periphery to the centre of a pluton, building up its central part, as in the examples of Kopaonik, Željin and Bukulja.

Arched forms in the pluton surroundings and domed forms in the pluton, formed by magma intrusion, are largely strengthened by diapiric piercing. Consequently, the newly formed features have a composite structure, manifested in ring-like morphostructural effects. There are numerous evidences of diapiric pluton uplifting in the Vardar zone, but the phenomenon has not been seriously considered. Evidently, the kinematics of diapirism is easier to explain than the genetic–dynamic aspect of the phenomenon.

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Dimitrijević M. i Dragić D., 1957: O sklopu granodioritskog masiva Kopaonika.— Vesnik za geol. i geof. istr., 13, 299–313, Beograd.
- Filipović I., Marković B., Pavlović Z., Rodin V. i Marković O., 1978: Tumač za OGR SRJ, list Gornji Milanovac 1:100000.— Savezni geološki zavod, Beograd.

- Djoković I., Marović M., Grubić A., Pešić L. i Toljić M., 1995: Magmatogene morfostrukture u širem rejonu Kopaonika.– Simpozijum "Geologija i metalogenija Kopaonika", jun 1995., 66–72, Kopaonik.
- Karamata S., 1955: Petrološka studija magmatskih i kontaktno metamorfnih stena Boranje.– Bull. du Mus. D'Historie Nat. du pays Serbe., Ser A, 6, 1–130, Beograd.
- Карамата С., Делалоце М., Ловрић А. и Кнежевић В. (=Karamata et al.), 1992: Две генетске групе терцијарних гранитоидних стена централне и западне Србије.– Геол. ан. Балк. пол., 56/1, 263–283, Београд.
- Karamata S., Knežević V. i Cvetković V. (=Karamata et al.), 1994: Tertiary granitic rocks along the southern margin of the Pannonian basin.– Acta Mineralogica – Petrographica, 35, 71–80, Szeged.
- Карамата С., Васковић П., Цветковић В. и Кнежевић В. (=Karamata et al.), 1994: Горњокредни и терцијарни магматити централне и источне Србије и њихова металогенија.– Геол. ан. Балк. пол., 59, 159–167, Београд.
- Knežević V., 1962: Postanak i petrohemijski karakter magmatskih i kontaktno metamorfnih stena Cera.– Zbornik radova Rudarsko–geološkog fak. za 1959/1960., 7, 191–215, Beograd.
- Mojsilović S., Filipović I., Avramović V., Rodin V., Navala M., Baklajić D. i Djoković I., 1977: Tumač za OGK SFRJ, list Zvornik 1:100000.– Savezni geološki zavod, Beograd.
- Stefanović M. i Pavlović Z., 1960: Prilog poznavanju petroloških karakteristika kopaoničkog granodioritskog masiva.– Vesnik Zavoda za geol. i geof. istr., 18, 273–303, Beograd.
- Toljić M., 1995: Geološka grada Avale.– Magistarska teza RGF, 82 str., Beograd.
- Тривић Б. (=Trivić), 1992: Однос прототектонског склопа гранитоида Букуље и склопа околног кристалина. Геол. ан. Балк. пол., 56/2, 73–81, Београд.
- Trivić B., 1992: Tektonski sklop granitoida Bukulje.– Magistarska teza, RGF, Beograd.
- Vasković N., 1990: Petrološke karakteristike tercijarnih magmatskih i kontaktno–metamorfnih stena Avale.– Magistarska teza RGF, 258 str., Beograd.
- Vukov M., 1989: Petrologija i geohemija granitoida Željina.– Doktorska disertacija RGF, 300 str., Beograd.