

ЗОРАН МАКСИМОВИЋ*

*МИКРОЕЛЕМЕНТИ У ЈУРСКИМ БОКСИТИМА ЦРНЕ ГОРЕ
И ЊИХОВ ГЕНЕТСКИ ЗНАЧАЈ*

TRACE ELEMENTS IN THE JURASSIC BAUXITES OF MONTENEGRO
AND THEIR GENETIC SIGNIFICANCE

Извод

Садржаји и примарна дистрибуција микроелемената у јурским црвеним бокситима показују квалитативну разлику између лежишта у западној Црној Гори са средњојурском подином (Миловићи, Бајов До, Црвена Кита) и оних у Никшићкој Жупи, на горњотријаској подини (Штитово, Заград, Каменица). Ове разлике потичу од унеколико различитог састава матичних стена и од услова који су пратили стварање ове две групе јурских лежишта у Црној Гори.

Abstract

The contents and the primary distribution patterns of trace elements in the Jurassic red bauxites exhibit a qualitative difference between deposits in the western Montenegro (Milovići, Bajov Do, Crvena Kita), which rest on the Middle Jurassic limestone, and those in the Nikšićka Župa, which have an Upper Triassic footwall (Štitovo, Zgrad, Kamenica). These differences originate from different composition of the source rocks, and conditions of formation of these two groups of Jurassic deposits in Montenegro.

* Академик Зоран Максимовић
Српска академија наука и уметности
Кнез Михаила 35
Београд

УВОД

Прогресивно обогаћење Ni, Co, Cu, Y, La-Lu, Be, Mo, Zn, Mn, Pb, према подини откривено је у многим лежиштима карстних боксита у Грчкој, Југославији и јужној Француској (Combes, 1969; Максимовић и Papastamatiou, 1973; Caillère и др., 1976; Максимовић, 1976. ab; Максимовић и Roaldset, 1976; Максимовић и De — Weisse, 1979). Идентичан облик дистрибуције микроелемената јавља се у миоценско-плиоценским бокситима Јамајке, који нису покривени и вероватно су још у стадијуму формирања (Максимовић, 1978).

На основу геохемијских, геолошких и минералошких података Максимовић (1976a, 1979) показао је да су ови облици дистрибуције микроелемената, које показују готово сви карстни боксити створени *in situ*, у ствари сингенетски и да су се развили у току бокситизације глиновитог материјала акумулираног у карстним депресијама. Обогаћење „мобилних“ микроелемената у најнижим деловима лежишта јавља се услед деловања карбонатне подине, као ефективне рН-баријере, на растворе који су мигрирали надоле у току процеса бокситизације. Истовремено са Si, Mg, Ca, Na и K, „мобилни“ микроелементи су делимично испирани из горњих и централних делова накупљеног материјала, који се трансформисао у боксит у карстној средини. Међутим, супротно понашању Si, Mg, Ca и алкалија, који су у највећој мери изгубљени из матичног глиновитог материјала у току бокситогенезе, већина „мобилних“ микроелемената депонована је из десцендентних вода и концентрисана у базалном делу лежишта, где су раствори постали алкалнији због интеракције са карбонатном подином. Облици у којима су „мобилни“ микроелементи транспортовани у растворима распадања нису довољно познати и вероватно се разликују од елемента до елемента. Хидроксиди, (хидро)карбонати и различити облици органских комплекса највероватније су могућности (Le Long и др., 1976; Максимовић, 1976a).

За различита лежишта и групе лежишта обогаћење „мобилних“ микроелемената »per descensum« јако варира у интензитету и облику, пошто њихова крајња дистрибуција у лежишту зависи од многих фактора, као што су хемијски и минерални састав матичног материјала, дебљина лежишта, дужина процеса бокситизације и од климатолошких и хидролошких услова, који утичу на мобилност елемената.

Описана дистрибуција микроелемената откривена је у карстним бокситима независно од њиховог минералног и хемијског састава, старости и структурног положаја. Она није била измењена каснијим дијагенетским и епитгенетским процесима (нпр., деферизацијом) и остала је замрзнута кроз све фазе трансформације, које су се одиграле у бокситима после та-

ложења кровине. Ова сингенетска, примарна дистрибуција микроелемената остаје као неизбрисив печат чак и у бокситима који су претрпели снажан метаморфизам под условима амфиболитске фације, на око 650°C (Feenstra и Максимовић, 1985).

У 1969. години, захваљујући Рудницима боксита — Никшић, прикупили смо узорке из лежишта боксита у западној Црној Гори и у Никшићкој Жупи. У току протеклих година, испитивали смо их различитим геохемијским методама и дошли до података, који са геохемијског становишта, бацају више светлости на услове њихове генезе. То ће, у скраћеној верзији, бити предмет овог рада.

МИКРОЕЛЕМЕНТИ У ЈУРСКИМ БОКСИТИМА

Јурски црвени боксити имају највеће распрострањење у Црној Гори. У рудном рејону Никшићке Жупе налазе се највећа и најквалитетнија лежишта, која леже на горњотријаским кречњацима (Штитово, Заград, Каменица, Биочки Стан и др.). Изграђена су од бемита и хематита, са малом, променљивом количином каолинита (Павловић и Протић, 1964; Бешић и др., 1965; Цицмил, 1981).

У западној Црној Гори лежишта црвених боксита (Миловићи, Бајов До, Црвена Кита) леже на кречњацима средње јуре (Радојичић и Вујисић, 1969). По саставу су, такође, изграђени од бемита и хематита, али са знатнијим варијацијама у садржају силиције (Бешић и др., 1965; Цицмил, 1981).

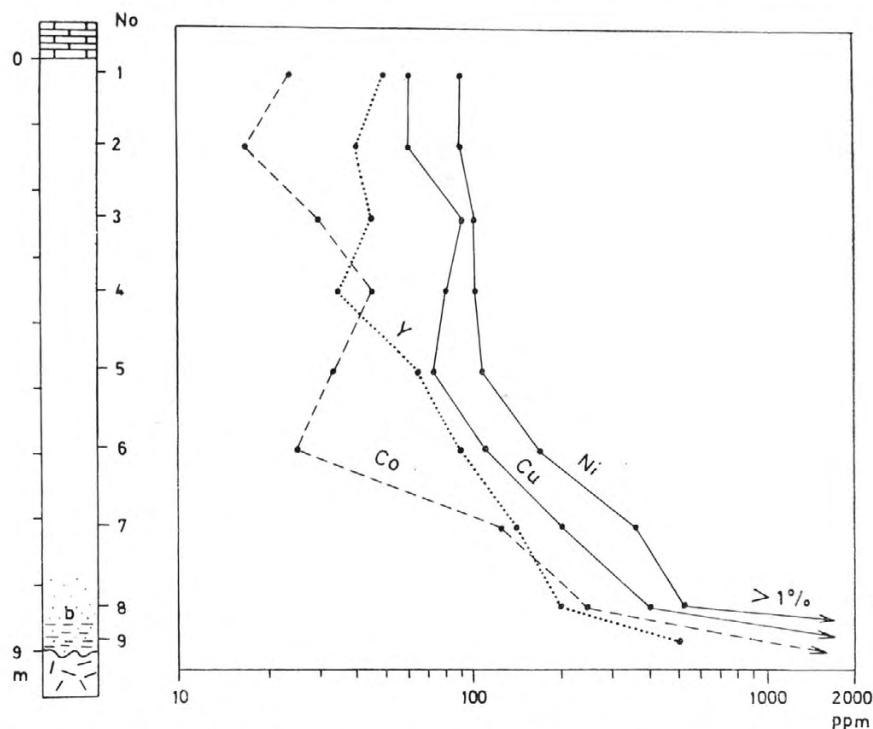
Обе наведене групе црвених боксита имају исту кровину, изграђену од горњојурских кречњака. Према подацима Рајке Радојичић (1982; усмено обавештење, 1985), епизода емерзије при стварању боксита са средњојурском подином у западној Црној Гори трајала је око 10 милиона година, а при стварању лежишта са горњотријаском подином око 35—45 милиона година. Ова разлика у трајању стратиграфске празнине при стварању две групе јурских боксита одразила се на њихов квалитет, а такође и на дистрибуцију микроелемената.

Прве податке о садржају микроелемената у црногорским бокситима налазимо у неколико семиквантитативних спектралних анализа, које наводи Бурџић (1959). Тек 1976. год. појављује се више података о микроелементима у јурским бокситима Црне Горе (Максимовић, 1976б), а такође и први рад о садржају елемената ретких земаља (Максимовић и Roaldset, 1976). Средње садржаје микроелемената за лежишта јурске бокситоносне формације даје Цицмил (1981), а значајне податке о садржају лантанида за средње узроке црвених боксита из неких лежишта јурске старости дају Вуковић и Драговић (1981). Из овога се види да нема много података о микроелементима у јурским бокситима Црне

Горе, иако они изграђују највећа лежишта у нашој земљи. На свом проблему треба, свакако, више радити. Са постојећим и новим аналитичким подацима приказаћемо дистрибуцију микроелемената у јурским бокситима са горњотријаском и средњојурском подином.

ДИСТРИБУЦИЈА МИКРОЕЛЕМЕНАТА У ЈУРСКИМ БОКСИТИМА СА ГОРЊОТРИЈАСКОМ ПОДИНОМ

Први подаци о обогаћењу „мобилних“ микроелемената у току бокситизације у јурским бокситима Црне Горе појавили су се 1976. године (Максимовић, 1976б; Максимовић и Roaldset, 1976). Као карактеристичан пример наведен је профил из лежишта у Штитову. Дистрибуција микроелемената у том лежишту дата је и у раду о понашању никла у карстној средини (Максимовић, 1978). Карактеристична дистрибу



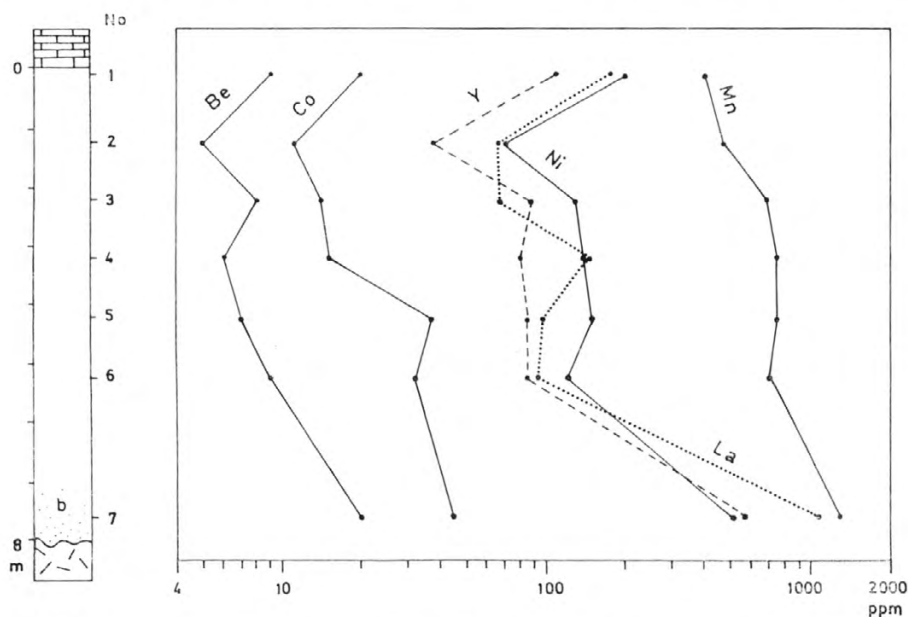
Сл. 1. Варијације у садржају неких микроелемената дуж вертикалног профила у лежишту Штитово 4; бр. 1—8 = бемитски боксит; бр. 9 = црна, мангановита глина (литофорит, каолинит, бемит); б = зона појављивања хидроксил-бастнезита

Fig. 1. Trace element variations along a profile in the Štitovo 4 bauxite deposit; Nos. 1—8 = boehmitic bauxite, № 9 = black, Mn-containing clay (lithiophorite, kaolinite, boehmite); b = zone of occurrence of hydroxyl-bastnaesite

ција „мобилних“ микроелемената у том лежишту приказана је и у овом раду (сл. 1), ради поређења са примарном дистрибуцијом ових елемената у другим лежиштима јурских боксита Црне Горе.

Вертикална расподела „мобилних“ микроелемената у лежишту Штитово, од кровине до подине, показује све особине примарне, сингенетске дистрибуције, створене у току бокситизације, кад је, ефикасним елиминисањем силиције из система, дошло до стварања боксита одличног квалитета. „Мобилни“ микроелементи показују прогресиван пораст садржаја према подини, где су неки од њих значајно концентрисани (Ni, Cu, Co, Y; а такође: Mn, Mo, Pb, Hg и ретке земље). У бокситима, на контакту са подином, местимично је запажено обезбојавање црвених боксита, услед редукције и уклањања гвожђа. Међутим, тај процес није имао никаквог утицаја на примарну, „замрзнуту“ дистрибуцију микроелемената.

Други пример је из лежишта званог Заград, из профила узетог на ободу овог лежишта. Ту су боксити слабијег квалитета, због заступљености сивих, глиновитих боксита са пиритом (Сл. 2). И поред тога, примарна дистрибуција „мобилних“ ми-



Сл. 2. Варијације у садржају микроелемената дуж профила у лежишту Заград; бр. 1, 3, 7 = бемитски боксит са хематитом; бр. 2, 4, 5, 6 = глиновит боксит са пиритом; б = зона појављивања хидроксил-бастнезита

Fig. 2. Trace element variations along a profile in the Zagrad bauxite deposit; Nos. 1, 3, 7 = boehmitic bauxite with hematite; Nos. 2, 4, 5, 6 = clayey bauxite with pyrite; b = zone of occurrence of hydroxyl-bastnaesite

кроелемената показује доста изражен тренд обогаћења према подини, што указује да дијагенетски процес пиритизације није утицао на сингенетски облик расподеле микроелемената. Међутим, чињеница је да је у овом профилу, због мање ефикасног испирања силиције у ободном делу лежишта, коефицијент обогаћења микроелемената према подини слабије изражен него код профила у лежишту званом Штитово.

У целини посматрано, примарно обогаћење „мобилних“ микроелемената према подини у лежиштима црвених боксита са горњотријаском подином доста је добро изражено (таблица 1) и може се поредити са одговарајућим лежиштима квалитетних боксита у свету.

ДИСТРИБУЦИЈА МИКРОЕЛЕМЕНАТА У ЈУРСКИМ БОКСИТИМА СА СРЕДЊОЈУРСКОМ ПОДИНОМ

Као пример примарне дистрибуције микроелемената из ове групе лежишта узет је вертикални профил из лежишта у Миловићима (сл. 3). Сличан облик примарне расподеле микроелемената констатован је у лежиштима званим Бајов До и Црвена Кита. И у тим лежиштима боксити су изграђени од бемита и хематита, али са знатнијим варијацијама у садржају силиције. Може се претпоставити да је знатно краћа епизода

Таблица 1 — Средњи садржаји неких микроелемената у црвеним, јурским бокситима Црне Горе са горњотријаском подином и у истим бокситима у зони контакта са подинским кречњаком (у ppm)

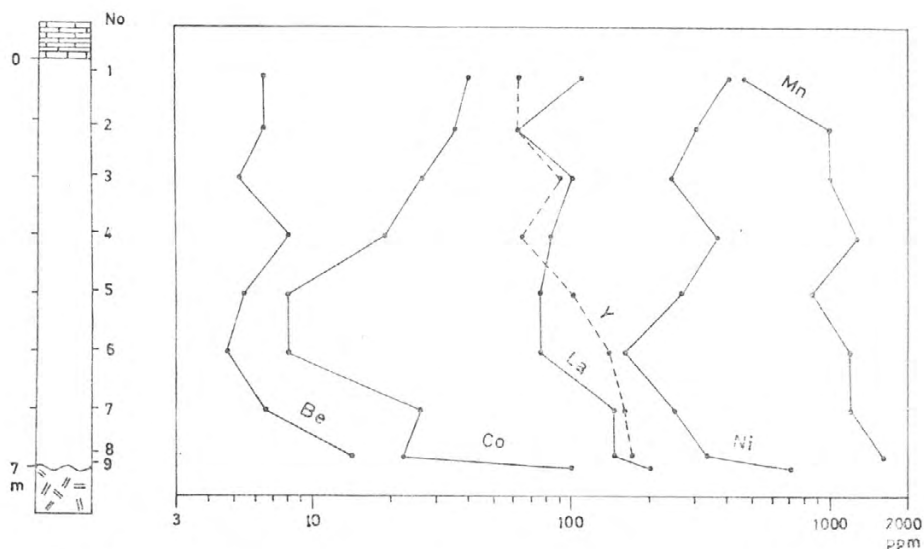
Table 1 — Average contents of some trace elements in red, Jurassic bauxites from Montenegro with Upper Triassic footwall and in the same bauxites in the contact zone with the footwall limestone (in ppm)

	(1) Средњи боксит ¹ Average bauxite ¹	(2) Боксити из зоне контаката ² Bauxites from the contact zone ²	2 : 1
Ni	238	631	2.7
Co	38	91	2.4
Cu	82	103	1.3
Zn	424	1431	3.4
Mn	945	1703	1.8
Y	86	530	6.2
La	132	1044	7.9
Pb	117	207	1.7
n	56	14	

¹ Максимовић (1976б) ² до око 2 м изнад подинског кречњака, из лежишта: Ливеровићи, Заград, Палеж и Штитово

² up to about 2 m above the footwall limestone; deposits included: Liverovići, Zagrad, Palež and Štitovo

емерзије утицала на квалитет боксита, па самим тим и на слабије изражено обогаћење микроелемената према подини. То је евидентно кад се упореде вертикалне дистрибуције микроелемената у лежиштима званим Миловићи (сл. 3) и Штитово (сл. 1). Слични пример познати су и из других лежишта у свету (Максимовић, 1984), на основу чега је закључено да је у лежиштима боксита створених на месту депоновања глиновитог материјала у карстној средини, степен обогаћења „мобилних“ микроелемената према подини управо сразмеран степену бокситизације, тј. уколико су боксити бољег квалитета, утолико је коефицијент обогаћења микроелемената већи. Један од примера те врсте јесу лежишта боксита на Јамајци (Максимовић, 1978).



Сл. 3. Варијације у садржају микроелемената у лежишту Миловићи са средњојурском подином; бр. 1—9 = црвени, бемитски боксит; б = зона врло ретког појављивања бастензита

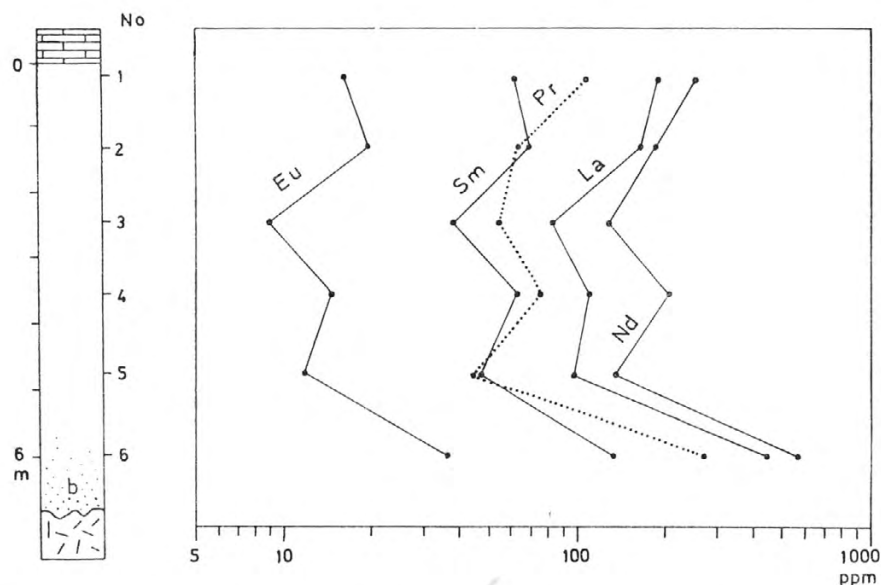
Fig. 3. Trace element variations along a profile in the Milovići bauxite deposit with Middle Jurassic footwall; b = zone of vary rare occurrence of bastnaesite

Дистрибуција елемената ретких земаља и минерали ретких земаља

Јурски боксити Црне Горе имају релативно висок садржај лантана (132 ppm) у односу на друге југословенске боксите (Максимовић, 1976б). Садржај укупних лантанида од 1320 ppm у бокситима Штитова релативно је висок (Максимовић и Roaldset, 1976). Вуковић и Драговић (1981) открили су да композитни узорак боксита из Штитова садржи

више целокупних лантанида од тријаских боксита Црне Горе. Ови подаци указују да су матичне стене и њихови продукти распадања, који су дали јурске црвене боксите, били релативно богати елементима ретких земаља.

Примарна дисперибуција ретких земаља изучена је само у лежишту у Штитову (Максимовић и Roaldset, 1976). Облик расподеле лаких лантанида, дуж вертикалног профила, практично је идентичан, а разлика се јавља само у апсолутним количинама ових елемената (Сл. 4). Обогаћење ових елемената



Сл. 4. Варијације у садржају лаких лантанида дуж профила у лежишту Штитово; бр. 1—6 = црвени, бемитски боксит; б = зона појављивања хидроксил-бастензита

Fig. 4. Variations of lighter lanthanides along a profile in the Štitovo bauxite deposit; Nos. 1—6 = red, boehmitic bauxite; b = zone of hydroxyl-bastnaesite

према подини веома је изражено, а нарочито у зони контакта боксит/подински кречњак, где је коефицијенат обогаћења највећи код лантана и итријума (таблица 1). То је довело до издвајања аутигених минерала из групе бастнезита и то хидроксил-бастензита-(Nd) и хидроксил-бастензита-(La) (Максимовић и Pantó, 1983). Хидроксил-бастензит-(Nd), у коме је неодимијум доминантан лантанид, признат је за нови минерал (Максимовић и Pantó, 1985) и представља први нови минерал откривен у Црној Гори. Хидроксил-бастензити јављају се у облику ретких, ситних, беличастих пега, обично 0,1—0,2 мм у пречнику, а запажени су само у лежиштима са горњотријаском подином. Откривени су у исцрпљеним деловима ле-

Таблица 2 — Анализе хидроксил-бастензита- (Nd) и бастензита помоћу електронске микросонде из јурских боксита Црне Горе.
 Table 2 — Electron probe analyses of hydroxyl-bastnaesite- (Nd) and bastnaesite from Jurassic bauxites of Montenegro.

	Хидроксил-бастензит (лежиште Заград)	Бастнезит (лежиште Миловићи)
Y ₂ O ₃	0.2	3.1
La ₂ O ₃	27.1	16.8
Ce ₂ O ₃	0.3	38.9
Pr ₂ O ₃	8.5	2.5
Nd ₂ O ₃	31.5	7.3
Sm ₂ O ₃	4.4	2.8
Eu ₂ O ₃	1.3	0.5
Gd ₂ O ₃	1.4	2.1
Dy ₂ O ₃	—	0.5
Tm ₂ O ₃	—	0.4
CaO	0.3	0.3
F	3.3	8.1
H ₂ O	2.26	—
CO ₂	20.63	20.1 ³
—O=F ₂	101.19	103.4
	1.39	3.4
	99.80	100.0
Јона на бази 4 (O, F, OH)	— Number of ions on the basis of 4 (O, F, OH)	
Y	—	0.06
La	0.36	0.22
Ce	—	0.52
Pr	0.11	0.03
Nd	0.41	0.10
Sm	0.06	0.03
Eu	0.02	—
Gd	0.02	0.02
Ca	0.01	0.01
F	0.38	0.94
OH	0.55	—
C	1.03	1.01

³ Израчунато из разлике до 100%.

Calculated from the difference to the sum of 100%.

жишта при подини и то у лежиштима Ливеровићи, Заград, Коминиште, Палез, Штитово и Биочки Стан. Заједничка особина ових минерала јесте недостатак флуора, који је у структури компензован хидроксилним групама (таблица 2).

Према подацима Вукотића и Драговића (1981), боксити Штитова богатији су и лантанидима од јурских боксита на средњојурској подини (Бајов До, Драгаљ, Велимље). У погледу вертикалне дистрибуције ретких земаља постоји само податак за лантан и итријум у Миловићима (сл. 3), из кога се види да је у том лежишту степен обогаћења ових елемената мање изражен него у Штитову.

ГЕНЕТСКИ ЗНАЧАЈ МИКРОЕЛЕМЕНАТА

Први квантитативни подаци о садржају микроелемената у јурским бокситима Црне Горе (Максимовић, 1976б) открили су значајне разлике у садржају микроелемената између лежишта у западној Црној Гори, са средњојурском подином, и оних у Никшићкој Жупи, са горњотријаском подином. Лежишта боксита у западној Црној Гори (Миловићи, Бајов До, Црвена Кита) показали су знатно већи садржај никла, кобалта, цинка, мангана и цирконијума од лежишта Никшићке Жупе (Штитово, Заград, Каменица). Између ове две групе јурских лежишта Вуковић и Драговић (1981) открили су и разлике у садржају лантанида. Чињеница да се у лежиштима са горњотријаском подином јављају хидроксил-бастнезити неодијума и лантана, указује несумњиво да су ови аутигени минерали настали из раствора са ниским садржајем флуора, односно да су матичне стене биле релативно сиромашне у овом елементу.

У лежишту Миловићи и Бајов До, са средњојурском подином, откривене су помоћу електронске микросонде ретке појаве бастнезита, са димензијама зрна испод 50 μm . Анализа помоћу електронске микросонде показала је да се у овом случају ради о правом бастнезиту (флуорокарбонату ретких земаља), са церијумом као доминантним лантанидом и са довољно флуора у емпиријској формули (таблица 2). Овај податак показује да је при стварању лежишта у западној Црној Гори било довољно флуора у растворима распадања за настанак бастнезита засићеног овим елементом.

Наведени подаци о различитом садржају микроелемената и различитом саставу аутигених минерала ретких земаља указују на хетерогеност материјала, који је дао јурске боксите у западној Црној Гори и Никшићкој Жупи. Постојећим подацима није могуће указати на различите изворне материјале и то је задатак детаљнијих геохемијских, минералошких и седиментолошких истраживања.

Мада расположиви подаци нису довољни да се добије поуздана слика о разликама у примарној дистрибуцији микроелемената и интензитету њиховог обогаћења према подини, у јурским бокситима са горњотријаском и средњојурском подином, они ипак указују на квалитативну разлику између ове две групе јурских боксита. Нови подаци су неопходни у даљем проучавању овог проблема, значајног за схватање услова генезе ових лежишта.

Постојећи подаци за јурска лежишта боксита, са јасно израженим обогаћењем „мобилних“ микроелемената према подини, указују да се процес бокситизације одиграо на месту садашњег залегања боксита. Другим речима, (а) то нису преталожени боксити, од неких старијих лежишта, јер би у том случају недостајала примарна дистрибуција микроелемената

са обogaћењем према подини; и (б) не ради се о спирању већ изграђених боксита са оближњих кора распадања у карстне депресије, јер би и у том случају изостала сингенетска дистрибуција микроелемената. Према геохемијским подацима, материјал спирањем у карстне депресије био је претежно глиновитог састава, тако да се процес бокситизације одиграо под условима карстне средине, уз стварање примарне, сингенетске дистрибуције микроелемената. Тамо где су услови за бокситизацију били мање повољни, услед слабије дренаже, створени су боксити слабијег квалитета, са већом количином каолинита. У том случају, примарна, сингенетска дистрибуција микроелемената карактерише се слабије израженим обogaћењем „мобилних“ микроелемената према подинском кречњаку.

ЗАКЉУЧАК

Садржај и дистрибуција микроелемената у јурским црвеним бокситима западне Црне Горе и Никшићке Жупе указују на квалитативне разлике између те две групе лежишта са подином различите старости, која су стварана у току краћег или дужег трајања епизоде емерзије.

Лежишта боксита из Никшићке Жупе, на горњотријаској подини, одликују се већим садржајем ретких земаља, а имају знатно мање Ni, Co, Zn, Mn и Zr лежишта из западне Црне Горе, која леже на средњојурској подини. Поред тога, у лежиштима боксита из Никшићке Жупе јављају се аутигени минерали ретких земаља — хидроксил баствезити, који су настали из раствора дефицитарних у флуору, што није био случај са баствезитима из јурских боксита западне Црне Горе. Све ове разлике указују на различит састав матичног материјала који је дао ове две групе јурских боксита Црне Горе.

Примарна, сингенетска дистрибуција микроелемената указује на процес бокситизације, који се одиграо на месту садашњег залегања боксита. Већи степен обogaћења „мобилних“ микроелемената у лежиштима у Никшићкој Жупи у сагласности је са ефикаснијим испирањем силиције у току бокситогенезе и стварањем већих и квалитетнијих лежишта.

ЛИТЕРАТУРА

- Бешић, З., Вуковић, В., Цицовић, Б. (1965): Боксити Црне Горе. Рудници боксита—Никшић, стр. 1—165, Никшић.
- Бурић, П. (1959): Геологија лежишта боксита Црне Горе. Докторска дисертација, Природно-математички факултет, Београд.
- Caillère, S., Maksimović, Z., Pobeguín, T. (1976): Les éléments en traces dans quelques bauxites karstiques de l'Ariège et du Var. Travaux ICSOBA 13, 233—252.

- Цицмил, С. (1981): Металогенија мезозојских лежишта црвених боксита југозападне Црне Горе. Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- Combes, P. J. (1969): Recherches sur la genèse des bauxites dans le Nord-Est de l'Espagne, le Languedoc et l'Ariège (France). Thèse Université Montpellier, Mém. CERGH III—IV, 342 p.
- Feenstra, A., Maksimović, Z. (1985): Geochemistry of diaspore and corundum-bearing metabauxites from Naxos, Greece. Part II: The existence of premetamorphic trace element patterns in amphibolite facies metabauxite lenses and their geochemical top and bottom indicators. — In »Metamorphism of bauxites on Naxos, Greece«, A. Feenstra. — *Geologica Ultraiectina* №. 39, pp. 175—206, Utrecht.
- Le Long, F., Tardy, Y., Grandin, G., Trescases, J. J., Boulangé, B. (1976): Pedogenesis, chemical weathering and processes of formation of some supergene ore deposits. In K. H. Wolf, Ed., *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits*, Vol. 3, p. 93—173, Elsevier, Amsterdam.
- Максимовић, З. (1976a): Genesis of some Mediterranean karstic bauxite deposits. *Travaux ICSOBA* 13, 1—14.
- Максимовић, З. (1976b): Микроелементи у неким нашим лежиштима боксита и њихов значај. IV југосл. симпозијум о истраж. боксита, Херцег-Нови, 29—33.
- Максимовић, З. (1978): Nickel in karstic environment: in bauxites and karstic nickel deposits. *Bull. du B.R.G.M. (sect. II)* 3, 173—183.
- Максимовић, З. (1979): Geochemical study of the Marmara bauxite deposit: implication for the genesis of brindleyite. *Travaux ICSOBA* 15, 121—131.
- Максимовић, З. (1984): Geochemical aspects of the genesis of karstic bauxite deposits. 27th Intern. Geol. Congress, Moscow, Abstracts vol. VI, p. 200.
- Максимовић, З., De Weisse, G. (1979): Geochemical study of an overturend bauxite deposit in Les Codouls (S. France). *Travaux ICSOBA* 15, 109—120.
- Максимовић, З., Pantó, Gy. (1983): Mineralogy of yttrium and lanthanide elements in karstic bauxite deposits. *Travaux ICSOBA* 18, 191—200.
- Максимовић, З., Pantó, Gy. (1985): Hydroxyl-bastnaesite- (Nd), a new mineral from Montenegro, Yugoslavia. *Miner. Mag.* 49, 717—720.
- Максимовић, З., Papastamatiou, J. (1973): Distribution d'oligo-éléments dans les gisements de bauxite de la Grèce centrale. 3th Int. Congress ICSOBA, Nice 1973, 33—46.
- Максимовић, З., Roaldset, E. (1976): Rare earth elements in some Mediterranean karstic bauxite deposits. *Travaux ICSOBA* 13, 199—220.
- Павловић, С., Протић, М. (1964): Варијације у саставу боксита Црне Горе у зависности од услова стварања. Symposium sur bauxites, oxydes et hydroxydes d'aluminium, Загреб, 81—92.
- Радоичић, Р. (1982): Carbonate platforms of the Dinarides: the example of Montenegro-West Serbia sector. *Bull. Acad. Serbe Sci. Arts* 22, 35—46.
- Радоичић, Р., Вујисић, Т. (1969): Корелација литостратиграфских стубова бокситоносног подручја западне Црне Горе. III Симпозијум Динарске асоцијације, I део, Загреб, 225—234.
- Вукотић, П., Драговић, Д. (1981): Rare earth elements distribution patterns in red bauxites of Црна Гора. *Travaux ICSOBA* 16, 367—381.

ZORAN MAKSIMOVIC

*Summary*TRACE ELEMENTS IN THE JURASSIC BAUXITES OF MONTENEGRO
AND THEIR GENETIC SIGNIFICANCE

Jurassic red bauxites have the largest extension in Montenegro. In the Western Montenegro they rest on the Middle Jurassic limestone (deposits: Milovići, Bajov Do, Crvena Kita), but in the Nikšićska Župa they have an Upper Triassic footwall (deposits: Štitovo, Zagrad, Kamenica, Liverovići, Biočki Stan). In the both groups of deposits the hanging wall is the same, presented by Upper Jurassic limestone. Mineralogy is also the same: boehmite is the major constituent, followed by hematite; kaolinite is variable, but more abundant in the deposits of Western Montenegro.

During the formation of Jurassic red bauxites with Middle Jurassic footwall the episode of emersion lasted about 10 m.a. In the Nikšićska Župa, however, where the largest deposits occur, with the highest quality for alumina production, the stratigraphic gap was between 35—45 m.a. (Radoičić, 1982). The difference in the duration of the bauxitisation process in the two groups of Jurassic red bauxite deposits and different hydrologic conditions affected the mobility of the elements and degree of the bauxitisation.

Trace element distribution patterns along vertical profiles, in the Jurassic deposits with Upper Triassic footwall, have the characteristics of a primary, syngenetic distribution, which has been developed contemporaneously with the bauxitisation of argillaceous material, accumulated in a karstic environment. Progressive enrichment of »mobile« trace elements towards the bottom is very well pronounced in the Štitovo deposit (Fig. 1), in one of the largest deposits in Montenegro, with the highest quality bauxites. The same trend was found in the Zagrad deposit (Fig. 2), along the profile taken in the marginal parts of the deposit, rich in gray, clayey bauxite with pyrite. In this case, diagenetic pyritisation did not affect at all the primary trace element distribution pattern.

On the whole, the primary enrichment of »mobile« trace elements towards the bottom was very pronounced in all studied Jurassic red bauxite deposits with Upper Triassic footwall, with different enrichment coefficient for various elements (Table 1).

A vertical profile through Milovići deposit is taken as an example of the primary trace element distribution pattern of the second group of Jurassic red bauxites, with Middle Jurassic footwall (Fig. 3). Similar distribution patterns were observed in the Bajov Do and Crvena Kita deposits. In this group of deposits, the enrichment trend »per descensum« is also marked, but not as pronounced as in the first group of deposits.

Taking into account the quality of bauxites in these two groups of Jurassic red bauxite deposits, it is concluded that the

concentration of trace elements towards the bottom of the deposits is directly proportional to the degree of bauxitisation: more pronounced enrichment coincide with more efficient removal of silica and the better quality of bauxites.

Jurassic red bauxites have relatively high content of the rare earth elements (REE), compared with other Yugoslav bauxites (Maksimović, 1976b); Maksimović and Roaldset, 1976; Vukotić and Dragović, 1981). In the course of bauxitisation, these elements were enriched in the basal part of the deposits, especially in those with the Upper Triassic footwall (Fig. 4). As a result the authigenic REE minerals were formed: hydroxyl-bastnaesites and bastnaesites.

In the deposits of Nikšićka Župa, with the Upper Triassic footwall, only hydroxyl-bastnaesites have been formed, with Nd- and La-dominant members (Maksimović and Pantó, 1983). Hydroxyl-bastnaesite- (Nd) was approved as a new mineral (Maksimović and Pantó, 1985), and represents the first new mineral discovered in Montenegro. Deficiency of fluorine in the structure of this mineral is compensated by hydroxyl groups (Table 2). Taking into account that in this group of deposits only hydroxyl-bastnaesites occur, it is concluded that these minerals have been formed from solutions deficient in fluorine, probably as a result of low fluorine content of the parent rocks.

In the Western Montenegro, in deposits with the Middle Jurassic footwall, very rare occurrences of bastnaesite were discovered by electron microprobe in the Milovići and Bajov Do deposits. According to the chemical composition it is bastnaesite- (Ce) with full content of fluorine (Table 2). It seems that during the formation of these bauxite deposits, the weathering solutions were not deficient in fluorine.

Trace element contents and primary distribution patterns in two groups of Jurassic red bauxite deposits, with the footwall of different age, indicate different conditions of their formation. Deposits in the Nikšićka Župa have higher content of the rare earth elements, and much lower amounts of Ni, Co, Zn, Mn and Zr, than those in the Western Montenegro. In the same time, hydroxyl-bastnaesites are characteristic authigenic REE minerals in the deposits of Nikšićka Župa, indicating a deficiency of fluorine in the weathering solutions over this large bauxite-bearing area. These differences reflect the different composition of the parent material in these two groups of Jurassic red bauxites of Montenegro.

The primary distribution patterns of »mobile« trace elements indicate that the bauxitisation process took place *in situ* of the present position of bauxite deposits. The high degree of the trace element enrichment towards footwall in the Nikšićka Župa deposits is in accordance with efficient removal of silica and formation of large bauxite deposits of high quality for alumina production.