

Геол. ап. Балк. пол. Ann. Geol. Penins. Balk.	61	I	473-496	Београд, децембар 1997 Belgrade, Decembre 1997
--	----	---	---------	---

УДК 553.492.1(497.11)

Оригинални научни рад

НОВА ЛЕЖИШТА БОКСИТА У СРБИЈИ (ЈУГОСЛАВИЈА)

од

Слађана Тимотијевића

Појаве и лежишта боксита у Југославији припадају два металогенетским провинцијама: Динарској и Карпато-балканској. Она су груписана у неколико бокситоносних подручја: Црна Гора, западна Србија, Метохија и источна Србија. Најпознатија су лежишта из Црне Горе и Метохије, док су из западне и источне Србије најмање позната, јер су најкасније откривена. Експлоатација боксита вршила се на појединим лежиштима Црне Горе и Метохије.

На основу досадашњег позивања металогеније боксита на територији Србије издвојено је пет рудних поља, од тога четири у динарској провинцији (Пољута, Тара, Мачкат, Гребник) и једно у Карпато-балканидима (Бабушница). Кредни боксити западне и источне Србије припадају бемитском типу, док су боксити Гребника дијаспорског типа. Боксити се одликују великом варијабилношћу хемијског састава, од веома квалитетних са садржајем Al_2O_3 до 60% и SiO_2 до 2%, до некавалитетних који чине прелаз ка глино-витим оксидима.

Овај чланак представља резултат рада на научном пројекту 07M04, који финансира Министарство за науку и технологију Владе Републике Србије.

Кључне речи појава, лежиште, металогенија, хијатус, гријас, креда, повлата, подина, рудно тело, сочиво.

УВОД

У Југославији се боксити истражују више од педесет година. Прва истраживања обављена су крајем тридесетих година на теренима Црне Горе и од тада се уз мање прекиде континуирано обављају. Истраживања у Републици Србији започела су знатно касније, почетком педесетих година, на простору Метохије када су пронађени гребнички боксити. У осталим деловима Србије трагања за бокситима почињу тек крајем седамдесетих година, јер се сматрало да ту нема боксита, иако су били познати издаци ове минералне сировине на планини Тари.

Интензивна и систематска истраживања боксита у западној и источној Србији започела су 1978. године. Резултати тог посла показали су да на овим просторима постоје црвени боксити о којима се раније није знало. Истражним радовима су пронађене значајне појаве и лежишта, са резервама од стотинак хиљада до неколико милиона тона. Код појединих појава и лежишта повлатни седименти су делимично или потпуно еродовани, тако да се боксити налазе на површини терена. Боксити припадају карстном типу

са веома променљивим квалитетом, од веома квалитетних са високим садржајем Al_2O_3 и ниским садржајем SiO_2 и неквалитетних који чине прелаз ка глиновитим бокситима.



Сл. 1. Прегледна карта бокситносноних терена Србије. I- Рудно поље Поћута, II- Рудно поље Тара, III- Рудно поље Маћкат, IV- Рудно поље Гребниик, V- Рудно поље Бабушница; 1. Горњокредни боксити 2. Доњокредни боксити

Fig. 1. Location map of bauxite remains of Serbia. I- Ore field Počuta, II- Ore field Tara, III- Ore field Mačkat, IV- Ore field Grebniik, V- Ore field Babušnica; 1. Upper Cretaceous bauxites, 2. Lower Cretaceous bauxites

Досадашњим истражним радовима на територији СР Југославије пронађено је неколико стотина појава и лежишта боксита. Резултати тих истраживања указују да Југославија располаже значајним концентрацијама ове минералне сировине и да може развијати алуминијумску индустрију на сопственој сировинској бази.

Појаве и лежишта боксита у СР Југославији припадају два металогенетским провинцијама: Динарској и Карпато-Балканској. У Србији се боксити јављају у унутрашњој зоци Динарида, као и крајњем југоисточном делу Карпато-балканида који припадају Србији. Још увек није пронађена ни једна појава боксита из Српско-македонске масе и из Панонског басена што не значи да у тим теренима не треба трагати за бокситима.

На основу досадашњег познавања металогеније боксита на територији Републике Србије, издвојено је пет рудних поља, од тога четири у динарској провинцији (I-IV) и једно у Карпато-балканидима (сл. 1)

УНУТРАШЊИ ДИНАРИДИ

Перспективна зона унутрашњих Динарида налази се северноисточно од главне мезозојске бокситоносне зоне Динарида. У Србији се ова зона пружа дуж западне границе републике, од Цера на северу до косовско-метохијске потолнне па југу и даље према Грчкој, завршавајући се на источној marginи офиолитског појаса. Овде се налазе геолошки веома компликовани терени са сложеном еволуцијом. По Grubić i dr. (1976), до данас су у овој зони позната само два бокситоносна нивоа: средњокредни и горњокредни. У овој пространој зони раније су били познати средњокредни боксити Власенице и горњокредни боксити Гребника. Карактеристично је да су бокситоносни рејони ретки, а лежишта су у њима груписана и сложена и могу бити великих димензија као она у Власеници.

У зони унутрашњих Динарида познати су боксити у подручју Власенице, Гребника и новопронађени боксити у бокситоносним пољима Поћуте, Таре и Мачката. Овакво стање истражености боксита ове зоне није задовољавајуће, тим пре што, ослањајући се на савремено познавање законитости о генези и распореду карстних боксита, постоје сви разлози да се они траже и у осталим деловима зоне.

Зона унутрашњих Динарида има геолошки веома компликовану грађу са сложеном еволуцијом. Поред палеозојских кластита и у мањој мери карбонатних творевина посебан значај имају карбонатне, кластичне и флишне формације мезозоица. Посебно обележје овој зони дају офиолити и дијабаз-ројначка формација. Неоген је присутан углавном у изолованим језерским басенима. Тектонски склоп овог терена је такође сложен и обележен присуством навлака насталих за време кимријских покрета али и касније. Тај склоп је током неогена јако компликован млађим наметнутим структурама.

Геолошке карактеристике појава и лежишта

У зони унутрашњих Динарида на територији Републике Србије, за сада су позната два бокситоносна хоризонта. Познати су доњокредни боксити западне Србије и горњокредни боксити Метохије, у литератури описивани као гребнички боксити. Многобројни подаци о особинама и старости боксита у Србији, прикупљени нарочито у току последњих петнајестак година, омогућавају нам да данас говоримо са доста сигурности о карактеристикама тих боксита. Осим тога, постоје и детритични боксити са црвеницом, највероватније квартарне старости.

Доњокредни боксити. Најстарији боксити у зони унутрашњих Динарида су доњокредне старости. Они се налазе између средњетријаских и горњокредних седимената. За боксите се до краја седамдесетих година није такорећи ни знало, осим извесних мањих појава на планини Тари. Утврђено је да црвени боксити западне Србије леже преко банковитих и масивних кречњака ладинског ката (Поћута), ладинско-карнијских кречњака (Мачкат) и карнијских кречњака (Тара).

У оквиру динарске провинције, у делу који лежи на територији Србије, могу се издвојити три бокситоносна рудна поља.

1. бокситно рудно поље Поћуте,
2. бокситно рудно поље Таре и
3. бокситно рудно поље Мачката

Бокситно рудно поље Поћуте. Појаве и лежишта боксита познате су од краја седамдесетих година (Rejović i Radoičić, 1976). Налазе се око двадесет километара југозападно од Ваљева у атару села Брезовице, Поћуте, Сушице и Стуба. Терени

Поћуге и шире околише израђују метаморфити и седименти палеозонка, тријаски седименти и порфирити, затим творевине јурске формације и квартарне творевине.

На основу детаљних биостратиграфских проучавања тријаских и кредних седимената Поћуге утврђено је да су боксити неравномерно распоређени. Они се налазе у хијатусу између кречњака ладшког ката у подини и горњетуронских кречњака у повлати. Рудна тела су неправилно-сочивастог облика, површине неколико десетина хиљада квадратних метара, дебљине до двадесет метара, са карактеристичном неравном подишом и равном повлатом. То су карстни црвени боксити оолитско-шизолитске структуре. Боксити су неравномерно распоређени у рудном пољу, као већа или мања рудна тела.

Досадашњим истраживањима у бокситоносном рудном пољу Поћуге регистровано је двадесет шест изданака боксита или бокситично-глишовитог материјала (Podunavac i Timotijević, 1994). Од свих регистрованих појава, само оне у Петровићима, Бакића брду, Јасикама и Марином брду су већих димензија. Већи број површински откривених појава представља само мање ерозионе остатке боксита сачуваних у палеокарстним удубљењима на средњетријаским кречњацима, мањих су димензија и као такве немају економски значај. Само мањи број ових појава лежи у непосредној близини границе тријаса и креде, на самој граници и делом залежу испод повлатних седимената.

Боксити Поћуге формиран су за време континенталне фазе која је наступила после стварања тријаских карбонатних седимената и јурских творевина. Рудна тела су формирана у повољним палеогеографским и климатским условима. Стварање лежишта почиње разарањем латеритских кора распадања и редепозиције бокситног материјала у плитководној средини са замуњавањем карстификованих простора подинских кречњака.

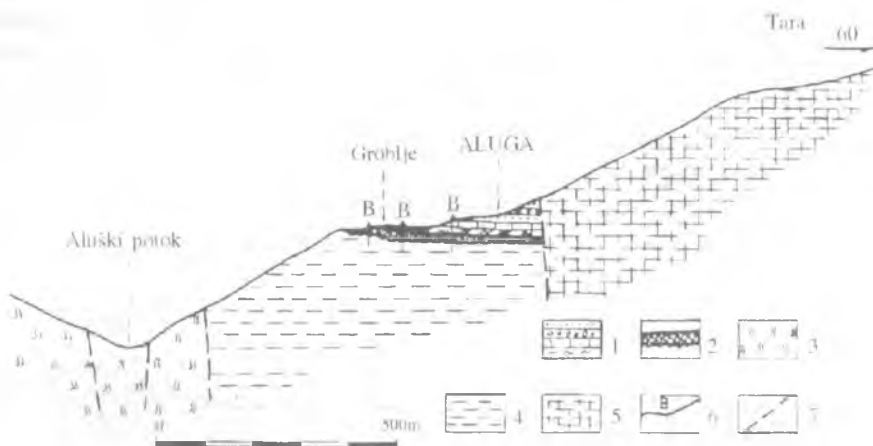
Посредна тектоника је јако изражена. У рудном пољу су парочито карактеристични радијални покрети. Најмаркантнији расед је онај који лежиште Петровић делити на два рудна тела. Дуж њега су извршена и мања вертикална кретања тако да су поједини делови лежишта доведени у површински ниво, а кредни седименти спуштени око 50 m. Поред овог, уочавају се и мањи разломи којима је цела бокситоносна серија изломљена и поремећена, при чему релативна кретања појединих блокова нису велика.

Бокситно рудно поље Таре захвата делове планине Таре по чему је и добило име. Појаве боксита регистровале су у атару села Алуге, затим у пределу Митровца, на кречњацима изнад Перућца и на Чемеришту. Индикације боксита јављају се на више места, често у близини тријаских кречњака и кредних седимената тако да могу указивати на присуство боксита испод повлатних седимената, као што је то случај на локалност Алуге (сл. 2).

Боксити Таре, као прво откривене појаве ове минералне сировине на територији Србије, познати су још од тридесетих година, али су их истраживачи третирали као оолитне руде гвожђа (Миловановић, 1933). Систематска истраживања боксита на планини Тари и Звијезди започета су тек 1978. године. Од тада па до 1981. године извршена је проспекција ових терена када је поред већ познатих пронађено и низ нових појава боксита (Timotijević, 1983).

Бокситоносно рудно поље Таре израђено је углавном од мезозојских творевина. Највеће распрострањење имају седименти тријаса. Најзаступљенији су кречњаци средњег и горњег тријаса, док су седименти доњег тријаса знатно мање развијени. Јура је представљена дијабаз-рожњачком форнацијом, перидотитима, дијабазима и габровима. Седименти креде, после тријаских, заузимају највеће повр-

пшше. Најнижи део креде изграђују кластично-карбонатни седименти ценомана, а преко њих лежи серија туронских кречњака.



Сл. 2. Геолошки профил лежишта боксита Алуге. 1. Кречњаци, пешчари, конгломерати и глине горње креде; 2. Црвени боксити; 3. Перидотити; 4. Кречњаци горњег тријаса; 5. Кречњаци средњег тријаса; 6. Истражне бушотине; 7. Раседи (Timotijević, 1995)

Fig. 2. Geological cross section on the Aluge bauxite deposit. 1. Upper Cretaceous limestones, sandstones, conglomerates and clays; 2. Red bauxite; 3. Peridotite; 4. Upper Triassic limestones; 5. Middle Triassic limestones; 6. Exploratory boreholes; 7. Faults (Timotijević, 1995)

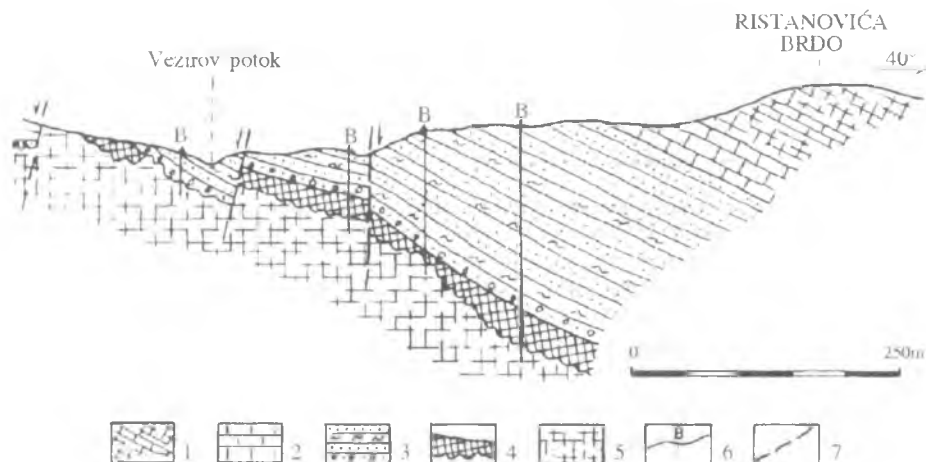
Појављивање боксита везано је за хијатус између тријаских кречњака и горњо-кредних седимената. Обзиром да је положај ових боксита исти као и у источној Босни, може се сматрати да рудно поље Таре представља југоисточни наставак бокситоносног подручја Власенице, познатог по значајним лежиштима која се експлоатишу дужи низ година. Боксити овог рудног поља одликују се великом променљивошћу минералног и хемијског састава. Присуство глишовите компоненте у бокситима је веома изражено, због чега они припадају групи мање квалитетних.

Истраженост овог рудног поља је на веома ниском нивоу. Нешто обимнија истраживања обављена су на локалности Алуге. Овде се налази највећи број појава црвеног боксита. Код гробља је истражним бушењем окоптурено најзначајније лежиште. По својим морфолошко-структурним карактеристикама и пачину појављивања лежишта су малих димензија, а јављају се у облику мањих неправилно-сочивастих рудних тела. Знатан део овог бокситног рудног поља је разорен и еродован, тако да често налазимо само остатке појава и лежишта без повлатних седимената или само њихов најнижи део.

Бокситно рудно поље Мачката се налази десетак километара јужно од Ужича. Боксити су по први пут пронађени 1981. године геолошком проспекцијом ових терена. Нарочито значајне појаве и лежишта боксита откривена су западно од села Равни (Везиров поток), у атару села Никојевићи (Графостапица), као и у Скржувима (засеок Ђосе). Досадашњим истраживањима је захваћен само мањи део од укупног перспективног простора, који износи око 30 km².

Бокситно рудно поље Мачката одликује се доста једноставном геолошком грађом. Геолошки стуб је овде изграђен од тријаских седимената, творевина дијабаз-рожнатке формације, кредних и миоценских седимената. У геолошкој грађи мањег дела рудног поља учествују серпентинисани перидотити и тријаски вулканити.

Боксити Мачката се налазе у источном продужењу геолошке зоне у којој су смештени боксити у источној Босни. Они имају идепичан положај, мада између ова два поменута подручја има и мањих разлика. Боксити припадају карстном типу, а настали су запуњавањем карстног палеорељефа у кречњацима. У стратиграфском смислу леже преко палеокарстификованих трпјаских кречњака (ладњик–карн), а прекривени су кредним кластичним седиментима (алб–ценоман). Откривена лежишта имају неправилно–слојевит облик површине до неколико стотина хиљада квадратних метара и дебљине бокситног слоја до 40 m. Знатан део овог рудног поља је еродован и разорец, а заједно са њим и део боксита. Пострудна тектоника је јако изражена, тако да су подински кречњаци и боксити местимично издигнути до површине терена, а повлатни седименти знатно спуштени (сл. 3).



Сл. 3. Геолошки профил лежишта боксита Везиров поток. 1. Банковити кречњаци ценомана; 2. Слојевити кречњаци ценомана; 3. Конгломерати, пешчари и глине алб–ценомана; 4. Црвени боксити; 5. Кречњаци и доломити ладњик–карна; 6. Истражне бушотине; 7. Раседи.

Fig. 3. Geological cross section of the Vezirov Potok bauxite deposit. 1. Cenomanian massive bedded limestones; 2. Cenomanian bedded limestones; 3. Albian–Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 4. Red bauxites; 5. Ladinian–Carnian limestones and dolomites; 6. Exploratory bore holes; 7. Faults.

Лежишта и појаве боксита припадају групи са променљивим минералним и хемијским саставом. Та променљивост је изражена како међу појединим рудним телима, тако и у оквиру самог слоја. У оквиру бокситног слоја јављају се боксити бољег квалитета и то најчешће у средишњем делу лежишта, док су према повлати и подини слабијег квалитета. По минералном саставу припадају групи бемитско–каолинитских (Тимотијевић, 1995).

Најзначајније лежиште боксита у широј околини Мачката налази се у Никојевићима у пределу Графостанице. Лежиште се по пружању може пратити више од 1 km, док дебљина бокситног слоја износи до 40 m. Карактеристично је и то да се највећа дебљина боксита јавља у централном делу лежишта, а према периферији се смањује. Ово лежиште изграђује црвени боксит оолитско–низолитске структуре, али се могу видети делови лежишта где се оолити и низолити скоро у потпуности повлаче. Највише има компактног боксита али се често јављају и мекше партије, као и глиновити боксити који су карактеристични за ободне делове лежишта.

Горњокредни боксити. Појаве и лежишта боксита се налазе на источном ободу метохијске котлине и смештена су на огранцима Гребничке планине. По томе су ова лежишта позната као Гребнички боксити. Утврђено је да се боксити јављају у облику зоне правца пружања север–југ од села Долца па северу, преко Гребничке планине, Лабучева и Окована до села Затрића на југу. Западни обод бокситоносне зоне чине серпентинити ораховачког перидотитског масива и дијабаз–рожњачка формација, а источни тектонски павучени серпентинити са кредном серијом "источног развоја". По Арсићу (1973) бокситоносна зона на северу тоне испод плиоценовских селимената, а на југу код села Затрића тектонски исклињава између серпентинитских краљушти. У тој зони је констатовано неколико десетина (око 60) појава и лежишта боксита од којих су нека откривена или заштићена кровином.

Почину боксита изграђују слојевити плитководни кречњаци и ређе доломитични кречњаци доњег ценомана и најшири слојеви средњег турона, укупне дебљине до 200 m. Преко њих у палеорељефу туронских кречњака, неравномерно распрострањених сочивастих рудних тела боксита, трансгресивно и дискордантно леже рудитни кречњаци мастрихта дебљине до 80 m (Арсич, 1973). Изнад рељефа подине, на више места лежи подрудна кречњачка бреча са бокситним везивом.

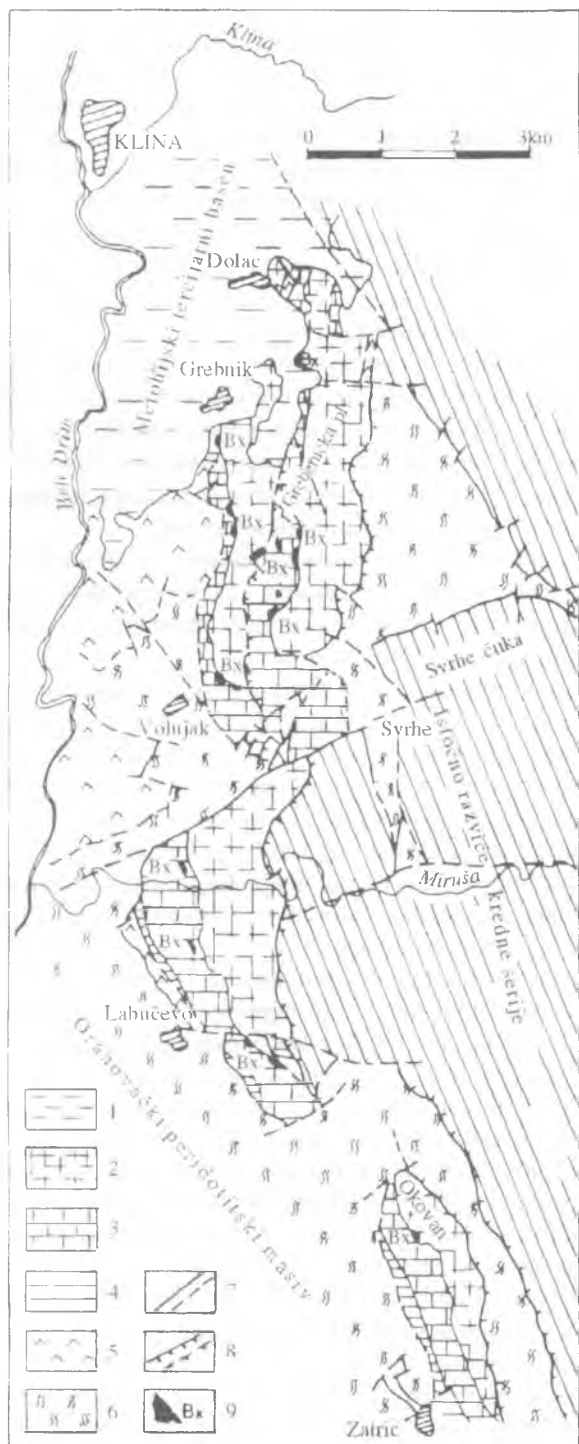
У бокситоносној зони Гребника досадашњим истраживањима је пронађено шездесетак мањих или већих рудних тела–лежишта боксита. Од тога је половина на самој површини терена, док су сва остала "слепа" рудна тела пронађена дубинским бушењем на дубини од 20 до 200 m испод кровине (сл. 4).

Рудна тела су углавном сочивасто–издуженог, ређе неправилног облика, истог пружања и залегања као кредна серија. Боксити запуњавају цеша удубљења у палеокарстним удубљењима туронских кречњака, имају врло неравну подину и скоро увек равну повлату. Величина рудних тела знатно варира и креће се од 1000 до око 2 милиона тона, док се дебљина боксита у лежиштима креће до преко 25 m.

Боксити су мркоцрвене боје, компактни, оолитске, пизолитске и оолитско–пизолитске структуре. Уз кровину се запажа присуство белих и црвенкастих глиновитих боксита, који постепено прелазе у кровинске кречњаке, тако да се некада и у њима налазе оолити. У лежиштима су присутне и глиновите партије.

Квартарни детритични боксити. Током ранијих истраживања, у зони Гребничких боксита издвојена је геолошка јединица "црвеница са комадима боксита", али није посебно истраживана. Тек последњих година, када настају проблеми у експлоатацији примарних лежишта, истражују се и ови боксити. Утврђено је да се локално у овој јединици јављају и значајне концентрације боксита које су дефинисане као нови тип лежишта: детритични боксити са црвеницом (Дангић и Полунавац, 1993).

Лежишта детритичних боксита са црвеницом образована су око неких ерозијом откривених примарних лежишта боксита. Њих изграђују фрагменти боксита и глиновито–песковит материјал мркоцрвене боје. На плану су лезеасти а у профилу слојевито–сочивасти облика, дужине до неколико десетина метара, а дебљине од испод 0,3 до 3 метра. Налазе се на површини или прекривени слојем црвенице дебљине 1–2 m, а леже директно преко кречњака или преко танког слоја црвенице. Фрагменти боксита су неизмењени дијаспорски кредни боксит, а глиновито–песковит материјал је црвеница. Препирањем "руде" може да се добије концентрат крупнијих фрагмената који је истог састава као боксит откопан из примарних лежишта, односно дијаспор, хематит, Ti–минерали и нешто каолинита.



Сл. 4. Прегледна геолошка карта бокситоносне зоне Гребника и околине.
 1 Конгломерати, пескови и глине плиоцена; 2. Банковити и слојевити кречњаци, лапоровити кречњаци и лапорци мастрихта; 3. Слојевити кречњаци доњег и средњег турона; 4. Слојевити и банковити кречњаци ценомана; 5. Дијабаз-ројначка формација; 6. Серпентинити; 7. Раседи; 8. Чело навлаке, осматрано, покривено; 9. Боксити.

Fig. 4. Geologic sketch map of the bauxite-bearing zone of Grebnič and surroundings. Pliocene conglomerates, sands and clays; 2. Mastrichtian thick-bedded and bedded limestones, marly limestones and marlstones; 3. Lower and Middle Turonian bedded limestones; 4. Cenomanian bedded and thick-bedded limestones; 5. Diabase-Chert Formation; 6. Serpentinites; 7. Faults; 8. Front of the overthrust, observed, covered; 9. Bauxites.

Квалитет боксита

У западној Србији је досадашњим истраживањима пронађено седам лежишта црвених боксита различитог квалитета: Петровићи, Бакића брдо, Јасика (Поћута); Алуге (Тара); Трафостапица, Бјелаца и Везиров поток (Мачкат). Степен истражености појединих лежишта је веома различит. У суштини осим лежишта Петровићи, а делом и лежишта Трафостапица, остала лежишта се могу сматрати недовољно истраженим.

Црвени боксити западне Србије су бемитског типа. На бази главних минерала, који одређују и карактеришту боксите ове области могу се издвојити: бемитски боксити, бемитско-каолинитски боксити, каолинитско-бемитски боксити и бокситичне глине (Timotijević i Војић, 1986). Оваква минерална парагенеза бемита и каолинита карактеристична је за целу област западне Србије. Стални минерални састав боксита је следећи: бемит, хематит и каолинит. Остали минерали као гетит, магнетит, шпирт, хлорит, опал, хромни спинел и сфен присутни су у минималним количинама.

Карстни боксити у западној Србији се одликују великом променљивошћу хемијског састава, чија је варијабилност изражена како у хоризонталном тако и у вертикалном правцу, што је и карактеристика овог типа боксита. Варијабилност садржаја је нарочито изражена код алуминије и силиције. Тако постоје делови једног истог рудног тела или лежишта где је садржај Al_2O_3 висок а SiO_2 низак и обрнуто. За сада је најквалитетнији боксит у лежишту Петровићи, али се не сме заборавити да су истраживања у осталим рудним пољима обављена у знатно мањем обиму.

Лежиште Петровићи је најзначајније и до сада најистраженије лежиште црвених боксита у западној Србији. Оно се састоји из два рудна тела која се налазе у непосредној близини. Квалитет боксита је јако променљив, али гледано у целини он је добар (Timotijević i Rodunavac, 1994). Средњи садржаји основних компоненти за рудна тела и лежиште у целини дат је у табели бр. 1.

Табела 1 (у %)

Table 1 (in %)

Рудно тело Ore body	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	Gž Loss on ignition
Бр. 1 (No. 1)	49.35	6.52	28.41	4.71	1.49	11.79
Бр. 2 (No. 2)	48.20	7.79	26.34	4.17	0.92	11.46
1 + 2	48.33	7.64	26.58	4.23	0.92	11.52

За остала лежишта и појаве боксита карактеристична је велика варијабилност садржаја основних компоненти, али се најчешће крећу у следећим границама (табела 2).

Табела 2 (у %)

Table 2 (in %)

Елемент (Element)	од (from)	до (to)
Al_2O_3	38.00	55.00
SiO_2	5.50	16.50
Fe_2O_3	19.00	28.00
TiO_2	2.28	3.80
CaO	0.10	0.90
Gž Loss on ignition	9.27	12.35

Главни минерал алуминијума у гребничким бокситима је дијаспор, док је бемит знатно ређе заступљен. Општа карактеристика хемијског састава је веома из-

ражена варијабилност главних компонената. Ретка је појава да неко рудно тело или пак неки његов део има релативно уједначен садржај. Садржаји основних компонената боксита (Агџић, 1973) приказани су у табели 3.

Табела 3 (у %)

Table 3 (in %)

Елемент Element	Од From	До To	најчешће (frequently)	
			Од From	До To
Al ₂ O ₃	38.00	58.00	45.00	51.00
SiO ₂	0.80	9.00	1.50	3.50
Fe ₂ O ₃	25.00	55.00	30.00	38.00
TiO ₂	0.90	2.90	1.80	2.00
CaO	0.01	3.00	0.03	0.60
G1 Loss on ignition	6.90	15.70	9.50	10.00

Квалитет руде детритичних боксита је у директној вези са гранулометријским саставом материјала. Делови лежишта са већим учешћем крушијих фракција (преко 5 cm) представљају руду доброг квалитета, док је руда са високим учешћем (преко 50% фракција испод 5 cm) лошег квалитета, односно не представља сировину за добијање комерцијалног боксита (Дангић и Подунавац, 1993).

КАРПАТО–БАЛКАНИДИ

У теренима источне Србије налази се сегмент Карпато–балканида као један од најважнијих тектонских јединица Србије. Истовремено је то и подручје са бројним рудним лежиштима, међу којима бакар и злато заузимају доминантно место.

Карпато–балканиди источне Србије су смештени између Српско–македонске масе на западу и југозападу и Мезијске платформе на истоку. Према северу, преко Дунава, они се настављају у Румунију, а на југоистоку у Бугарску. Боксити су за сада пронађени само у југоисточном делу Карпато–балканида. Као такав одликује се сложенем геолошким грађом, у којој учествују стене које припадају најстаријим на овим просторима, али и многе друге створане кроз сложену геолошку историју све до најмлађих савремених селимената. На овом подручју издвојеле су творевине палеозоица, мезозоица и кенозоица.

У источној Србији боксити су пронађени 1976. Године. То је први налазак боксита у југословенском делу Карпато–балканида, односно триско–белопаланачке зоне. Ово ме су прећихли проналасци бокситичног материјала 1973. године југоисточно од Беле Палапке, на подручју Гребен планине. Систематска истраживања уследила су тек 1978. године и она су континуирано извођена десетак година. После тог периода истраживања су прекинута и до данас нису обновљена, без обзира што су постигнути добри резултати. Степен истражености источне Србије са аспекта боксита је веома низак, односно истраживања су била ограничена само на бокситоносно подручје Бабушнице.

Геолошке карактеристике појава и лежишта

Појаве и лежишта боксита у Карпато–балканидима јављају се у стратиграфском нивоу између најмлађе горње јуре или старије доње креде у подини и алб–ценоманских

класичних седимената у повлати. Појављивање боксита у источној Србији, према досадашњим сазнањима, везано је за т.зв. "триско–белопаланачку бокситоносну зону". Она се из Бугарске, од Ребра преко Парамуна и Филиповаца протеже до паше границе, а затим грана на два појаса: источни, од Петачица преко Доброшева и Присјана према Белој Паланци дужине близу 30 km, и западни, од Кијеваца преко Калуђерова и Радошевца према Крњину дужине око 8 km (сл. 5).



Сл. 5. Лежишта и појаве боксита у источној Србији. I - Лежишта боксита; 1. Радошевац. II - Појаве боксита. 1. Калуђерово 1. 2. Калуђерово 2. 3. Пасјача. 4. Присјан. 5. Беровица. 6. Гребен Планина.

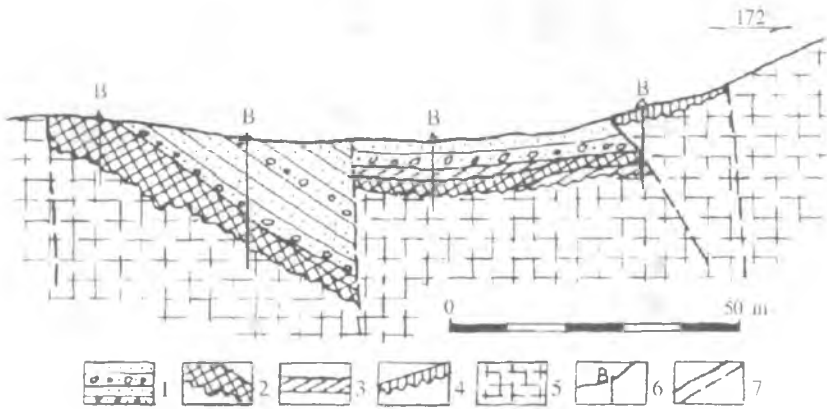
Fig. 5. Bauxite ore deposits and occurrences in eastern Serbia. I - Bauxite deposits; 1. Radoševac. II - Bauxite occurrences; 1. Kaludjerovo 1. 2. Kaludjerovo 2. 3. Pasjača. 4. Prisjan. 5. Berovica. 6. Greben Planina.

Стварање боксита у овом подручју везано је за временски период после неокома а пре алб–ценомана, када је дошло до дужег прекида у седиментацији и били остварени како палеогеографски тако и климатски услови за стварање латеритских кора распадања. Претпоставља се да је у то време, највероватније непосредно пре стварања повлатних алб–ценоманских седимената, дошло до разарања и спирања латеритских кора распадања са околиних терена и њиховог краћег транспорта површинским водама, а затим је бокситична материја обарана у веома плитководној средини запуњавајући удубљења у карстификованом палеорелефу подишских горњојурско–доњокрепних кречњака. Трансгресија је захватила ово подручје крајем алба и почетком ценомана и преко боксита и подишских кречњака створена серија повлатних седимената, чија дебљина у појединим деловима износи и преко 300 m.

Досадашњим истраживањима боксита у југословенском делу трнско–белопаланачке зоне регистровано је дванаест рудних појава и лежишта боксита. Од свих, најзначајнија је рудна појава бр. 4 у Радошевцу код Бабушнице. Рудна тела су неправилно–сочивастог облика, различитих димензија и врло неравномерно распоређена у бокситносној золи.

Појаве боксита представљају углавном мање, површински откривене делове заосталих рудних тела, чији је највећи део еродовап. Неке од њих представљају само ерозионе остатке у палеокарстним удубљењима на подинским кречњацима, док се друге налазе на самој стратиграфској граници и делом залежу под кровинске седimente. За сада је, међутим, највећи број откривен у западном појасу Кијевап–Калуђерово–Радошевац.

Појаве бр. 1 и 2 откривене су на источним падинама брда Дел и налазе се у непосредној близини. На површини терена налазе се већи изданци боксита са слабо уочљивим оолитима. Дубинским бушењем је утврђено да боксит, који је регистровап на површини залеже и испод повлашних кредних седимената дебљине до 18 m. Дебљина боксита, који је постројном тектоником знатно поремећен, је неуједначена и креће се до 9 m (сл. 6).



Сл. 6. У дужици геолошки профил појаве боксита бр. 2. 1. Конгломерати, пешчари и глине алб-ценомана; 2. Боксит; 3. Глиновит боксит; 4. Црвена глина; 5. Кречњаци јура–креда; 6. Истражне бушотине; 7. Раседи (по подацима Арсића, 1973).

Fig. 6. Longitudinal geological cross section of the bauxite occurrences No 2. 1. Albian–Cenomanian conglomerates, sandstones and clays; 2. Bauxite; 3. Clayey bauxite; 4. Red clays; 5. Jurassic–Cretaceous limestones; 6. Exploratory bore holes; 7. Faults (After Arsić, 1973).

Квалитет боксита

Боксити у Карпато–балканским источне Србије су бемитског типа. На основу садржаја главних минерала, који одређују и карактерицу боксите трнско–белопаланачке зоне могу се извојити: бемитски боксити са малим учешћем каолинита, бемитско–каолинитски боксит, каолинитско–бемитски боксит и бокситичке глине са малим учешћем бемита. Процenтуално учешће бемита и каолинита у бокситима је јако променљиво.

Појаве и лежишта боксита припадају групи са веома израженом променом квалитета. Варијабилност квалитета је изражена и у хоризонталном и у вертикалном правцу. Та променљивост се запажа како међу појединим појавама и рудним телима, тако и у сваком лежишту без неке одређене правилности. Постоје врло квалитетни боксити са Al_2O_3 , преко

60% и SiO_2 испод 2%, као и боксит лошег квалитета са високим садржајем SiO_2 . Садржаји основних компоненти боксита најчешће варирају у следећим границама (табела 4).

Табела 4 (у %)

Table 4 (in %)

Елемент Element	Од From	До To
Al_2O_3	40.00	55.00
SiO_2	2.22	19.00
Fe_2O_3	17.00	30.00
TiO_2	1.34	3.00
CaO	0.20	0.40
Gž Loss on ignition	9.50	12.50

Најзначајније лежиште боксита у бокситоносном подручју Бабушнице налази се у пределу Радошевца. За сада је ово лежиште највеће и најистраженије. Налази се око километар источно од села Радошевац. Лежиште је неправилно-сочивастиг облика, дужине око 300 m, а ширине 50–100 m. Дебљина боксита у лежишту је неједначена и креће се од неколико до 19 m. Боксит који је регистрован на површини терена потврђен је и испод повлатних алб-ценоманских седимената.

ЗАКЉУЧАК

На територији Југославије боксити се истражују више од 50 година. Прва истраживања обављена су крајем тридесетих година на територији Црне Горе, док су у Србији започета знатно касније, почетком педесетих година у Метохији и крајем седамдесетих у западној и источној Србији.

Досадашњим истраживањима на територији СР Југославије пронађено је неколико стотина појава и лежишта боксита смештених у две металогенетске јединице: Динарској и Карпато-балканској. Резултати истраживања указују да Југославија располаже значајним концентрацијама ове минералне сировине, и да може развијати алуминијумску индустрију на сопственој сировинској бази.

Боксити припадају карстном типу и настали су запуњавањем палеокарстних удубљења у кречњацима различите старости. Појаве и лежишта боксита јављају се у више страиграфских хоризоната. За сада су позната шест бокситна нивоа и то: средњи тријас, горњи тријас, горња јура-доња креда, доња креда, горња креда и еоцен.

Карстни боксити СР Југославије одликују се великом променљивошћу хемијског састава, чија је варијабилност изражена како у хоризонталном тако и у вертикалном правцу. Варијабилност садржаја је нарочито изражена код алуминије и силиције. Тако постоје делови једног истог рудног тела или лежишта где је садржај Al_2O_3 висок а SiO_2 низак и обрнуто, без неке одређене правилности. Садржај Al_2O_3 се креће до преко 60%, SiO_2 до 20% и Fe_2O_3 до 41%. Постоје лежишта или делови лежишта квалитетног боксита са преко 60% Al_2O_3 и испод 3% SiO_2 .

Усавршавањем Вауер-овог процеса у производњи глинице многа лежишта СР Југославије, која су тренутно вапбилансна постаће билансна. У том случају Југославија би представљала значајан фактор у производњи алуминијума на Балкану па и у Европи.

Све релевантне чињенице указују на велику потенцијалност СР Југославије у погледу бокситоносности, али је неопходно наставити са истраживањима и у наредном периоду. Истраживања боксита треба да обухвате истраживања у познатим бокситоносним подручјима у циљу валоризације боксита, али и у осталим перспективним теренима ради проналажења нових рудних рејона и лежишта.

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Geol. Penins. Balk.	61	1	473-496	Београд, децембар 1997 Belgrade, Decembre 1997
--	----	---	---------	---

UDC 553.492.1(497.11)

Original scientific paper

NEW BAUXITE DEPOSITS IN SERBIA (YUGOSLAVIA)

by

Sladjan Timotijević*

Deposits and occurrences of bauxites in Yugoslavia belong to two metallogenic provinces: Dinaric and Carpatho-Balkanides. They are concentrated in several bauxite areas: Montenegro, western Serbia, Metohija and eastern Serbia. The most important are deposits in Montenegro and Metohija, while those in western and eastern Serbia are less known because they were last discovered. Exploitation of bauxites took place in some of the deposits in Montenegro and Metohija.

On basis of the known metallogeny of bauxites in the territory of Serbia five ore fields were separated, four of them in the Dinaric province (Počuta, Tara, Mačkat, Grebnik) and one in the Carpatho-Balkanides (Babušnica). Cretaceous bauxites of western and eastern Serbia are of the boehmite type, while Grebnik bauxites are of the diaspore type. Bauxites are featured by high variability of chemical composition, from very high grade ones, containing over 60% Al_2O_3 and to 2% SiO_2 , to low graded ore forming transitional types toward clayey bauxites.

This paper resulted from the work on the scientific project 07M04, being financed by the Ministry of Science and Technology of the Goot of Republic of Serbia.

Key words: occurrence, deposit, metallogeny, hiatus, Triassic, Cretaceous, hanging wall, footwall, ore body, lense, Mačkat, Počuta, Tara, Grebnik, Babušnica

INTRODUCTION

In F.R. Yugoslavia bauxites have been explored for more than fifty years. First investigations were performed at the end of thirties in Crna Gora (Montenegro), and from that time they have continuously enrolled. Explorations in Republic of Serbia, commenced much later, at the beginning of fifties, in the Metohija area, when the Grebnica bauxites were discovered. In other parts of Serbia search for bauxites began just to the end of seventies, because it had been considered that in that country there are no bauxites, although the outcrops of this mineral raw material were known in the Tara mountain.

The intensive and systematic bauxite explorations in western and eastern Serbia started in 1978. The results of this work showed that in these tracts of land exist red bauxites which

*Geoinstitute, Rovinjska 12, Belgrade.

earlier were not known. By exploratory works the reserves from around hundred thousand to several million tons were discovered. Some occurrences exhibit partially or completely eroded overlying sediments, thus leaving bauxites at surface. Bauxites are of the karst type, showing very variable grades, from very high grade with high Al_2O_3 contents and low SiO_2 grades, to the low quality ones, passing to clayey bauxites.

By exploratory works to date in the territory of F.R. Yugoslavia several hundreds of bauxite occurrences and deposits were discovered. Results of these explorations show that in Yugoslavia the considerable concentrations of this mineral raw material is available and that this country is able to develop production of aluminum based on the own source of raw materials.

The bauxite occurrences and deposits in F.R. Yugoslavia are related to two metallogenic provinces: Dinaric and Carpatho-Balkanid. In Serbia bauxites occur in the Internal Dinaric zone, as well as in the extreme southeastern part of Carpatho-Balkanids which belongs to Serbia. None of bauxitic occurrences has still been found in the Serbo-Macedonian mass and in Panonian basin but it does not mean that these terrains would be excluded from the searches for bauxites.

Regarding the knowledge to date of bauxite metallogeny, in the Serbian territory five ore fields have been distinguished, among them four in Dinaric province (I-IV) and one in Carpatho-Balkanids (Fig. 1).

INTERNAL DINARIDS

The promising zone of Internal Dinarids occurs to the northeast of the main Mesozoic bauxite zone of Dinarids. In Serbia this zone strikes along the western Republic's frontier, from Cer mountain to the north, to the Kosovo-Metohija depression to the south, and further to Greece, ending at the eastern margin of the ophiolitic belt. Here occur very complex terrains exhibiting a complicated evolution. In this zone until recently only two bauxite-bearing levels have been known: Middle Cretaceous and Upper Cretaceous ones. In this large zone the Vlasenica Middle Cretaceous bauxites and the Grebник Upper Cretaceous bauxites formerly were known. It is interesting that the bauxite-bearing districts are rare, and deposits inside them are clustered and complex, and may be of large sizes, as this one in Vlasenica (Grubić et al., 1976).

In the zone of Internal Dinarids the bauxites in Vlasenica and Grebник, and the newly discovered bauxites in the Počute, Tara and Mačkat ore fields are known. Such a situation of the exploration degree of bauxites has not been satisfactory, all the more that all reasons speak in favor of the searches in other parts of the zone, based on modern knowledge of the genesis laws and distribution of the karst type bauxites.

The zone of Internal Dinarids is of a very complex setting with complicated evolution. Beside Paleozoic clastites and in lesser degree carbonate deposits, the calcareous, clastic, and flysch Mesozoic formations are of particular importance. The special feature of this zone are ophiolites and Diabase-Chert Formation. The Neogene deposits are generally present in isolated lacustrine basins. The tectonical set-up of this terrane is also complex and marked by overthrusts formed during Kimmerian movements, but also by later events. This set-up was during Neogene strongly complicated by younger superimposed structures.

Geological characteristics of bauxite occurrences and deposits

In the zone of Internal Dinarids in the territory of Republic of Serbia, for the time being two bauxite-bearing horizons are known, such as Lower Cretaceous bauxites of western Serbia and Upper Cretaceous bauxites of Metohija, in literature known as Grebnica bauxites. Numerous data about properties and age of bauxites in Serbia, especially collected during about last fifteen years enabled us to speak today with much certitude about characteristics of these bauxites with red earth, most probably Quaternary in age.

Lower Cretaceous bauxites. The oldest bauxites in the zone of Internal Dinarids are Lower Cretaceous in age. They are situated between Middle Triassic and Upper Cretaceous sediments. To the end of seventies bauxites were almost unknown, except some smaller occurrences in the Tara Mountain. It was established that the red bauxites of western Serbia rest upon the thick bedded and massive limestones of Ladinian stage (Poćuta), Ladinian–Carnian limestones (Mačkat) and Carnian limestones (Tara).

In the framework of Dinaric province, in the part situated in the Serbian territory three bauxite-bearing ore fields are to be distinguished:

1. Poćuta bauxite ore field,
2. Tara bauxite ore field, and
3. Mačkat bauxite ore field

Poćute bauxite ore field. Bauxite occurrences and deposits have been known the end of seventies (Pejović and Radoičić, 1976), occurring at about twenty kilometers southwest of Valjevo, in circles of the Brzovice, Poćute, Sušice and Stuba villages. Terraines of Poćute and larger surroundings are built up of Paleozoic metamorphic rocks and sediments, Triassic sediments and porphyrites, then of Jurassic formations, Upper Cretaceous sediments, and Quaternary deposits.

Regarding the detailed biostratigraphical studies of the Poćute Triassic and Cretaceous sediments it was found that bauxites are irregularly distributed. They occur in the hiatus between the Ladinian limestones in the footwall and Upper Turonian limestones in the hanging wall. The ore bodies are of irregular lenslike shape covering several tens thousand square meters, exhibiting a twenty meters thickness, with characteristic rugged footwall and flat hanging wall surface. These are karstic red bauxites of the oolitic–pisolitic texture. Bauxites are irregularly distributed in the ore field, as larger or smaller ore bodies.

By explorations to date in the Poćuta bauxite-bearing ore field twenty six outcrops of bauxite or bauxite–clayey material have been registered (Timotijević and Podunavac, 1994). Among all registered occurrences, only these in Petrovići, Bakića Brdo, Jasike, and Marino Brdo are larger in size. Majority of occurrences discovered at surface represent only smaller erosional bauxitic remnants, preserved in paleokarstic cavities in Middle Triassic limestones, limited in size and without economic importance. Only lesser amount of these occurrences is located in the direct proximity of the Triassic–Cretaceous boundary or on the boundary itself, and partly are situated beneath the overlying sediments.

The Poćuta bauxites originated during the continental phase which came after deposition of Triassic calcareous sediments and Jurassic rock units. The ore bodies were formed under the favorable paleogeographic and climatic conditions. Creation of deposits was initiated by destruction of lateritic crust of weathering and by redeposition of bauxitic material in a shallow water environment, accompanied by enfilling of karstified rooms in the footwall limestones.

The postore tectonics is remarkably expressed in the ore field, especially characterized by radial movements. The most prominent is the fault cutting the Petrovići deposit into two ore bodies. Along this fault there were some vertical shifts too, resulted in raising the individual parts of deposit to the surface level, while Cretaceous sediments were thrown down for about 50 m. Beside this fault, some smaller ruptures are visible, which cut the whole bauxite-bearing series, thus becoming crushed and deformed, but individual blocks were not remarkably moved apart.

The Tara bauxite ore field covers some parts of the Tara mountain giving the same name to the field itself. The bauxite occurrences were registered in the circle of the Aluge village, than in the Mitrovac area, over limestones occurring over Perućac, as well as on Čemeriste. The bauxite indications appear at several places, often nearby the Triassic limestones and Cretaceous sediments so that they could point to the bauxite presence beneath the hanging wall sediments, as it is the case with the Aluge locality (Fig. 2).

The Tara bauxites, as the firstly discovered occurrences of this mineral raw material in the Serbian territory, were known back before thirties, but were also considered as iron oolitic ores (Milovanović, 1933). Systematic bauxite exploration initiated not until 1978. For that time, till 1981, these terrains were prospected, leading to discovery of new bauxite occurrences, beside already known ones (Timotijević, 1983).

The Tara bauxite-bearing field is generally built-up of Mesozoic rock units. The most widespread are Middle and Upper Triassic limestones, while Lower Triassic sediments are much lesser developed. Jurassic is represented by the Diabase-Chert Formation, peridotites, diabases, and gabbros. Cretaceous sediments occupy, after Triassic ones, the largest area. The lowermost part of the Cretaceous units constitute Cenomanian clastic-carbonate sediments, overlain by a series of Turonian limestones.

The bauxite occurrence is restricted to the hiatus between Triassic limestones and Upper Cretaceous sediments. Since position of these bauxites is the same as in eastern Bosnia, it could be considered the Tara ore field to represent the southern continuation of the Vlasenica bauxite-bearing district, which is known by an important deposit being exploited for a longer period. Bauxites of this ore field are characterized by a remarkable variability of mineral and chemical composition. The clayey constituent in bauxites is very high, thus being restricted to the lower grade bauxites.

The degree of explorability of this ore field is at the very low level. Something more ample research workings were performed in the Aluge locality. Here the greatest number of the red bauxite occurrences was found. Near the cemetery the most important deposit was outlined by exploratory drilling. According to their morphological-structural characteristics and mode of appearance the deposits are of low sizes, occurring as smaller irregular-lense-like ore bodies. The considerable part of this bauxite ore field was destructed and eroded, so that only remnants of the ore occurrences and deposits are commonly found, without the hanging wall sediments or only their lowermost part being present.

The Mačkat bauxite ore field occurs around ten kilometers south of Užice. Bauxites were for the first time found in 1981 by geological prospection of these terrains. The remarkably important bauxite occurrences and deposits were discovered west of the Ravni village (Vezirov Potok), in the circle of the Nikojevići village (Trafostanica, meaning the transformer

house), as well as in Skržute (small village Čose). By explorations to date only a smaller part of the promising area was covered, amounting about 30 km².

The Mačkat bauxite-bearing field is featured by rather uniform geological setting. The geological column is here composed of Triassic sediments, rocks of Diabase–Chert Formation, Cretaceous and Miocene sediments. In the smaller part of the ore field occur serpentinized peridotites and Triassic volcanites.

The Mačkat bauxites appear in the eastern continuation of a geological zone, the same which includes bauxites in eastern Bosnia. They occupy the identical position, although there are some slight differences between these two districts. Bauxites are of the karst type, and originated by filling of karst paleorelief in limestones. From the stratigraphical point of view they overlie the paleokarstified Triassic (Ladinian–Carnian) and are overlain by Cretaceous (Albian–Cenomanian) clastic sediments. The discovered deposits exhibit irregular-bedded shape, covering area of several hundreds thousand square meters, with bauxite layer to 40 m in thickness. Most of this ore field is eroded and destructed, together with a part of bauxites. The postore tectonics is highly expressed, in such a way that the footwall limestones with bauxites are locally raised to the surface, and the hanging wall sediments remaining remarkably thrown down (Fig. 3).

The bauxite deposits and occurrences are restricted to a group of variable mineralogical and chemical composition. This variability is expressed either in individual ore bodies or in the layer itself. The bauxite layer shows the higher grade ore, most commonly in the central part of a deposit, while going to both hanging wall and footwall these are of lower quality. According to mineral composition they are of the boehmite–kaolinite group (Timotijević, 1995).

The most important bauxite deposit in the larger Mačkat area occurs in Nikojevići in the circle of Trafostanica. The deposit was traced in length probably more than 1 km, the bauxite layer showing thickness to 40 m. It is a characteristic fact that the largest thickness is found in the central part of the deposit, gradually lessening toward periphery. This deposit constitutes red bauxite of the oolitic–pisolitic texture, but some parts of the deposit, where oolites and pisolithes are almost absolutely absent, are also present. The compact bauxite is prevalent, but the looser parts, as well as the clayey bauxites are common, being characteristic for marginal parts of the deposit.

Upper Cretaceous bauxites. The bauxite occurrences and deposits appear in the eastern part of the Metohian basin, located at branches of the Grebnica mountain, which is the origin of name for the Grebnica bauxites. It was found the bauxites to trend in the north–south direction, from the Dolac village to the north, across the Grebnica mountain, Labučevo and Okovani, to the Zatriće village to the south. The western border of the bauxite zone constitute serpentinite of the Orahovac peridotite massif, as well as the Diabase–Chert Formation, and the eastern border represent the overthrust serpentinites with the Cretaceous series of the "eastern development". After Arsić (1973) the bauxite zone sinks to the north beneath the Pliocene sediments, and to the south near the Zatrići village it tectonically thins between two serpentinite thrust faults. In this zone several tens (about 60) bauxite occurrences and deposits, some of them either outcropping or being covered by the hanging wall rocks, were found.

The footwall of bauxite constitute Lower Cenomanian well bedded shallow-water limestones, seldom dolomitic limestones, and the Lowermost Middle Turonian beds, of the

total thickness ranging to 200 m. They are unconformably overlain, along with the irregularly distributed pockets–lenses of bauxite ore bodies, by the transgressive Mastrichtian rudist limestones, to 80 m in thickness (Arsić, 1973). In the relief of the footwall rocks and beneath the ore occurs limestone breccia with the bauxite cement.

In the Grebnik bauxite–bearing zone about sixty smaller or larger ore bodies or deposits were discovered by exploratory workings to date. From this amount a half of it occurs at surface while other remained as "blind" ore deposits discovered by drilling at depths from 20–200 m beneath the hanging wall layers (Fig. 4).

The ore bodies are generally of the elongated lense–like, seldom of irregular shape, of the same strike and dip as the Cretaceous series. Bauxite fills the pocket cavities in the paleo–karst hollows of Turonian limestones, exhibiting very rough footwall and almost always flat hanging wall. The size of ore bodies highly varies, ranging from 1000 t to two million tons, while the thickness of bauxites in deposits ranges to more than 25 m.

Bauxites are brown–red in color, they are compact, showing oolitic–pisolitic, and pisolitic texture. Near the hanging wall the white and reddish clayey bauxites are present, gradually passing into the hanging wall limestones, which sometimes also show oolites. In deposits the clayey parts are present as well.

Quaternary detrital bauxites. During former explorations in the zone of Grebnica bauxites the geologic unit "red earth with bauxite fragments" was distinguished, but was not investigated in particular. Not until last years these bauxites become the subject of research workings, when difficulties arose with exploration of primary deposits. It was found in this unit to occur considerable concentrations of bauxites, defined as a new deposit type, called "detrital bauxites with red earth" (Dangić and Podunavac, 1993).

The deposits of detrital bauxites with red earth were formed around some primary bauxite deposits, denuded by erosion. They are composed of both bauxite fragments and clayey–sandy material, brown–red in colour. In the horizontal projection they look like a fan, and in the vertical section they are of the bedded–lense–like shape, several tens of meters in length, and from less than 0.3 m to about 3 m in thickness. They appear at surface or are covered by a red earth bed 1–2 m thick, and directly rest upon limestones or thin beds of red earth.

The bauxite fragments are composed of nonweathered diaspore bauxite Cretaceous in age, and of the clayey–sandy material as red earth. By washing the "ore" the concentrate of larger fragments of the same composition as bauxite from primary deposits, containing diaspore, hematite, Ti–minerals and some kaolinite, is available.

Grade of bauxites

In western Serbia seven deposits of red bauxites of various grades were found by the explorations to date: Petrovići, Bakića Brdo, Jasike, (Počuta), Aluge (Tara), Trafostanica, Bjelaci, and Vezirov Potok (Mačkat). The degree of explorability of individual deposits is very variable. Actually, except the Petrovići deposit, and partly the Trafostanica deposit, other deposits could be considered as not sufficiently explored.

The red bauxites of western Serbia are of boehmite type. Based on contents of essential minerals, which characterize bauxites of this region, the following types could be distinguished: boehmite bauxites, boehmite–kaolinite bauxites, kaolinite–boehmite bauxites, and bauxitic clays

(Timotijević and Bojić, 1986). Such a mineral paragenesis of boehmite and kaolinite is characteristic for the whole region of western Serbia. The constant mineral composition of bauxite constitute boehmite, hematite, and kaolinite. Other minerals, such as goetite, magnetite, pyrite, chlorite, opal, and sphene are scarce.

The karstic bauxites of western Serbia are characterized by considerable variability of chemical composition, either in horizontal or in vertical direction, which is the principal feature of this bauxite type. The variability is especially expressed in the alumina and silica contents, with alternation of high Al_2O_3 and low SiO_2 contents and opposite. For the time being the highest grade bauxites are these from the Petrovići deposit, but it also would not be forgotten that investigations of other ore fields were effectuated in a much lesser amount.

The Petrovići deposit is the most important one and until now the most explored deposit of red bauxites in western Serbia. It is composed of two ore bodies occurring in immediate vicinity. The bauxite quality is highly variable, but as a whole it is good (Timotijević and Podunavac, 1994). The average contents of main constituents for ore bodies have completely been presented in the Table 1.

For the other bauxite deposits and occurrences the high variability of contents of basic constituents is characteristic, but they most commonly vary in following spans (Table 2).

The chief aluminum mineral in Grebnica bauxites is diaspor, while boehmite is scarcer. The general characteristic of chemical composition is very high variability of principal constituents. It is very seldom an ore body or some of its parts to be of relatively equalized composition. Contents of chief constituents in bauxites (Arsić, 1973) have been presented in the Table 3.

The ore grade of detrital bauxites directly depends on the granulometry of material. The parts of deposit of higher participation of coarser fraction (over 5 cm) represent the high grade ore, but the ore with high fraction (over 50%) of fragments less than 5 cm in size are of low quality, not representing a favorable raw material for bauxite extraction for commercial use (Dangić and Podunavac, 1993).

CARPATHO-BALKANIDS

In the terrains of eastern Serbia the segment of Carpatho-Balkanids appears as one of the most important geotectonical units of Serbia. In the same time this is an area with numerous ore deposits, among them copper and gold having dominant place.

The Carpatho-Balkanids of eastern Serbia are situated between the Serbo-Macedonian mass to the west and Moesian plate to the east. To the north, across the Danube river, they continuously pass to Romania, and southeasterly to Bulgaria. For the time being, bauxites have been found only in the southeastern part of Carpatho-Balkanids.

In eastern Serbia bauxites were discovered in 1976. This is the first finding of bauxites in Yugoslav segments of Carpatho-Balkanids or in the Trn-Bela Palanka zone respectively. To this finding preceded the discovery of bauxitic material in 1973 southeast of Bela Palanka, in the Greben mountain area. The systematic searches came not until 1978, having continuously been performed for about ten years. After that period explorations were stopped and until today they have not been renewed, disregarding the good re-

sults of these works. The degree of explorability in eastern Serbia considering bauxites, is very low, meaning that explorations were restricted only to the bauxite-bearing Babušnica district.

In such a way it is featured by a complex geological set-up, including the oldest rocks in these terrains, but also many other rock units originated during the complicated geological history, until the younger sediments of modern time. In this area the units of Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic have been distinguished.

Geological characteristics of occurrences and deposits

The bauxite occurrences and deposits of Carpatho-Balkanids appear in a stratigraphical level between the latest Upper Jurassic or the earlier Lower Cretaceous in the footwall, and Albian-Cenomanian clastic sediments in the hanging wall. The bauxite appearance in eastern Serbia, according to knowledge to date, is related to the so-called "Trn-Bela Palanka bauxite-bearing zone". Coming from Bulgaria, from Rebro throughout Paramun and Filipovci in trends to our frontier, and then branches into two belts: eastern belt from Petačinci across Dobraševo and Prisjan to Bela Palanka, nearly 30 km in length, and western belt, from Kijevac across Kaludjerovo and Radoševac toward Krnjino, about 8 km in length (Fig. 5).

The bauxite formation in this region is related to the span of time after Neocomian and before Albian-Cenomanian, when came to the longer break in sedimentation, creating either paleogeographic or climatic conditions for formation of lateritic weathering crusts. It is supposed that in that time, most probably just before deposition of the hanging wall Albian-Cenomanian sediments, came to destruction and denudation of lateritic crust of weathering from the surrounding terrains and to their shorter transportation by surface waters, and then the bauxitic material was precipitated in a very shallow milieu, filling cavities in the karstified paleorelief in the footwall Upper Jurassic-Lower Cretaceous limestones. This region was affected by transgression near the end of Albian and at the beginning of Cenomanian, forming upon bauxites and footwall limestones a suite of hanging wall sediments, in some parts reaching thickness even more than 300 m.

By the bauxite explorations to date in the Yugoslav part of the Trn-Bela Palanka zone twelve bauxite ore occurrences and deposits have been registered. The most important one among all of them is the occurrence No. 4 in Radoševac near Babušnica. The ore bodies are of the irregular-lense-like shape, of various sizes and are very irregularly distributed in the bauxite-bearing zone.

The bauxite occurrences are generally represented by smaller outcrops of remained ore bodies at surface, which are mostly eroded. Some of them are only erosional remnants in paleokarstic cavities in the footwall limestones, while the other occur at the stratigraphical boundary itself, and partly are situated beneath the hanging wall sediments. For the time being, however, the majority of them is found in the western Kijevac-Kaludjerovo-Radoševac belt.

The occurrences No. 1 and 2 are discovered at the eastern slopes of the Del hill in its direct vicinity. At surface occur larger bauxite outcrops with poorly visible oolites. By drilling of bauxite exposed at surface and continuing beneath the hanging wall Cretaceous sediments, the bauxite thickness to 18 m was established. The thickness of bauxites highly disturbed by the postore tectonics is unequal, ranging to 9 m (Fig. 6).

Grade of bauxites

Bauxites of Carpatho-Balkanids in eastern Serbia are of boehmite type. Regarding contents of essential minerals, defining and characterizing bauxites of the Trn-Bela Palanka zone, the following types are to be distinguished: boehmite bauxites with limited kaolinite contents, boehmite-kaolinite bauxite, kaolinite-boehmite bauxite, and bauxitic clays with little boehmite. The boehmite percentage in bauxites is highly variable.

The bauxite occurrences and deposits are restricted to the group with highly expressed quality variations in both horizontal and vertical directions, either in individual occurrences and ore bodies or in every deposit, without any visible regularity. There are bauxites of a very high grade containing over 60% Al_2O_3 and less than 2% SiO_2 , as well as low grade bauxites with high SiO_2 . Contents of basic constituents in bauxites most commonly vary in spans as presented in the Table 4.

The most important bauxite deposit in the Babušnica bauxite-bearing district occurs in the Radoševac area. For the time being this deposit is the largest and the most explored one. It occurs at about one kilometer east of the Radoševac village, exhibiting an irregular-lense-like shape 300 m in length and 50-100 m in width. The bauxite thickness is variable, ranging from several meters to 19 m. The same bauxite, visible as an outcrop was also found beneath the hanging wall Albian-Cenomanian sediments.

CONCLUSION

In the territory of F.R. Yugoslavia bauxites have been explored for more than 50 years. The first explorations were done to the end of thirties in the territory of Crna Gora (Montenegro), while in Serbia they started much later, at the beginning of fifties in Metohija and to the end of seventies in western and eastern Serbia.

By the explorations to date in the territory of F.R. Yugoslavia several hundreds of bauxite occurrences and deposits were discovered, distributed in two metallogenic units: Dinaric and Carpatho-Balkanian ones. The attained results of explorations indicate that Yugoslavia has important concentrations of this mineral raw material, and is capable to develop the aluminum industry based on own source of mineral raw materials.

Bauxites are of the karst type, originated by filling of paleokarst cavities in limestones of different ages. The bauxite occurrences and deposits appear in several stratigraphic horizons. For the time being six bauxite levels are known as follows: Middle Triassic, Upper Triassic, Upper Jurassic-Lower Cretaceous, Lower Cretaceous, Upper Cretaceous, and Eocene.

Karstic bauxites of F.R. Yugoslavia are featured by high variability of chemical composition either in horizontal or in vertical direction, particularly concerning the aluminum and silicium contents. So, there are parts of the same ore body or deposit with high Al_2O_3 and low SiO_2 and opposite, without any distinct regularity. The Al_2O_3 contents range to over 60%, SiO_2 to 20% and Fe_2O_3 to 41%. There are deposits or parts of deposit of high grade bauxites with over 60% Al_2O_3 and less than 3% SiO_2 as well.

By improving of the Bayer's treatment in production of aluminum, numerous deposits in F.R. Yugoslavia, which are actually non profitable, may become profitable ones. In that case Yugoslavia could represent an important aluminum producer in Balkan and even in Europe.

All relevant facts speak about the high potentiality of F.R. Yugoslavia regarding bauxite resources, but it is necessary explorations to be continued in the coming period. The bauxite research workings would include explorations of known bauxite-bearing regions, the bauxites to be evaluated, and also in other promising areas where the new ore districts and deposits could be discovered.

Translated Dr A. Antonović

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Arsić B., 1973: Rezultati istraživanja boksita Grebnika SAP Kosovo. II Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita. Tuzla.
- Brković D., 1970: Geologija boksita Metohije. Zbornik radova PEK Kombinat Kosovo, 2, 49-68, Priština
- Данчић А. и Подунавца Д. (=Dangić and Podunavac), 1997: Детритични боксити са црвеницом – нови генетски тип боксита. област Метохије (ЈЗ Србија).– Записници СГД за 1993. год., Београд (у штампи).
- Grubić A. i Antonijević I., 1973: Razmatranje mogućnosti nalaska boksita u istočnoj Srbiji. II Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, Tuzla.
- Грубић А. (=Grubić), 1975: Геологија Југословенских боксита.– Посебна издања САНУ, 44, Београд
- Grubić A., Milovanović D., Petković M., Dragović D. i Antonijević I., 1976: Ocena perspektivnosti pronalazađa ležišta mezozojskih boksita u Jugoslaviji. IV Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, 13-16, H. Novi.
- Grubić A. and Timotijević S., 1983: New bauxite deposits on the Zlatibor Mountain.– Travaux ICSOBA, No 18, 23-28, Zagreb.
- Миловановић Б. (=Milovanović), 1933. Прилози за геологију западне Србије.– Геол. ан. Балк. пол., 11/2, 132-160, Београд.
- Mislirić M. i Mitrović M. 1969: Osobine boksita iz rudnika Grebnik – Rudarski glasnik Rudarskog instituta, 2, 42-67, Beograd.
- Pejović D. i Radoičić R., 1976: Nalazak boksita u oblasti Valjeva (Zapadna Srbija).– IV Jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, 51, H. Novi
- Пејовић Д. и Крстић Б. (=Pejović and Krstić), 1980: Стратиграфски положај боксита у Југословенском делу Карпато-балканида.– Глас САНУ, CCCXVII, одељ. Прир.-матем. наука, 46, 79-85, Београд
- Podunavac D. i Timotijević S., 1994: Boksiti Babušnice (istočna Srbija).– Radovi Geoinstituta, 30, 183-195, Beograd.
- Timotijević S., 1983: Geološke karakteristike boksita Tare.– Radovi Geoinstituta, 16, 169-178, Beograd.
- Timotijević S., 1995: Metalogenetsko prognoziranje ležišta boksita zapadne Srbije. Posebna izdanja Geoinstituta, 14, 102, Beograd
- Timotijević S. i Podunavac D., 1994: Geologija ležišta boksita zapadne Srbije. Radovi Geoinstituta, 29, 271-291, Beograd.
- Timotijević S., 1995: Sedimenti u povlati boksita Tare.– Ibid., 31, 61-71, Beograd.