

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	339-354	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	---------	---

УДК 549:551.311.22:552.321.3(497.11-16)

Оригинални научни рад

## МИНЕРАЛОГИЈА ПОВРШИНСКОГ РАСПАДАЊА ГРАНИТОИДА ЦЕРА

од

Видојка Јовића\*, Весне Матовић\* и Стевана Ђурића\*

У раду су приказани резултати детаљног минералошког проучавања коре распадања на гранитоидима Цера и земљишта на њима. Испитивана су три профила површинског распадања: монцогранита Липове воде и Мршића гроба и гранодиорита Вратачког венца (Стражаница). Минерални састав глиновитих фракција (вермикулит, хлорит, илит и каолинит) веома је сличан у проучаваним земљиштима и може се објаснити сличним саставом матичних стена и сличним климатским условима распадања. Дискутоване су секвенце површинског распадања главних стенских минерала.

**Кључне речи:** минералогija, површинско распадање, монцогранит, гранодиорит, вермикулит, хлорит, илит, каолинит, Цер.

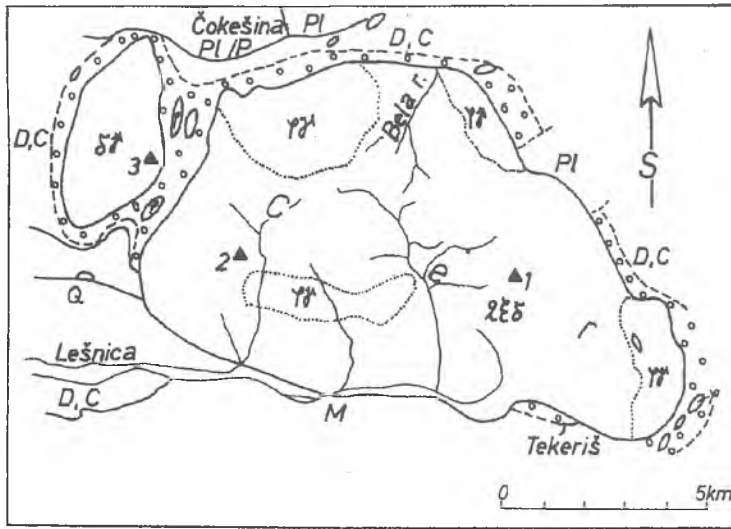
### УВОД

Гранитоидни масив Цера налази се у низу терцијарних граптоидних масива јужног обода Панонског басена који на истоку почиње са Букуљом, па се преко Цера наставља ка западу (Мотајица, Просара и Мославачка гора). Церски масив састоји се од два просторно одвојена тела. Веће тело јесте плутон Цера који има облик неправилног сочива издуженог у правцу И-З и укупне површине око 60 km<sup>2</sup>. Друго, мање тело јесте граптодиорит Стражанице који има облик издуженог сочива правца пружања ССЗ-ЈИ и заузима површину око 7 km<sup>2</sup> (сл. 1).

Већина ранијих испитивања гранитоида Цера односила се на минералошко-петрографске карактеристике (Кнежевић, 1959/60; Markov i Mihailović-Vlajić, 1969; Divljan i dr., 1978), расподелу U, Th и K у гранитоидима Цера (Omaljev, 1981), као и на утврђивање старости церског масива (Karamata i dr., 1991). Кнежевић i dr. (1992) закључили су да је церски плутон консолидовао у већим дубинама пре 30 милиона година и да магма, која је дала те стене, потиче од растопа формираних у горњем омотачу и контаминираних материјалом из коре.

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

Површинско распадање гранита је веома много проучавано у свету (Collier, 1961; Harriss & Adams, 1966; Rice, 1973; Tardy et al., 1973; Murray, 1978;



#### ЛЕГЕНДА (LEGEND)

<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Q</span> Квартар (Quaternary)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">фγ</span> Аплитоидни гранити
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pl</span> Плиоцен (Pliocene)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">δγ</span> Гранодиорити (Granodiorite)
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M</span> Миоцен (Miocene)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">qζδ</span> Кварцмонзонити (Quartzmonzonite)
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">.....</span> Контактно-метаморфне стене (Contact-metamorphic rocks)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</span> Перм (Permian)
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Ф</span> Аплитске жице (Aplitic veins)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D,C</span> Девон-карбон Јадарске фације (Devonian-Carbonian Jadar Facies)
<span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black; margin-right: 5px;"></span> Локација профила (Location of section)	

Сл. 1. Геолошка скица гранитоидног масива Цер (Кнежевић, 1959/60).

1. профил Липова вода; 2. профил Мршића гроб; 3. профил Вратачки венац (Стражаница).

Fig. 1. Geologic sketch of the Cer granitoid massif (Кнежевић, 1959/60).

1. Lipova Voda section; 2. Mršića Grob section; 3. Vratački Venac section (Stražanica).

Chesworth, 1979; Meunier & Velde, 1979; Law et al., 1991; Aoudjit et al., 1991). Код нас се распадањем гранита бавила само Nikolić (1961, 1978), проучивши коре распадања у неким гранитоидним масивима Србије (Цер, Букуља, Бесна Кобила, Нересница, Рудна Глава, Танда). Кора распадања на Церу исиитивана је на

једном профилу где има дебљину око 250 cm, а изграђена је од каолинита, илита и халојзита.

Jović i dr. (1993) објавили су прве резултате минералošких проучавања земљишта на гранитоидима Цера.

## УЗОРЦИ И МЕТОДЕ

Проучавање површинског распадања гранитоида заснивало се на анализирању узорака свежих и различито распаднутих стена, као и земљишта насталих од њих. Узорци земљишта (масе 2–3 kg) осушени су на ваздуху и одстрањено је корење, а затим је методом четвртања издвојено око 0.5 kg земљишта за анализе. Различите фракције земљишта издвајане су мокрим просејавањем (2000–250  $\mu\text{m}$ , 250–100  $\mu\text{m}$ , 100–50  $\mu\text{m}$ ) и декантацијом (50–20  $\mu\text{m}$ , 20–2  $\mu\text{m}$  и <2  $\mu\text{m}$ ). Минерални састав свежих и мало промењених стена одређен је оптичким испитивањима, а интензивно промењених стена и земљишта – рендгенским испитивањима. За добијање рендгенских дијаграма праха коришћен је дифрактометар Philips тип PW 1710 (бакарна антикатада). Минерали глина одређивани су методом оријентисаних препарата који су затим третирали глицирином и загревани на 450 °C.

## РЕЗУЛТАТИ

### Профил Липова вода

Профил површинског распадања монцогранита Липове воде налази се на надморској висини од 650 m. Профил је откривен на дужини од приближно 25 m, а има висину од око 10 m (сл. 2, 1). Према степену распадања издвојене су четири зоне:

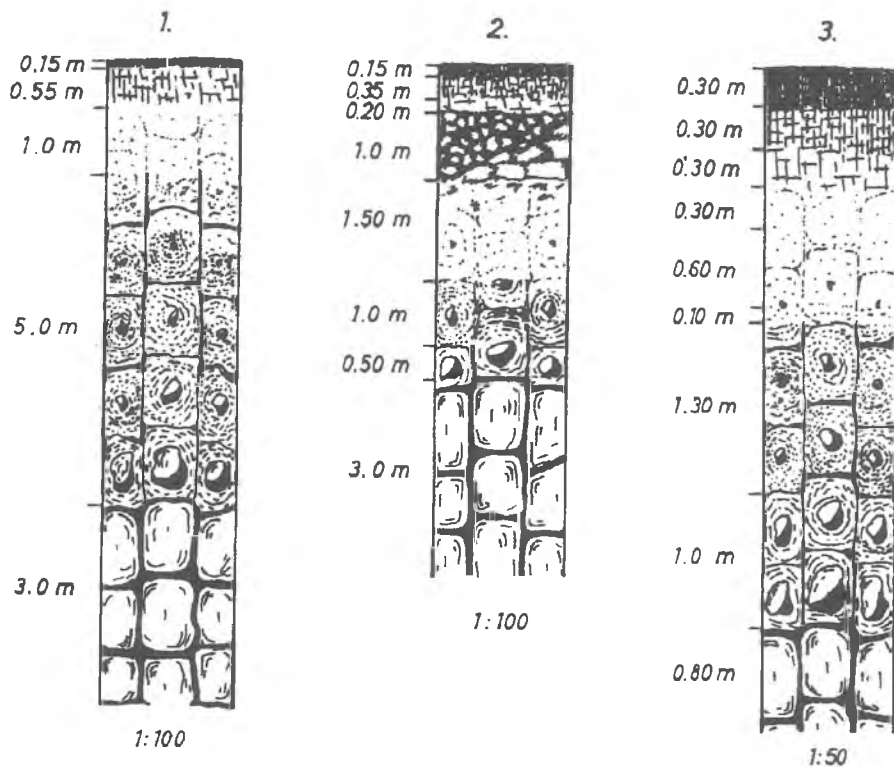
Прву, највишу зону (дебљине 3 m) представља свеж монцогранит сиве боје, масивног изгледа и средњозрнасте структуре. Изграђен је од следећих битних минерала: кварца, ортокласа ( $-2V = 64-70^\circ$ ), апдезипа (43–48 %an), биотита и хорнбленде. Од секундарних минерала заступљени су хлорит и леукоксен, а од споредних – апатит, циркон, сфеп и ортит. Ортоклас је углавном свеж и само ретко се примећује слаба серицитизација. Плагиоклас је неизмењен, а биотит и хорнбленда местимично су по ободу хлоритисани.

Друга зона је сиво–жути распаднути монцогранит чија је дебљина око 5 m. Стена је трошна, дезинтегрисана у комаде величине до 3 x 5 cm. Рендгенском дифракцијом утврђено је да су, поред кварца, фелдспата и амфибола, заступљени још и хлорит, каолинит и интерстратификовани биотит–вермикулит.

Трећу зону чини жути грусирани монцогранит (величина комада најчешће 1x3 cm) који има сличан састав као и претходна зона. Разлика се једино испољава у појави илита и повећаном учешћу вермикулита у интерстратификованом биотит–вермикулиту.

Четврта зона јесте земљиште настало распадањем монцогранита, дебљине 70 cm. Оно припада типу смеђег киселог земљишта и има развијене А, АС и С хорнзоите. Доњи, АС–хоризонт има дебљину од 55 cm и садржи скелет жуто–смеђе боје

(величине комада до 0.5 x 1.5 cm), представљен зрнима кварца, фелдспата и фрагментима стее. Земљиште у површинском делу профила (А-хоризонт, 0–15 cm) садржи мање скелета (величине до 0.7 x 1 cm). Према гранулометријском саставу ова земљишта могу се уврстити у крупнопесковиту иловачу (0–15 cm), односно иловачу (15–70 cm).



Сл. 2. Профили површинског распадања гранитоида Цера.

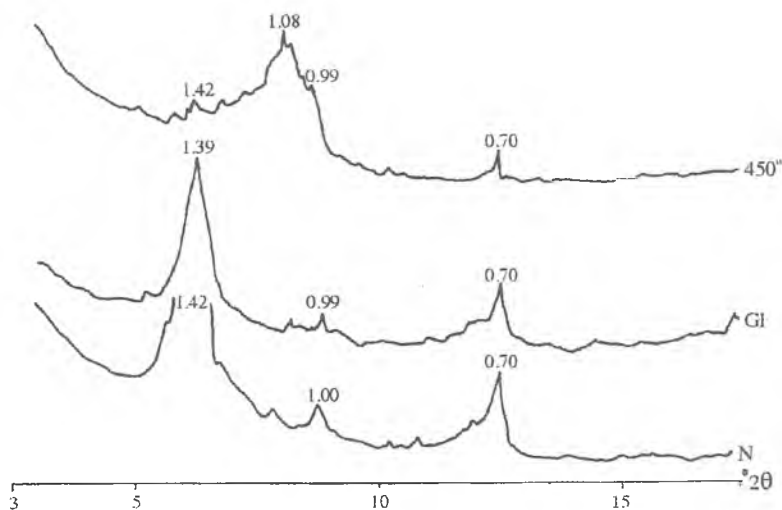
1. Липова вода; 2. Мршића гроб; 3. Вратачки венац (Стражаница).

Fig. 2. Section through weathering of granitoid rocks of Cer.

1. Lipova Voda; 2. Mršića Grob; 3. Vratački Venac (Stražanica).

Минерални састав земљишта на контакту са распадпутим монцогранитом проучаван је помоћу рејдгенске дифракције. У најкрупнијој фракцији (2000–250  $\mu\text{m}$ ) минерални састав је следећи: кварц, фелдспати, амфибол, илит, хлорит и вермикулит–биотит. У фракцији 50–20  $\mu\text{m}$  преовлађује кварц, као најотпорнији минерал на распадање, а појављују се још фелдспати, реликти амфибола, илит, хлорит, вермикулит и каолинит. У фракцији ситног праха (20–2  $\mu\text{m}$ ) и даље је највише заступљен кварц, а смањена је количина фелдспата. Минерали глина су више заступљени: вермикулит, хлорит, илит и каолинит. Глиновита фракција земљишта (<2  $\mu\text{m}$ ) детаљно је проучена стандардним поступком. Међу глиновитим минера-

лима преовлађује вермикулит (рефлексија на 1.4 nm која се после жарења померила на 1.08 nm), док су каолинит, илит и нарочито хлорит подређени (сл. 3).



Сл. 3. Дифрактограм глиновите фракције земљишта (15–70 cm) на монцограниту Липове воде.

N – нетретиран; Gl – засићен глицирином; 450 °C – жарен; d–вредности у nm.

Fig. 3. Diffractogram of soil clay fraction (15–70 cm) over monzogranite at Lipova Voda.

N – Untreated; Gl – Glycerine saturated; 450 °C – heating; d– values in nm.

Земљиште са дубине 0–15 cm показује сличан минерални састав у песковитој и прашкастој фракцији. Кварц и фелдспати преовлађују, док су амфиболи мање заступљени него у дубљем делу земљишног профила. Једино се вермикулит појављује у значајној количини још у песковитој фракцији. Глиновита фракција земљишта садржи највише вермикулита, док су хлорит, каолинит и илит мање заступљени. Појављује се још и мала количина смектита који вероватно представља продукт трансформације вермикулита (сл. 4).

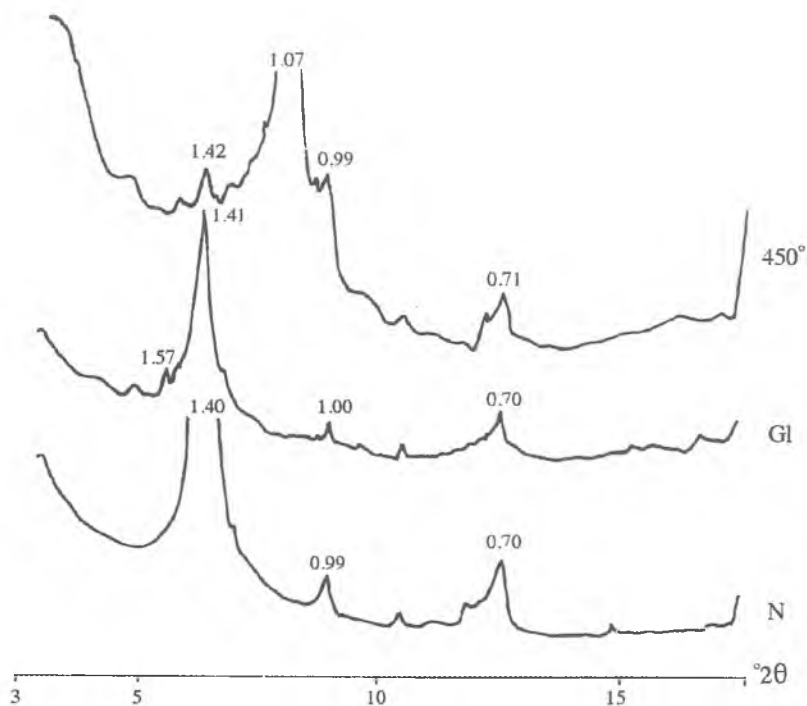
### Профил Мршића гроба

Кора распадања констатована је на монцограниту Мршића гроба на надморској висини од 370 m. Профил је откривен на дужини око 50 m и има висину од 4 m. Према степену распадања издвојено је седам зона (сл. 2, 2).

Прва зона је свеж монцогранит (дебљије преко 3 m), светлосиве боје, масивног изгледа, средњозрнасте структуре, а изграђен је од кварца, плагиокласа, калијског фелдспата (ортоклаза и микроклина), мусковита и биотита. Споредни састојци су апатит и магнетит, а као секундарни минерали јављају се епидот и серицит (серицитисани фелдспати).

Другу зону представља промењени монцогранит (дебљије око 0.5 m), сиво–жуће боје, дезинтегрисан у комаде различите величине, најчешће 3 x 5 cm. Минер-

рални састав је исти као код свежег монцогранита, а једино се биотит јавља у лискама смеђе боје која указује на извесне површинске промене.



Сл. 4. Дифрактограм глиновите фракције земљишта (0–15 cm) на монцограниту Липове воде.  
Ознаке исте као на сл. 3.

Fig. 4. Diffractogram of soil clay fraction (0–15 cm) over monzogranite at Lipova Voda.  
Symbols same as in Fig. 3.

Зеленкасто–мркожути грусифицирани монцогранит, дезинтегрисан у комаде величине најчешће 0.5 x 1.5 cm, представља трећу зону. Минерални састав је сличан, а степен алтерације је већи.

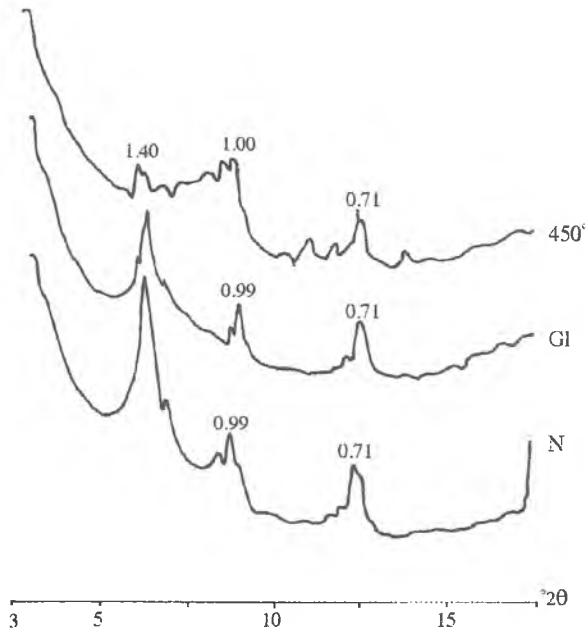
Четврта зона је мрко–жути грусифицирани монцогранит (дебљине 1.5–2 m) у чији састав улазе кварц, интензивно промењени фелдспати, биотит и нагомилања Fe–минерала.

Пету и шесту зону представља растресита маса грусифицираног монцогранита (дебљине до 0.5 m) која је изграђена од кварца и потпуно алтерисаних осталих минерала.

Седма зона је земљиште дебелине 70 cm са развијеним А и АС хоризонтима, а припада типу смеђе киселог земљишта. Земљиште на контакту са распаднутим монцогранитом (АС<sub>2</sub>) има дебелину од 20 cm, смеђе је боје и садржи скелет од кварца, фелдспата и мање количине фрагментијатне стене. Изнад се налази земљиште

(AC<sub>1</sub>) жуто-смеђе боје, дебљине 35 cm, са мање заступљеним скелетом. Земљиште у површинском делу профила има дебљину од 15 cm (A-хоризонт) и светлосмеђе је боје. Скелета има мало и представљен је зрнима кварца.

Минерални састав земљишта је следећи: кварц, фелдспати, вермикулит, хлорит, каолинит и илит. Глиновита фракција земљишта са дубине 50–70 cm садржи вермикулит, хлорит, илит и каолинит. У земљишту са дубине 15–50 cm састав глиновите фракције је сличан: вермикулит је највише заступљен, повећано је учешће каолинита, а илит показује нешто већи степен кристалинитета. У површинском делу земљишног профила (дубина 0–15 cm) вермикулит и даље преовлађује, али се на основу изгледа рефлексије на око 1.4 nm може закључити да је вермикулит делимично промењен у слабо искристалисале фазе (широке рефлексије у подручју 1.4 – 1.0 nm) које се не могу идентификовати без додатних третмана и одговарајућих метода (сл. 5).



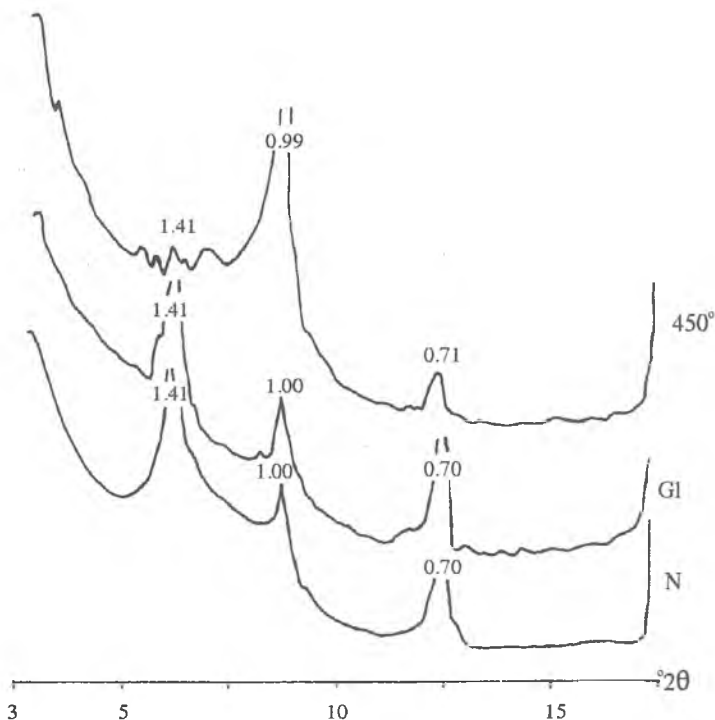
Сл. 5. Дифрактограм глиновите фракције земљишта (0–15 cm) на монцограниту Мршића гроба. Ознаке исте као на сл. 3.

Fig. 5. Diffractogram of soil clay fraction (0–15 cm) over monzogranite at Mršića Grob. Symbols same as in Fig. 3.

### Профил Вратачки венац (Стражаница)

Профил коре распадања гранодиорита Вратачког венца налази се на надморској висини од 260 m. Откривен је на дужини око 40 m и има висину од 5 m. На профилу се може разликовати седам зона (сл. 2/3).

Прва зона је свеж гранодиорит (откривене дебљине око 0.8 m), светлосиве боје, масивне текстуре, средњозрнасте структуре и изграђен од следећих битних минерала: андезина (31% ан), кварца, ортокласа ( $-2V = 80-84^\circ$ ) и биотита. Споредни минерали су циркон, апатит и магнетит, а секундарни – енидот, хлорит, серицит и минерали глина.



Сл. 6. Дифрактограм глиновите фракције земљишта (0–30 cm) на гранодиориту Стражанице (Вратачки венац). Ознаке као на сл. 3.

Fig. 6. Diffractogram of soil clay fraction (0–30 cm) over granodiorite at Stražanica (Vratački Venac). Symbols same as in Fig. 3.

Друга зона је бели распаднути гранодиорит (дебљине око 1 m), трошан, што указује на интензивне процесе физичког и хемијског распадања којима је био изложен. Састав је у основи исти, као у првој зони, а разлике се огледају у заступљености секундарних минерала. Фелдспати су интензивније серицитисани, а степи глиновите алтерације је такође већи. Биотит је више хлоритисан и оксидисан уз веће издвајање магнетита.

Трећа зона је бели грусифицирани гранодиорит (дебљине око 1.3 m) у коме су фелдспати потпуно алтерисани, а хлоритизација биотита је интензивнија него у претходној зони.



Четврта зона је мркоцрвени хоризонт (дебљине око 0.1 m) представљен потпуно дезинтегрисаним гранодиоритом у чији састав улазе интензивно промењени фелдспати, биотит, кварц и Fe-минерали.

Пета зона је мркожути грусифицирани гранодиорит (дебљине 0.6–1.0 m), чија боја указује на интензивније распадање.

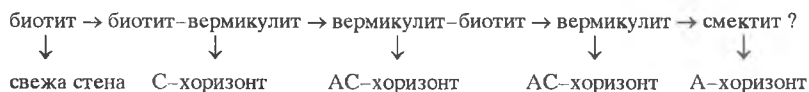
Шеста зона је потпуно распаднути гранодиорит (дебљине око 0.3 m) на контакту са земљиштем који представља зрнасту растреситу масу изграђену од кварца и потпуно алтерисаних фелдспата и биотита.

Седма зона је земљиште, настало површинским распадањем гранодиорита, дебљине 90 cm. Оно припада типу смеђе киселог земљишта и има развијене А и АС хоризонте. Најближе земљиште (АС<sub>2</sub>), дебљине 30 cm, жуто-смеђе је боје и одликује се присуством знатне количине скелета који се састоји углавном од појединачних зрна кварца и фелдспата и мање количине фрагмената стена (димензија 0.4 x 0.6 до 1 x 1 cm). Горњи део АС-хоризонта (дебљине око 30 cm) светлије је боје и садржи мање скелета (величине 0.3 x 0.4 до 0.5 x 1 cm). Земљиште у највишем делу профила (А хоризонт) дебљине је око 30 cm и има светлу жуто-смеђу боју. Скелета има веома мало, а представљен је зрнима кварца чије димензије не прелазе 0.2 x 0.4 cm. Земљиште А и АС<sub>1</sub> хоризонта одговара прашкастој иловачи, а земљиште АС<sub>2</sub> хоризонта – иловачи.

Земљиште на контакту са распаднутим граиодиоритом има следећи минерални састав: кварц, фелдспати, каолинит, илит, хлорит и интерстратификовани вермикулит-биотит. У земљишту са дубине 30–60 cm састав је сличан: кварц доминира над фелдспатима, хлорит, вермикулит, илит и каолинит. У површинском делу земљишта (дубина 0–30 cm) састав је сличан, а вермикулит преовлађује у односу на илит и каолинит (сл. 6).

## ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК

Проучавани гранитоиди Цера показују сличан минерални састав: кварц, фелдспати (ортоклаз и плагиокласи) и биотит, монцогранит Лишове воде садржи још и хорнбленду, а монцогранит Мршића гроба уместо хорнбленде мусковит. Такав минерални састав степске подлоге условио је стварање сличних секундарних продуката у кори распадања и земљишту. При површинском распадању фелдспата настали су илит и каолинит, док је део илита такође настао и распадањем мусковита. У најнижим деловима земљишних профила заступљени су хлорит који је наслеђен из матичног материјала, а у вишим деловима профила хлорит је продукт распадања хорнбленде и вероватно делом биотита. Секвенца површинског распадања биотита може се представити на следећи начин:



Сличну секвенцу распадања биотита из биотитско-амфиболског гранита описао је Wilson (1970).

Проучавана три профила површинског распадања гранитоида Цера показала су да су литолошки и климатски фактор од највеће важности за врсту повонасталих продуката. Иако се профили налазе на различитим надморским висинама, а степе су сличне геолошке старости, сличан минерални састав глиновитих фракција земљишта може се објаснити сличним минералним саставом гранитоида који су се распадали у сличним климатским условима.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	339-354	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	---------	---

UDC 549:551.311.22:552.321.3(497.11-16)

Original scientific paper

## MINERALOGY OF WEATHERING OF GRANITOID ROCKS OF MOUNT CER

by

Vidojko Jović\* , Vesna Matović\* and Stevan Djurić\*

This work is presenting results of a detail mineralogical study of weathering granitoid rocks and the overlying soils of Mount Cer. Three sections through the weathering crust were examined: monzogranite at Lipova Voda and Mršića Grob and granodiorite at Vratački Venac (Stražanica). Mineral compositions of clay fractions (vermiculite, chlorite, illite and kaolinite) are very similar in the studied soils and can be explained by the similar compositions of parent rocks and similar climatic conditions of weathering. Sequences of principal rock mineral weathering are discussed.

**Key words:** Mineralogy, weathering, monzogranite, granodiorite, vermiculite, chlorite, illite, kaolinite, Mount Cer.

### INTRODUCTION

Mount Cer is one in the Tertiary granitoid massifs on the southern margin of the Pannonian Basin, which begins with Bukulja in the east and extends to Cer and farther westward (Motajica, Prosara, Moslavačka Gora). Cer massif is composed of two separate bodies: larger, Cer pluton, has the form of an irregular lens, elongated in E-W direction and about 60 km<sup>2</sup> in surface area; and smaller, Stražanica granodiorite, a NNW-SSE elongated lens over an area of about 7 km<sup>2</sup> (Fig. 1).

Most of earlier investigations in Cer granitoids were concerned with mineralogical and petrographic aspects (Knežević, 1959/60; Markov & Mihailović-Vlajić, 1969; Divljan et al., 1978), distribution of U, Th, and K in Cer granitoids (Omaljev, 1981), and establishing the age of Cer massif (Karamata et al., 1991). Knežević et al. (1992) inferred that Cer pluton got consolidated at greater depths before 30 million years, and that the parent magma originated from melts in the upper mantle and the crustal contaminated material.

---

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

Granitic rock weathering has been much studied over the world (Collier, 1961; Harriss & Adams, 1966; Rice, 1973; Tardy et al., 1973; Murray, 1978; Chesworth, 1979; Meunier & Velde, 1979; Law et al., 1991; Aoudjit et al., 1991). In this country, granite weathering was studied only by Nikolić (1961, 1978) on some granitoid massifs of Serbia (Cer, Bukulja, Besna Kobila, Neresnica, Rudna Glava, Tanda). The weathering crust on Cer was studied in a section, where its thickness is about 250 cm, composed of kaolinite, illite and halloysite.

Jović et al. (1993) published the initial results of the mineralogical study of soils over the Cer granitic rocks.

## SAMPLES AND METHODS

Our study of granitic rock weathering is based on samples of fresh and variously weathered rocks and the soil products. Soil samples (mass 2–3 kg) were dried in air to remove roots, and then about 0.5 kg was separated for analysis by wet sieving (2000–250  $\mu\text{m}$ , 250–100  $\mu\text{m}$ , 100–50  $\mu\text{m}$ ) and decantation (50–20  $\mu\text{m}$ , 20–2  $\mu\text{m}$ , <2  $\mu\text{m}$ ). Mineral compositions of fresh and slightly altered rocks were optically determined, and those of much weathered rocks and soils by X-ray diffraction. For X-ray powder patterns, a Philips PW 1710 (copper anticathode) diffractometer was used. Clay minerals were identified by the method of oriented samples, subsequently treated with glycerol and heated at 450°C.

## RESULTS

### Lipova Voda Section

The section through weathering monzogranite at Lipova Voda is located at the altitude of 650 m. The exposure has some 25 m in length and about 10 m in depth (Fig. 2.1). Relative to the degree of weathering, four zones have been divided:

The lowest zone (3 m thick) is fresh, gray monzogranite, massive and medium-grained. It consists of essential minerals: quartz, orthoclase ( $-2V = 64^\circ\text{--}70^\circ$ ), andesine (43–48% an), biotite, and hornblende, secondary chlorite and leucoxene, and accessory apatite, zircon, sphene and orthite. Orthoclase is fresh with sporadic slight sericitisation. Plagioclase is unaltered, and biotite and hornblende are chloritised on rims.

Second lowest zone is gray–yellow weathered monzogranite about 5 m thick. The rock is friable, disintegrated into fragments of 3 × 5 cm. X-ray diffraction detected chlorite, kaolinite and interstratified biotite–vermiculite, in addition to quartz, feldspar and amphibole.

Third zone is yellow monzogranite gress (common fragment size 1 × 3 cm), similar in composition with the preceding zone. The only differences are the occurrence of illite and increased vermiculite in the interstratified biotite–vermiculite.

Fourth zone is the soil produced by monzogranite weathering, 70 cm thick. It is soil of brown acidic type developed in A, AC and C horizons. The lower, AC horizon is 55 cm thick and contains yellow–brown skeleton (fragment size  $0.5 \times 1.5$  cm), represented by quartz and feldspar grains and rock fragments. Surface soil (A horizon, 0–15 cm) is less skeletal (size  $0.7 \times 1$  cm). This soil can be classified on grain size as coarse–sandy (0–15 cm) loam, or loam (15–70 cm).

Mineral composition of soil at contact with the weathered monzogranite was studied using X–ray diffraction. Mineral content in the coarsest fraction includes: quartz, feldspar, amphibole, illite, chlorite, and vermiculite–biotite. Prevailing in fraction 20–50  $\mu\text{m}$  is quartz, the component most resistant to disintegration, over feldspar, relict amphibole, illite, chlorite, vermiculite, and kaolinite. Fine dust fraction (20–2  $\mu\text{m}$ ) consists of high quartz and low feldspar. Clay minerals are higher: vermiculite, chlorite, illite and kaolinite. Soil clay fraction (<2  $\mu\text{m}$ ) was well studied by standard technique. Prevailing among clay minerals is vermiculite (refraction at 1.4 nm which shifted to 1.08 nm after heating) over kaolinite, illite and particularly chlorite (Fig. 3).

To the depth of 15 cm, sand and silt fractions are similar in mineral compositions. Quartz and feldspars are prevailing over amphibole which is higher in deep part of the soil section. Only vermiculite is significant in the sand fraction. The soil clay fraction contains the highest vermiculite and lower chlorite, kaolinite and illite. A small amount of smectite is likely product of vermiculite transformation (Fig. 4).

### Mršića Grob Section

Weathering crust on monzogranite was recognized at Mršića Grob, altitude 370 m. The exposure is about 50 m long and 4 m deep. It is divided on weathering degree into seven zones (Fig. 2.2).

First zone is fresh monzogranite (over 3 m thick) light gray in colour, massive, medium–grained, composed of quartz, plagioclase, alkali feldspar (orthoclase, microcline), muscovite and biotite. Accessory constituents are apatite and magnetite, and secondary minerals are epidote and sericite (sericitised feldspars).

Second zone is formed by altered monzogranite (about 0.5 m thick). gray–green in colour, disintegrated into varisized, mostly  $3 \times 5$  cm, fragments. The mineral composition is similar with that of fresh monzogranite, only this includes brown biotite flakes which indicate some surfical change.

Greenish brown–yellow monzogranite *gruss*, disintegrated into fragments of  $0.5 \times 1.5$  cm, forms the third zone. The mineral composition is similar with the former two, and alteration is more advanced.

Fourth zone is brown–yellow monzogranite *gruss* (1.5–2 m thick) containing quartz, much altered feldspars, biotite and Fe–mineral segregations.

Fifth and sixth zones are loose monzogranite *gruss* (to 0.5 m thick) composed of quartz and completely altered other minerals.

Seventh zone, 70 m thick, is brown acidic soil with developed A and AC horizons. At the contact with weathered monzogranite (AC<sub>2</sub>), the soil is 20 cm thick, brown in colour and contains skeleton quartz, feldspar and some rock fragments. This horizon is overlain with 35 cm of yellow–brown, less skeletal, soil AC<sub>1</sub>). At the surface, 15 cm of soil (A horizon) are light brown in colour. Skeleton is low, represented by quartz grains.

The mineral composition of soil is the following: quartz, feldspars, vermiculite, chlorite, kaolinite and illite. Clay fraction at depths from 50 cm to 70 cm contains vermiculite, chlorite, illite and kaolinite. Between 15 cm and 50 cm, the clay composition is similar: vermiculite is the highest, kaolinite increased, and illite is somewhat higher rate of crystallinity. At the surface (0–15 cm), vermiculite is again prevailing, but reflection at about 1.4 nm indicates partly altered vermiculite into slightly crystallised phases (broad reflection within 1.4–1.0 nm) which can not be identified without additional treatment and respective methods (Fig. 5).

### Vratački Venac Section (Stražanica)

An exposed section of granodiorite weathering rocks is located at Vratački Venac at the altitude of 260 m, about 40 m long and 5 m deep. Seven zones are distinguished in the section (Fig. 2.3).

First zone is fresh granodiorite (exposed thickness 0.8 m), light gray in colour, massive in structure, and composed of essential minerals: andesine (31% an), quartz, orthoclase ( $-2V = 80^\circ - 84^\circ$ ) and biotite, accessory zircon, apatite and magnetite, and secondary epidote, chlorite, sericite and clay minerals.

Second zone is white disintegrated (about 1 m thick) granodiorite, friable, indicating advanced processes of disintegration and decomposition affecting the rock. The composition is basically the same as in the first zone, the only difference being in secondary minerals. Feldspars are more sericitised, and clay alteration is higher. Biotite is more chloritised and oxidised, and magnetite is higher.

Third zone is white granodiorite gruss (about 1.3 m thick) in which feldspars are completely altered, and biotite chloritisation higher than in the preceding zone.

Fourth zone is a dark red horizon (about 0.1 m thick) represented by completely weathered granodiorite which includes heavily altered feldspars, biotite, quartz, and Fe–minerals.

Fifth zone is dark yellow granodiorite gruss (0.6 to 1.0 m thick), whose colour indicates a high degree of weathering.

Sixth zone is completely weathered granodiorite (about 0.3 m thick) at contact with the soil of loose granular mass composed of quartz and completely altered feldspars and biotite.

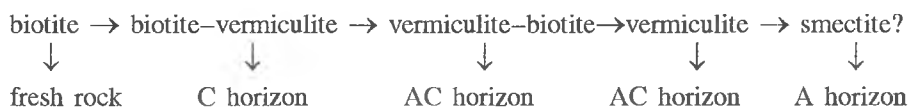
Seventh zone is soil, the product of granodiorite weathering, 90 cm thick. This soil is classified as brown acidic soil with developed A and AC horizons. Lowest horizon (AC<sub>2</sub>), 30 cm thick, is yellow–brown in colour, characterized by the presence of abundant

skeleton which consists dominantly of single quartz and feldspar grains and rock fragments (sizes  $0.4 \times 0.6$  to  $1 \times 1$  cm). The upper part of AC horizon (about 30 cm thick) is lighter in colour and less skeletal (sizes  $0.3 \times 0.4$  to  $0.5 \times 1$  cm). At the top of the section (A horizon), the soil is about 30 cm thick and light yellow-brown in colour. Skeleton content is very low, represented by quartz grains of no more than  $0.2 \times 0.4$  cm. Soils of A and AC horizons correspond to dusty loam, and that of AC<sub>2</sub> to loam.

At contact with weathered granodiorite, the mineral content of soil is the following: quartz, feldspars, kaolinite, illite, chlorite, and interstratified vermiculite-biotite. At depths from 40 cm to 60 cm the composition is similar: quartz is dominant over feldspars, chlorite, vermiculite, illite and kaolinite. At the surface (depth 0-30 cm), the composition is similar, only vermiculite prevails over illite and kaolinite (Fig. 6).

### DISCUSSION AND CONCLUSION

The studied granitoid rocks of Cer are similar in mineral composition: quartz, feldspars (orthoclase and plagioclase) and biotite; monzogranite of Lipova Voda also contains hornblende, and monzogranite of Mršića Grob contains muscovite instead of hornblende. This mineral composition of rocks gave similar secondary products in the weathering crust and soil. Weathering of feldspars has produced illite and kaolinite; illite has partly derived from muscovite. Lowermost in soil sections, chlorite is still contained from the parent material, and upward, chlorite is an alteration product of hornblende and partly probably of biotite as well. The sequence of biotite weathering can be represented as follows:



A similar sequence of biotite weathering from biotite-amphibole granite is described by Wilson (1970).

The three studied sections through the weathering granitoid rocks of Cer have shown that lithologic and climatic factors are most responsible for the new products. Although at different altitudes, and in rocks of similar geologic ages, the similar compositions of clay soil fraction can be explained by the similar mineral compositions of granitoid rocks which weathered under similar climatic conditions.

### ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Aoudjit H., Robert M., Elsass F. & Righi D., 1991: Clay formation in granitic arena.— Proc. 7th Euroclay Conf., Dresden '91, 43-46, Greifswald.
- Chesworth W., 1979: The major element geochemistry and the mineralogical evolution of granitic rocks during weathering. In: L. H. Ahrens (ed.), Origin and Distribution of the Elements, Vol. II, 305-313, Pergamon Press, Oxford.

- Collier D., 1961: Mise au point sur les processus de l'alteration des granites en pays tempéré.– *Annales agron.*, 12 (3), 273–321.
- Divljan S., Mihailović–Vlajić N. i Cvetić S., 1978: Prikaz novijih shvatanja o genezi granitoidnih stena Cera (Zapadna Srbija).– IX kongres geologa Jugoslavije, 314–321, Sarajevo.
- Harriss R. C. & Adams J. A. S., 1966: Geochemical and mineralogical studies on the weathering of granitic rocks.– *Amer. J. Sci.*, 264, 146–173.
- Jović V., Djurić S., Milić V. i Matović N., 1993: Mineralogija zemljišta na granitoidima Cera.– Simpozijum Jugoslovenske mineraloške asocijacije 13–14. X 1993, Izvodi referata, str. 16, Kraljevo.
- Karamata S., Steiger R. H., Knežević V. & Boronikhin V. A., 1991: Granitic rocks of Cer (Serbia). Almost contemporaneous I- and S-granites.– *Intern. Symp. Granites and Geodynamics, Extended Abstracts Volume, Moscow*.
- Knežević V., 1959/60: Postanak i petrohemijski karakter magmatskih i kontaktno–metamorfnih stena Cera.– *Zbornik radova RGF*, 7, 191–201, Beograd.
- Knežević V., Karamata S. i Cvetković V., 1992: Petrološka studija tercijarnih magmatskih stena planine Cer u Zapadnoj Srbiji.– *Fond str. dokum., Rudarsko–geološki fakultet*, 81 str., Beograd.
- Law K. R., Nesbitt H. W. & Longstaffe F. J., 1991: Weathering of granitic tills and the genesis of a podzol. – *Amer. J. Sci.*, 291, 940–976.
- Markov C. i Mihailović–Vlajić N., 1969: Opšta zapažanja o akcesornim mineralima granitoidnih masiva Jugoslavije.– *Radovi Geoinstituta*, 6, 249–277, Beograd.
- Meunier A. & Velde B., 1979: Weathering mineral facies in altered granites: The importance of local small–scale equilibria.– *Miner. Mag.* 43: 261–268.
- Murray H. H., 1978: Alteration of a granite to kaolin – mineralogy and geochemistry.– *Schriftenr. geol. Wiss.* – Berlin, 11, 197–208.
- Nikolić L., 1961: Mineralni sastav nekih zemljišta na gabru i granitu u planinskim oblastima Srbije.– *Zbornik radova Poljoprivrednog fakulteta*, god. IX, 1–12, Beograd.
- Nikolić L., 1978: Kora raspadanja granitoida Srbije. – *Doktorska disertacija*, Poljoprivredni fakultet, 199 str., Beograd.
- Omaljev V., 1981: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u granitoidnom masivu Cera.– *Radovi Geoinstituta*, 15, 47–70, Beograd.
- Rice C. M., 1973: Chemical weathering on the Carnmenellis granite.– *Miner. Mag.*, 39, 429–447.
- Tardy Y., Bocquier G., Paquet H. & Millot G., 1973: Formation of clay from granite and its distribution in relation to climate and topography.– *Geoderma*, 10, 271–284.
- Wilson M. J., 1970: A study of weathering in soil derived from biotite–hornblende rock. I. The weathering of biotite.– *Clay Miner.*, 8,; 291–303.