

САФЕТ ЧИЧИЋ\*  
ЈАГОШ ТОПАЛОВИЋ\*\*

*ГЕОЛОШКО-РУДАРСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЈАМСКЕ  
ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ БОКСИТА У НЕКИМ ЈУГОСЛОВЕНСКИМ  
ЛЕЖИШТИМА*

GEOLOGICAL AND MINING CHARACTERISTICS OF MINE  
EXPLOATATION OF BAUXITE IN SOME YUGOSLAV DEPOSITIS

*Извод*

У раду су описане основне литофацијалне карактеристике лежишта боксита Југославије, са указивањем на услове њихове локализације, морфологије и величине. У приказу су обухваћена бокситна лежишта Босне и Херцеговине Црне Горе и Хрватске.

Посебно је указано на заједничке литофацијалне и геолошке карактеристике лежишта боксита у Југославији, с обзиром на могућност примјене различитих метода јамског система, експлоатације, а нарочито различитих варијанти подетажне откопне методе.

Указано је на велике могућности истраживања у овом правцу, што је од врло великог научног и практичног значаја за развој јамске експлоатације оног дијела резерви боксита, које се могу добијати искључиво јамским системом, а које су знатне у свим описаним теренима.

*Abstract*

In this paper the basic lithofacial characteristics of bauxite deposits of Yugoslavia with implications on conditions of their

---

\* Др Сафет Чичић  
Рударско-геолошки факултет  
Тузла

\*\* Дипл. инж. Јагош Топаловић  
Сарајево

localisation, morphology and dimension. Bauxite deposits of Bosnia and Herzegovina, Montenegro and Croatia are described here.

Mutual lithofacial and geological characteristics of bauxite deposits in Yugoslavia are specially pointed out with regard to possibility of application different methods of mine exploitation system, especially of different varieties of substage mine method.

The great possibilities of investigations in this direction are pointed out, which is of great scientific and practical importance for the mine exploitation development of the part of bauxite reserves that can be exclusively exploited by mine system and that are great in all described terrains.

#### УВОД

Алуминијска индустрија и производња боксита у Југославији биљеже интензиван развој, нарочито у периоду од 1971. до 1976. год., када је производња примарног алуминијума порасла скоро пет пута. Од 1976. до 1980. ова производња порасла је два пута, тако да садашња производња боксита достиже око 3,5 милиона тона.

Упоредо са тако брзим развојем алуминијске индустрије, боксит, као основна сировина за производњу алуминијума, добија све већи значај. Захваљујући томе рудници боксита у Југославији постижу планирани континуални раст производње, што првенствено омогућује резерве квалитетног боксита. Уколико се овај тренд жели одржати, у наредном периоду мораће се знатно повећати улагање у комплексна геолошка истраживања ради повећавања експлоатационих резерви.

Географски размјештај објеката алуминијске индустрије везан је за бокситоносна подручја Црне Горе, Херцеговине, Далмације и Босне.

Интензивирањем производње боксита у свим овим подручјима, значајно се мијења и сама структура производње и то у корист подземне експлоатације. У периоду од 1970. до 1976. год. 85% укупне производње добијано је површинским коповима а само 15% јамском експлоатацијом. У наредном периоду очекујемо интензиван пораст учешћа јамске производње, чак и у рудницима који су до сада производили искључиво површинском експлоатацијом (Власеница, нека подручја Херцеговине и др.).

У овом раду дат је информативни преглед геолошко-рударских карактеристика бокситних лежишта Југославије, са приказом метода експлоатације, уз осврт на могућности примјене савремене механизације у откопавању бокситних лежишта. Надамо се да ће наш прилог бити примјеран јубилеју академика З. Башића који је дао огроман допринос познавању бокситних лежишта Црне Горе.

## РУДАРСКО-ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛЕЖИШТА

До сада истражена лежишта боксита у Југославији концентрисана су у неколико одвојених зона, које имају специфична рударско-геолошка обиљежја. Најсјевернијој зони унутрашњих Динарида припадају лежишта боксита Власенице. Средишњој зони припадају лежишта боксита Косова, Средње Босне, Босанске крајине и Лике, а најјужније у зони спољних Динарида, налазе се значајна лежишта Црне Горе, Херцеговине, Далмације и Истре. Лежишта истих зона имају много заједничких особина, али и посебних, које произилазе из различитих стратиграфских положаја, генезе, литофацијалне грађе, услова залијегања итд.

*Боксити источне Босне у рејону између Власенице и Сребренице* — У источној Босни налазе се значајна лежишта боксита. У њиховој подини се, обично, налазе чврсти, карстификовани тријарски кречњаци, док се кровина састоји од разноврсних доњокредних седимената. Лежишта боксита смјештена су у великим крашким удубљењима, насталим у средњотријаским масивним спрудним кречњацима. Лежишта су неправилног сочивастиг, каткад и слојевитног изгледа, великих димензија са средњом дебљином око 20 м. Кровину им чине кварци пјескови, глине, лапорци и кречњаци. Овакав састав кровине представља доста неповољну околност за развој јамске експлоатације, јер се мора вршити подграђивање.

*Боксит Косова, средишње Босне и Босанске крајине* налазе се у више стратиграфских нивоа, па имају различите карактеристике. Средњем тријасу припадају нека лежишта код Јајца, Босанског Петровца, Бихаћа и у Лици. Леже на средњотријаским спилитима, дијабазима, кречњацима и доломитима. Кровину чине претежно карбонатни седименти горњег тријаса или младих чланова мезозоика. Лежишта су, углавном, мањих димензија, уједначене дебљине, али хетерогеног састава, јер унутар боксита често долазе лапоравити глиновити улошци.

Друга група лежишта Босанске крајине налази се унутар горње јуре. Подину му чине спрудни кречњаци малма а кровину кречњаци најмлађег малма или доње креде. Лежишта боксита смјештена су у крашком рељефу, па се у њиховој подини, као и у Власеници, налазе бројне „пирамиде“, састављене од кречњака или доломита.

Најзначајније су резерве боксита ове зоне унутар горње креде (подручје Јајца и Босанске Крупе). Подину им чине бијели и сиви кречњаци ценомантуранске старости. У њиховој су кровини кластичне флишке насlage мастрихтске старости, представљене измјеном крупно до ситнозрних кречњачких бреча, кречњака, пјешчара и глинених лапора.

Лежишта боксита имају облик неправилних сочива, чија се дебљина креће од 1 до 40 м. Контакт боксита и подине нераван је због присуства пирамида, док је контактна површина са кровином благо валовита.

Резерве у тим лежиштима варирају од 10 000 до 500 000 т. Боксит је бемитског типа, доброг и уједначеног квалитета и по висини и по пружању.

Посебну групу лежишта у подручју Јајца чине трихидратни боксити. То су лежишта великих димензија и дебљине, смјештена на кредним кречњацима са кровином од лапора, конгломерата и бреча миоценске старости.

Бокситна лежишта Црне Горе јављају се у облику неправилних слојева и сочива. Често имају површину и изнад 10 000 m<sup>2</sup> и резерве од преко милион тона. Залијегање им је благо, најчешће до 20°. Појављују се у више стратиграфских хоризоната мезозоика, али су економски најзначајнија лежишта између горњег тријаса и доње креде.

Подину боксита изграђују средњо и горњотријски кречњаци, а кровину услојени кречњаци доње креде, дебљине и по неколико сотина метара.

Лежишта боксита херцеговачког подручја налазе се у различитим стратиграфским нивоима. Појављују се као неслојевите и сочивасте масе, различитог облика. Лежишта су бројна, различитих су димензија, морфологије и квалитета, већ према томе којем стратиграфском хоризонту припадају. Резерве боксита крећу се од коју хиљаду до неколико милиона тона. Подину им, највећим дијелом, чине горњокредни чврсти кречњаци, а кровину палеоценски плочасти кречњаци, средњеоценски масивни кречњаци, средњеоценски флиш и проминске наслага горњег еоцена и доњег олигоцена, представљене бречама, конгломератима, лопорима и пјешчарима.

Далматинске бокситоносне терене изграђују горњокредни и палеогенски кречњаци и проминске наслага. Боксит се појављује на контакту кредних, односно фораминиферских кречњака и проминских наслага. Јавља се у удубљењима палеорељефа, па му лежишта имају сложене, услојене облике. Кровинске наслага промина серије изграђују конгломерати, кречњаци, лапори и глине, с тим што конгломерати преовлађују. Рудна тијела су велика до милиона тона, а дебљина боксита достиже и 20 m.

Са рударско-геолошког становишта лежишта боксита Југославије, иако припадају различитим зонама и различитим стратиграфским хоризонтима, имају доста заједничких обиљежја која битно утичу на избор метода експлоатације. Од важнијих заједничких облика наводимо:

— Лежишта боксита смјештена су у крашком палеорељефу, те су попримила сложене, неправилне облике па се јављају као сочива, нерегуларно развојени слојеви са наглим задебљањима и исклињењима, а дебљина им се креће од 1 до око 40 m.

— Контакт боксита и подинских стијена по правилу је нераван, често назубљен, са пирамидама, које се увлаче у боксит, док је контактна површина са кровином правилнија, равна или благо таласаста.

— Лежишта су обично неравномјерно распоређена, у појединим бокситоносним рејонима различите су величине, дебљине и концентрација рудне масе.

— Највећи број лежишта којима је кровина еродирана већ се експлоатише или су резерве повећане, па ће се експлоатација све више усмјеравати на лежишта испод кровинских наслага ситуирана у различитим геолошким срединама, плитка (до 100 m) до средње дубока (100—300 m).

— Подину лежишта најчешће чине чврсте, компактне карбонатне насlage, веома повољне за локацију јамских рударских просторија, док је кровина различита, али по правилу са знатно слабијим геомеханичким карактеристикама. Петрографски састав кровинских наслага најчешће је сложен и са честим латералним и вертикалним измјенама разних петрографских чланова. Овакав хетерогени састав кровинских наслага има значајну улогу у јамској експлоатацији, при откопавању различито се понаша карбонатна кровина од класичних творевина (пијескови, пјешчари, лапори, брече и сл.) које се често одмах зарушавају у откопане просторе. Супротно, када је чине чврсте карбонатне стијене, не зарушава се ни у веома великим отвореним просторима.

— Лежишта боксита налазе се на разним дубинама па је готово у свим бокситоносним подручјима заступљена или је могућа примјена и јамског и површинског система експлоатације. У новије вријеме, због све већих потреба за бокситом, праћеног сталним унапређивањем метода добијања и развојем јамске механизације, учешће подземне експлоатације у укупној производњи боксита све је значајније. За 5—10 година производња боксита јамским системом биће испред површинске, што ће до краја овог вијека бити изразита.

#### ОТВАРАЊЕ И РАЗРАДА ЛЕЖИШТА БОКСИТА ПРИ ЈАМСКОЈ ЕКСПЛОАТАЦИЈИ

Лежишта боксита за јамску експлоатацију боксита најчешће се отварају поткопом или нископом, а ријеђе косим окном, окном или кобиновано.

Појављивање боксита специфично је и у многоме се разликује од осталих минералних сировина. Лежишта боксита концентрисана су на одређеном подручју гдје су неравномјерно распоређена, а различитих су величина, димензија и дебљине. При отварању настоји се једним рударским радом захватити више лежишта, односно изабрати најповољније димензије и врсте јамског рада са техничко-економског становишта.

Просторије разраде, као и шире припреме лежишта, усаглашавају се са захтјевима откопне методе и утоварно-транспортне механизације. Тамо гдје могућност дозвољавају ове просторије се израђују кроз боксит, док се у осталим случајевима

вима лоцирају, најчешће, у подинским стијенама, чије су геотехничке карактеристике повољније од кровинских наслага.

Главни извоз руде по косим просторијама најчешће се врши скипом, а у случају отварања лежишта поткопом, обично локомотивском вучом или транспортним тракама.

### МЕТОДЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

Основна метода откопавања која је до сада доминирала у југословенским рудницима боксита са подземном експлоатацијом јесте „*Подетажно пречно откопавање са зарушавањем кровине*“. Ова метода је примјењивана у разним варијантама, зависно од геолошких услова лежишта те геотехничких одлика кровинских и подинских наслага лежишта а нарочито од степена примјене механизације.

У првој фази развоја ове методе остављао се један стуб руде у крову изнад откопног ходника (око 2 m), који се у повлачењу под притиском из крова најчешће сам зарушавао. У даљој фази, откопни ходник се проширивао најприје у једну а затим у другу бочну страну, уз повећавање висине стуба руде изнад откопног ходника. Између руде и јалових стијена у почетку се формирао изолациони, дрвени или од жичане мреже, покров, тзв. „*маг*“, који је спречавао продирање јаловине у откопе и служио као заштита на раду.

С напретком технике бушења и увођењем утоварено-транспортне механизације у јаме, дошло је до даљег усавршавања подетажне методе. Она је и даље остала доминантна у свим рудницима боксита, с тим што су наступиле промјене, нарочито код основних параметара метода. Овако широку примјену ова метода је нашла у бокситима, јер је намијењена за откопавање руде ниске вриједности, која се налази унутар стијена склоних зарушавању.

У односу на друге кориштене методе, у условима нестабилне кровине, подетажна метода има бројне предности:

— могуће је примијенити механизацију на пнеуматски или дизел-погон, у главним фазама производње: бушењу, утовару и транспорту;

— осигурано је коришћење цјелокупне механизације, јер се све фазе производње (припрема, бушење, лепеза, минирање и утовар) могу изводити на посебним радилиштима истовремено, а да једна операција не омета другу;

— сигурност је при раду задовољавајућа, јер се све технолошке операције обављају у подграђеном простору;

— метода омогућава да се рудно тијело потпуно откопа, без остављања сигурносних стубова;

— метода омогућава да се истовремено откопава више подетажа;

— постижу се задовољавајући учинци, уз доста ниске нормативе потрошње материјала.

Основни недостаци методе:

- велики откопни губици (30—40%);
- при откопавању неминовно долази до разблажења и осиромашења руде.

У рудницима са подземном експлоатацијом боксита у Југославији откопавање са подетажном откопном методом изводи се у двије варијанте:

— варијанта подетажне откопне методе са висином етаже сса 6 m,

— варијанта подетажне откопне методе са шаховским распоредом откопних ходника.

#### ПОДЕТАЖНА ОТКОПНА МЕТОДА СА ВИСИНОМ ЕТАЖЕ 6 m

Овај начин откопавања примјењује се већ дужи низ година, са извјесним допунама и промјенама у рудницима боксита централне Босне, Босанске крајине и Херцеговине, где су, углавном, заступљена лежишта мањих димензија, са резервама до 500 000 t. У тим јамама преовлађују пенуматска самоходна механизација на бушењу, утовару и транспорту, чијом је примјеном постигнут значајан напредак у погледу повећавања проводности откопа, продуктивности рада, као и организација рада у свим фазама откопавања.

Висина етажа обично се узима у распоне од 6—8 m, а профили откопних ходника одређени су према габаритима утоварно-транспортне механизације. Раније су износили код ручног рада 2,6 x 2,3 m, док у новије вријеме примјеном утоварно-транспортне машине СAVO-310, профил износи 3,4 x 2,7 m, ширина стуба боксита према старом раду износи сса 2,6 m, а има за циљ да обезбиједи сигурну заштиту према старом раду. Распоред је подетажних откопних ходника по вертикали шаховски, јер се тако постиже повољнији коефицијент искориштења руде.

Кровина боксита је у геолошком смислу састављена од хетерогених седиментних стијена, које се битно разликују у основним геомеханичким показатељима. Ове наслаге су често поремећене са више мањих или већих расједа. Стога при откопавању долази до различитог понашања ових наслага. Тако у неким лежиштима, или чак у дијеловима лежишта, кровина се непосредно зарушава при откопавању, док се у другим лежиштима истог подручја не зарушава, те остају празни простори величине и по неколико десетина метара по пружању и праду.

Основни фактори од којих зависи понашање кровине при откопавању јесу: положај рудних тијела, величина, дебљина, вертикални распоред појединих литолошких чланова кровине, распуцалост кровних наслага те облик и величина отвореног простора.

Код рудних тијела већих димензија и дебљине, која се налазе ближе површини или имају изданак на површини, зарушавање се обично врши доста правилно, пратећи откопавање.

При откопавању дубљих рудних тијела зарушавање кровине често не прати ток откопавања, него наступа тек када се формира већи празан простор, с тим што се руши, углавном, само дно непосредне кровине обухваћене влажним напрезањем. У неким лежиштима околине Јајца и Мостара, која су се налазила ближе површини (до 30 m), гдје је постојала и опасност од изненадног зарушавања, успјешно је вршено принудно зарушавање кровинских наслага бушењем и масовним минирањем са површине. У сличним ситуацијама прављење краћих бушотина и мјерење из јаме није дало жељене ефекте.

При откопавању са остављањем празних простора кровина се уопште не зарушава, или пак зарушава дјелимично дио кровине захваћен влажним напрезањем, тако да практично нема контакта између изминираних руде са обрушеном јаловином. Све фазе при откопавању обављају се у добро подграђеним откопаним ходницима, с тим што се при утовару руде, са утоварно-транспортном машином САVО-310, користе даљинске команде.

У оваквим условима рада откопавање је чисто, откопни губици веома често јављају се, углавном, због расипања руде у празан простор приликом минирања и немогућности потпуног утовара даљинском командом у празном простору.

Овим начином рада лежишта у Рудницима боксита Јајце, гдје се јавља већи број малих лежишта дебљине до 20 m, са резервама боксита до 300 000 t, откопа се 60—70% утврђених геолошких билансних резерви.

#### ВАРИЈАНТА ПОДЕТАЖНЕ ОТКОПНЕ МЕТОДЕ СА ШАХОВСКИМ РАСПОРЕДОМ ОТКОПНИХ ХОДНИКА

Ова варијанта почела се примјењивати тек у новије вријеме у рудницима боксита у Никшићу, а такође се разрађује у новим јамским објектима рудника у Власеници, где су лежишта боксита велика и по неколико милиона тона, са дебљином боксита до 30 m.

Принцип рада у примјени ове варијанте састоји се у изради откопних ходника у шаховском распореду, тако да се при откопавању минира лепеза у бочно геометријски ограниченом сегменту руде, чија висина захвата двије етаже. У овој варијанти откопне методе најважније је постићи закономјерни процес гравитационог кретања изминираних руде у стјешњеној средини. Од тога зависи избор најповољнијих параметара откопне методе с тим и повећано искориштење, односно смањење разблажења руде.



КОМОРНА СТУБНА МЕТОДА ОТКОПАВАЊА СА НАКНАДНИМ  
ЗАРУШАВАЊЕМ КРОВИНЕ

Ова метода примјењује се за откопавање лежишта или дијелова лежишта чије се дебљине крећу око 10 m, а нагиб лежишта и до 15°. До сада се дјелимично примјењивала и у дијелу лежишта званог Биочки Стан (Рудници боксита у Никшићу).

## ПРИМИЈЕЊЕНА МЕХАНИЗАЦИЈА

Бушење на откопима изводи се домаћим бушаћим чекићима РК-28 и шведским Atlas Copco ВВ 90. У Рудницима боксита Никшић у посљедње вријеме гдје услови дозвољавају, буши се бушаћим колима и једним бушаћим чекићем. Руда се утоварује и транспортује пнеуматским утоварно-транспортним машинама САVO-310, шведске производње фирме Atlas Copco (Рудници боксита у Јајцу) и дизел утоварно-транспортним машинама ГНН њемачке производње или Еимсо француске производње (Рудници боксита у Никшићу и у будућем раду боксита у Власеници и Посушју).

Руда се из јаме отпрема трелеј или акумулаторским локомотивама (рудници боксита у Никшићу и Јајцу) и утоварно транспортним машинама Еимсо (Рудник у Посушју).

Превоз људства врши се локомотивски (Рудници боксита у Никшићу) и дизел-камионима (Рудник у Посушју). Материјал у јаму се допрема локомотивски (рудници Никшић и Јајце) и помоћу камиона (Посушје).

У рудницима боксита Власеница и Обровац јама су у изградњи. Оне ће за утовар и транспорт употребљивати дизел-опрему, која је већ набављена.

За израду хоризонталних јамских просторија, поред самоходних пнеуматских и дизел утоварно-транспортних машина (САVO ЕИМСО и ГНН), примјењују се и шинске утоварне лопате (Atlas Copco, Еимсо итд.).

За израду хоризонталних јамских просторија, изнад 45° употребљава се сигурносна скела (ALIMC), док се просторије са нагибом од 8° до 45° раде ручно.

## ЗАКЉУЧАК

Из претходног излагања могу се извести сљедећи основни закључци:

— У бројним лежиштима боксита у Југославији, због исцрпљена лежишта откривених на површини, све више се примјењује јамски систем откопавања. У догледној будућности он ће бити доминанстан у скоро свим бокситоносним рејонима.

— Подину већине лежишта чине компактне карбонатне стијене, кречњаци и доломити, рјебе лапорци, а повлата је хетерогеног састава. Изузетно је чине кречњаци или пјешчари, а чешће лапорци, глине, кварцни пијескови и пјешчари у међусобној измјени. У неким лежиштима (Власеница и др.) са бокситом се налазе глиновити боксити, бокситична глина и прослојци и сочива других стијена, што може да компликује и поскупљује поризводни процес.

— При јамском откопавању у рудницима боксита Југославије углавном се примјењује метода „Подетажно пречно откопавање са зарушавањем кровине“. Примјењују се двије различите варијанте ове методе, зависно од геолошко-рударских одлика лежишта: а) Подетажно пречно откопавање са зарушавањем кровине и б) Подетажна метода са шаховским распоредом откопних поља.

— Оцјењује се да постоје широке могућности развојних и процесних истраживања ради унапређивања постојећих откопних поступака, или увођења сасвим нових, савременијих рјешења. За такве активности боксити су рудници у Југославији перспективно и врло значајно тржиште.

Неопходно је шире организовани научноистраживачки рад на проучавању геотехничких и хидрогеолошких одлика домаћих лежишта боксита подобних само за јамску експлоатацију и одговарајућих метода откопавања и опреме, како би се временом обезбједиле што рационалније и потпуније искористиле домаће резерве боксита.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бешић, З. (1959): Геолошки водич НРЦГ. Титогорад.
- Бурић, П. — Живаљевић, Т. (1979): Лежишта боксита Босне и Херцеговине. Минералне сировине БиХ. Том II, Сарајево.
- Грубић, А. et. all (1976): Оцена перспективности проналажења лежишта мезозојских боксита у Југославији. Херцег-Нови.
- Вукмировић, В. (1976): Боксити региона Црне Горе, као потенцијал развоја. IV југословенски симпозијум о истраживању и експлоатацији боксита. Херцег-Нови.
- Зелковић, Д. (1976): Нека искуства на експлоатацији лежишта боксита системом подземне експлоатације боксита у рејону Јајце. Зборник радова симпозијума о металима. Тузла.

ČIČIĆ, S.  
TOPALLOVIĆ, J.

*Summary*

GEOLOGICAL AND MINING CHARACTERISTIC OF MINE  
EXPLOITATION OF BAUXITE IN SOME YUGOSLAV DEPOSITS

Basic lithofacial characteristics of bauxite deposits of Yugoslavia are shown in this paper with implications of conditions of their location, morphology and dimension. Bauxite deposits of Bosnia and Herzegovina, Montenegro and Croatia are described here.

Special attention is directed to mutual lithofacial and geological characteristics of bauxite deposits in Yugoslavia with regard to possibility of application of different methods of mine system of exploitation, especially of different varieties of substage mine method.

The author points out the great possibility of investigations in this direction, which is of great scientific and practical importance for the mine exploitation development of the part of bauxite reserves that can be exclusively exploited by mine system and that are great in all described terrains.

Most bauxite deposits in Yugoslavia are deposited over hard carbonate rocks, mainly limestones and dolomites. Hanging wall is of heterogeneous structure, composed of marls, clays, quartz sands and conglomerates in mutual exchange and rarely of limestones, dolomites and marls. In bauxite bodies, apart from pure, there also exist clayey bauxite, bauxite clays as well as interbeds and lenses of sandstones and conglomerates.

In former development of mine exploitation »Substage diameter mining with blowing down of hanging wall« method with its different varieties was mainly used.

Future bauxite exploitation will be more and more realised by mine exploitation system which implies the need of intensive study of these methods as well as other newer, modern solutions.

