

Milan KRAGOVIĆ*, Vladimir ŽIVANOVIĆ*, Aleksandra DAKOVIĆ*,
Živko SEKULIĆ*, Marija MARKOVIĆ*

BENTONIT IZ LEŽIŠTA U OKOLINI PETROVCA

Sažetak: Različiti tipovi bentonitskih glina koje kao osnovnu komponentu sadrže mineral montmorilonit su zbog široke rasprostranjenosti i jedinstvenih svojstava našli primenu u različitim industrijskim oblastima. Bentoniti iz ležišta u okolini Petrovca prema vrsti dominantno izmenljivih katjona pripadaju Ca/Mg tipu. Ispitivanja su pokazala da rudonosna serija u ovom ležištu sadrži oko 75% bentonita, dok su poslednje overene rezerve ovog minerala oko 3.250.000 t. Ispitivanja u ITNMS-u su pokazala da je ovaj bentonit kvalitetna sirovina čijom se tehnološkom preradom mogu dobiti različiti komercijalni proizvodi. S obzirom na postojeće rezerve i kvalitet, eksploatacijom bentonita mogu se ostvariti veoma značajni ekonomski efekti.

Ključne reči: *bentonit, montmorilonit, Petrovac, tehnološka prerada, ekonomski efekti*

1. UVOD

Silikatni minerali su velika i značajna grupa minerala. U prirodni se javljaju kao sastojci vulkanskih i metamorfnih stena i čine oko 90% sastava zemljine kore. Osnovna izgrađivačka jedinica svih silikata su SiO_4 tetraedri sa Si^{4+} jonom u centru i O^{2-} jonima u rogljevima. Tetraedri se mogu međusobno povezati preko zajedničkog kiseonikovog atoma, gradeći kompleksnije stukture. Prema načinu međusobnog vezivanja silicijumovih tetraedara silikatni minerali se mogu podeliti u nekoliko grupa [1] i to:

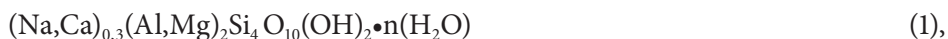
1. nezosilikati kod kojih su tetraedri povezani preko drugih jona (kao što su joni gvožđa, magnezijuma i kalcijuma);
2. sorosilikati koji su dvostruki tetraedri povezani zajedničkim kiseonikovim atomom;
3. ciklosilikati kod kojih su tetraedri povezani tako da grade ciklične – prstenaste strukture;

* Milan Kragović, istraživač-saradnik; Vladimir Živanović, naučni saradnik; Aleksandra Daković, naučni savetnik; Živko Sekulić, naučni savetnik; Marija Marković, istraživač-saradnik; Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

4. inosilikati, čija je struktura sastavljena od jednostrukih i dvostrukih lanaca;
5. filosilikati, koji imaju slojevitu strukturu i
6. tektosilikati kod kojih su tetraedri povezani tako da grade razgranate trodimenzionalne rešetke.

Karakteristična osobina silikatnih minerala je mogućnost zamene u kristalnoj rešetki jona silicijuma jonom aluminijuma, pa se takvi minerali nazivaju alumosilikati. Tako alumosilikatni minerali sa slojevitom strukturom nastaju kondenzacijom oktaedarskih i tetraedarskih slojeva. Tetraedarski slojevi nastaju međusobnim povezivanjem tetraedara sa Si^{4+} jonom u centru i O^{2-} jonima u rogljevima, dok oktaedarski slojevi nastaju povezivanjem oktaedara sa Al^{3+} jonom u centru i šest hidroksilnih grupa u rogljevima. Na osnovu broja oktaedarskih i tetraedarskih slojeva u slojevitoj strukturi takvi minerali se mogu podeliti na: 1 : 1 tip koji nastaje kondenzacijom jednog tetraedarskog i jednog oktaedarskog sloja i 2 : 1 tip koji nastaje kondenzacijom dva tetraedarska i jednog oktaedarskog sloja [1].

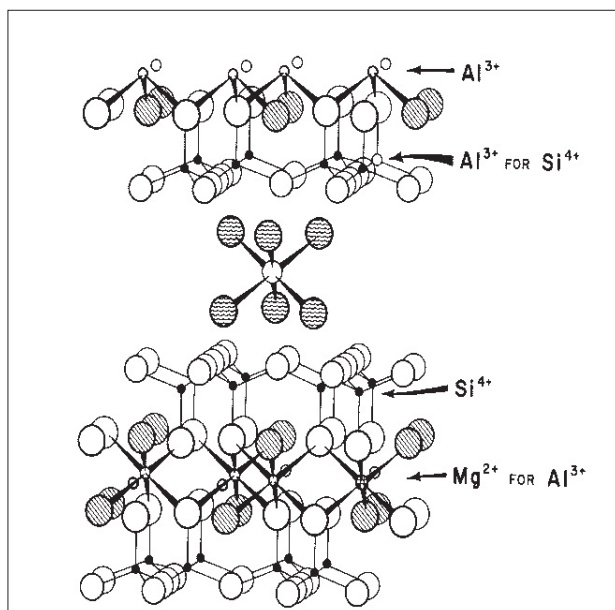
Zbog široke rasprostranjenosti, jedinstvenih osobina, pristupačne cene i minimalnog negativnog uticaja na prirodu kao i zdravlje ljudi i životinja, mineral montmorilonit je predmet velikog broja ispitivanja i našao je široku primenu. Ovaj mineral pripada grupi filosilikata tipa 2 : 1, kod koga se jedan oktaedarski $\text{Al}(\text{OH})_6^{3+}$ sloj nalazi između dva SiO_4^{4-} sloja. Usled izomorfne supstitucije Si^{4+} u tetraedarskim slojevima sa Al^{3+} i moguće ugradnje Fe^{2+} ili Mg^{2+} na mesto Al^{3+} u oktaedarskom sloju, površina montmorilonita je negativno naelektrisana, a ovaj višak negativnog naelektrisanja je kompenzovan pozitivnim jednovalentnim i/ili dvovalentnim katjonima smeštenim u prostoru između slojeva [2, 3] što se može i videti na Slici 1 [4], na kojoj je dat prikaz kristalne strukture ovog minerala. Hemijska formula montmorilonita je data jednačinom 1 [4]:



gde su Na, Ca, Mg, izmenljivi, a Al i Si konstitutivni katjoni.

U prirodi se ovaj mineral nalazi u obliku mineralne sirovine bentonita. Bentonit je glina vulkanskog porekla koja pored montmorilonita kao osnovnog minerala može da sadrži i druge prateće minerale, najčešće kao nečistoće i to kvarc, liškon i sl. Bentonit se odlikuje velikom specifičnom površinom, ali i time što pokazuje izrazito koloidne i disperzione osobine. U prostor između slojeva prodire voda i drugi polarni molekuli što uzrokuje bubrenje kristala i ima za posledicu promenu međuslojnih rastojanja. Prodiranje vode između slojeva daje specifične osobine sistemu montmorilonit-voda i odražava se na osobine suspenzija montmorilonita u vodi, na stabilnost suspenzije, viskozitet, pojavu tiksotropije i plastičnosti.

Kako bi se unapredile osobine prirodnih bentonita, primenjuju se različiti postupci modifikacije, čime se njihova primena može znatno proširiti, posebno u



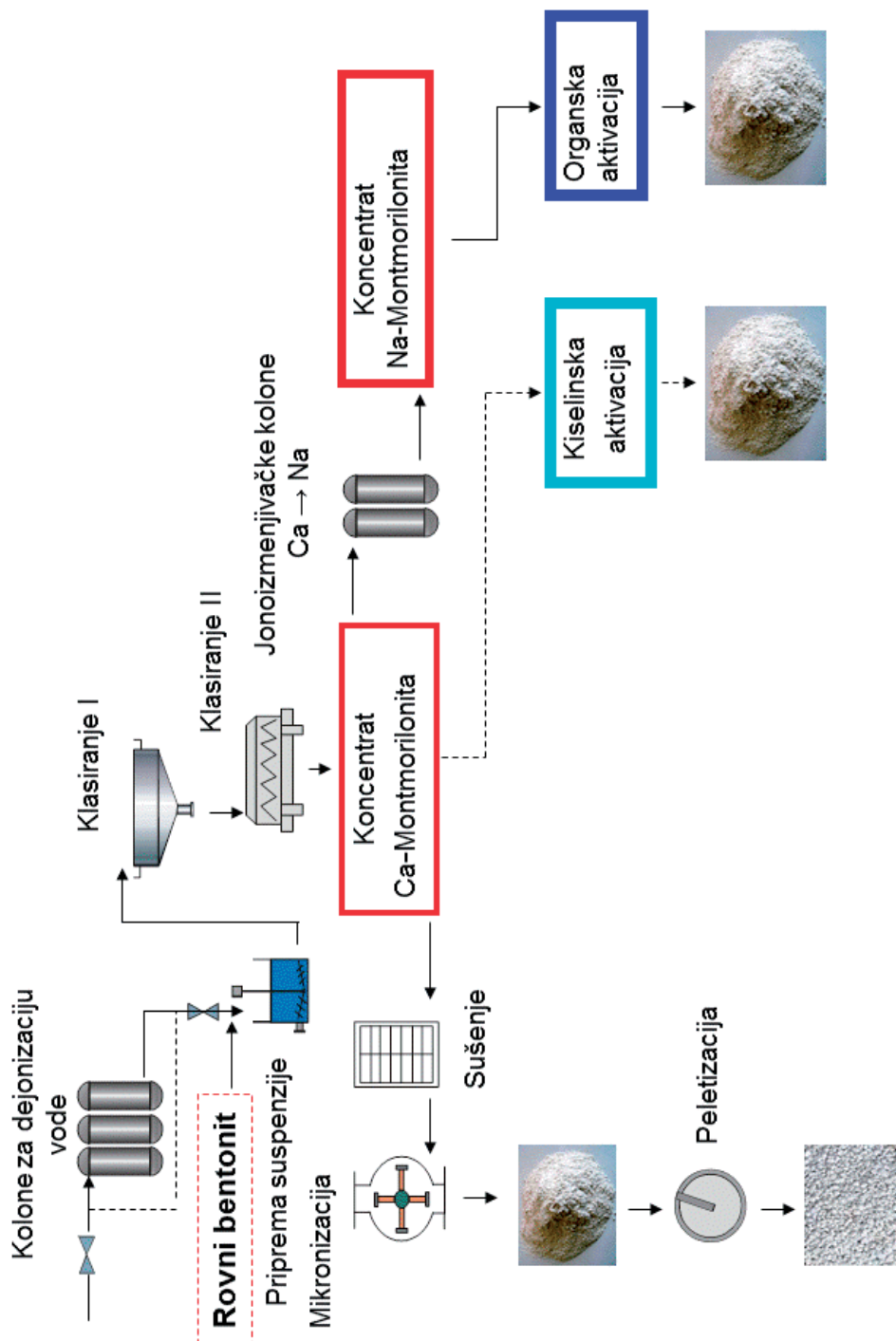
Slika 1. Kristalna struktura minerala montmorilonita [4]

oblasti zaštite životne sredine. Koji će se postupak primeniti zavisi pre svega od namene i željene upotrebe tako dobijenog proizvoda. Tako se npr. neorganska modifikacija koja se najčešće radi upotrebom Na^+ jona, sumporne ili hlorovodonične kiseline primenjuje kada se žele unaprediti osobine bentonita kao adsorbenta jona teških metala u prečišćavanju kontaminiranih voda. Organska modifikacija, koja se često radi upotrebom dodeciltrimetil amonijum-hlorida, heksadeciltrimetil amonijum-bromida itd., koristi se pri dobijaju takozvanih organobentonita, koji se kao adsorbenti poboljšanih osobina u odnosu na prirodni bentonit mogu koristiti za uklanjanje ulja, nafte, boja itd.

2. BENTONIT IZ LEŽIŠTA U OKOLINI PETROVCA

Ležište bentonita kod Petrovca je srednje trijasko starosti (pre 228–245 miliona godina). Prema vrsti dominantnih izmenljivih katjona pripadaju Ca/Mg tipu i javljaju se u slojevima (beli, svetloplavi, žutozeleni). Iskopavanje bentonita iz ovog ležišta se radi u ataru sela Bijelo Polje i to sa lokaliteta: „Bijelo Polje” i „Bijela šuma”.

Lokalitet „Bijelo Polje” se nalazi na području Bijelo Polje – Crnica. Površina istražno-eksploatacionog prostora je 14,27 ha i poslednje overene rezerve bentonita na ovom lokalitetu su iz 1962. god. i iznose 1.818.610 tona [5].



Slika 2. Šema tehnološke prerade bentonita u pilot postrojenju u ITNMS-u [9]

Lokalitet „Bijela šuma” se nalazi na području Korijen dubrave i površina istražno-eksploatacionog prostora je 12,50 ha, dok su poslednje overene rezerve bentonita na ovom lokalitetu takođe iz 1962. god. i iznose 1.429.785 tona. Procenjuje se da rudonosna serija u ova dva lokaliteta sadrži oko 75% bentonita [5].

Ranijih godina bilo je izgrađeno postrojenje za preradu, a ruda se i izvozila u nekoliko evropskih zemalja: Irak, Egipat i SSSR. Ipak, do danas nije došlo do adekvatne komercijalizacije ovog dragocenog resursa, a postrojenje je najvećim delom ruinirano pa rudu u takvom postrojenju nije moguće prerađivati.

Shvatajući značaj ove dragocene sirovine, a posebno ekonomskih efekata koji bi se mogli ostvariti kroz komercijalizaciju velikog broja proizvoda dobijenih tehnološkom preradom bentonita, u Institutu za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS – Beograd) kontinuirano su rađena detaljna laboratorijsko-tehnološka i poluindustrijska ispitivanja bentonita iz ležišta u okolini Petrovca. Na bazi dobijenih rezultata definisana su tehnološka rešenja za dobijanje različitih proizvoda/materijala na bazi prirodnog i modifikovanog bentonita, a koji bi se mogli komercijalizovati u različitim granama industrije [6–8].

Na Slici 2 prikazana je osnovna šema pilot postrojenja za preradu bentonita iz ležišta u okolini Petrovca, koje je razvijeno i montirano u ITNMS-u. Proces prerade bentonita u ovom postrojenju je sledeći: najpre se priprema suspenzija rovnog bentonita i dejonizovane vode. Takva suspenzija se zatim propušta kroz višestruke sisteme za klasiranje, nakon čega se izdvaja koncentrat Ca-montmorilonita. Dalji tretman dobijenog koncentrata zavisi od toga u koje namene se želi koristiti takav proizvod. Tako, ukoliko dalji tretman i modifikacija nisu neophodni, dobijeni koncentrat se najpre suši, zatim mikronizira i na kraju peletizira i kao takav se dalje upotrebljava. Ukoliko je dobijeni montmorilonit iz koncentrata neophodno dodatno aktivira pre upotrebe, primenjuje se jedan od sledeća dva postupka. Prvi je da se koncentrat najpre propušta kroz jonoizmenjivačke kolone u kojima se joni Ca zamenjuju jonima Na i montmorilonit prevodi u Na oblik. Na-montmorilonit, za razliku od kalcijumskog oblika ima sposobnost da bubri i povećava međuslojno rastojanje pa zato ima i znatno veću sposobnost vezivanja velikih molekula, zbog čega se ili kao takav, nakon sušenja, mikroniziranja i peletiziranja može upotrebiti ili se na njemu može uraditi organska modifikacija, čime se dobijaju takozvani organobentoniti. Nakon toga, uzorak se takođe, suši, mikronizira, peletizira i kao takav dalje upotrebljava. Drugi način aktivacije Ca-montmorilonita je neorganskom modifikacijom. Ca-montmorilonit se u tu svrhu tretira neorganskim mineralnim kiselinama, nakon čega se kao i u prethodnim slučajevima suši, mikronizira, peletizira i kao takav dalje upotrebljava. Kapacitet pilot postrojenja u ITNMS-u je svega 50 t/god. i namenjeno je pre svega za dobijanje malih količina koncentrata montmorilonita, dovoljnih za laboratorijska ispitivanja i nije namenjeno za dobijanje većih, ekonomski isplativljih količina koncentrata minerala. Međutim, na

bazi ovog pilot postrojenja moguće je napraviti i znatno veće sisteme i pogone za preradu rude bogate ovim mineralom, u čemu, svojim znanjem i višedecenijskim iskustvom u preradi mineralnih sirovina ITNMS može pomoći.

3. PRIMENA BENTONITA LEŽIŠTA U OKOLINI PETROVCA

Bentonit-montmorilonit se zbog svojih jedinstvenih osobina, kako prirodni tako i modifikovani, može koristiti u raznim granama industrije. Tako se *Ca-bentonit* veoma uspešno može koristiti u:

1. keramičkoj industriji – kao plastifikator keramičke mase;
2. zaštititi životne sredine – za prečišćavanje voda, u obliku praha ili peletiziran – kao adsorbent neorganskih zagađivača;
3. farmaceutskoj industriji – kao plastifikator kod tabletiranja;
4. kod proizvodnje vina – za bistrenje vina;
5. pri proizvodnji stočne hrane – kao dodatak, kao adsorbent toksina;
6. prehrambenoj industriji – kao aditiv suhomesnatim proizvodima;
7. proizvodnji hrane za kućne ljubimce – za dobijanje peletizirane hrane.

Ispitivanjima koja su urađena u ITNMS-u na bentonitu iz ležišta u okolini Petrovca je potvrđeno da je ovaj bentonit posebno dobrih osobina za primenu kao plastifikator kod tabletiranja u farmaceutskoj industriji, ali i kao bistrilac vina u procesu njegove proizvodnje.

Kiselinski aktiviran Ca-bentonit (montmorilonit) se može koristiti kao:

1. katalizator – u naftnoj industriji;
2. kao selektivni adsorbent – kod proizvodnje kopir-papira;
3. prečišćavanje jestivih ulja;
4. sredstvo za izbeljivanje.

Na-bentonit (montmorilonit) se može koristiti u:

1. zaštititi životne sredine:
 - prečišćavanje voda kontaminiranih teškim metalima;
 - izradu hidrauličnih brana – geosintetičkih lajnera (za oblaganja jalovišta, prekrivanja deponija, izradu podloga velikih saobraćajnica);
2. u livarskoj industriji – za proizvodnju kalupa za livenje – kao vezivo;
3. naftnoj industriji – za sprečavanje ubrušavanja bušotine i podmazivanje alata;
4. rudarstvu – peletizaciju rude;
5. za smanjenje otpora cevni uzemljivača;
6. za izradu posipa za kućne ljubimce – kao adsorbent vlage i neprijatnih mirisa.

Ispitivanjima koja su urađena u ITNMS-u na bentonitu iz ležišta u okolini Petrovca je potvrđeno da je ovaj bentonit posebno dobrih osobina za primenu kod prečišćavanje voda kontaminiranih teškim metalima, kao i za izradu posipa za kućne ljubimce odnosno kao adsorbent vlage i neprijatnih mirisa.

Organobentonit (organomontmorilonit) se može koristiti u:

1. industrija boja i lakova na bazi organskih rastvarača – kao stabilizator za sprečavanje taženja pigmenata;
2. livarskoj industriji – za dobijanje alkoholnih premaza kalupa;
3. kozmetičkoj industriji – reološki aditiv u organskim sistemima;
4. zaštiti životne sredine – prečišćavanje voda kontaminiranih uljima, ugljovodonicima, mastima.

Ispitivanjima koja su urađena u ITNMS-u je potvrđena upotrebljivost organobentonita (organomontmorilonita) dobijenog iz ležišta u okolini Petrovca u sve četiri gore navedene potencijalne primene.

4. ZAKLJUČAK

Velike geološke rezerve, visok kvalitet sirovine iz ležišta u okolini Petrovca, koji je verifikovan kroz tehnološka ispitivanja, kao i široke mogućnosti potencijalne primene, ukazuju da bi se ulaganjima u istražne radove, korišćenjem već osvojenih tehnoloških rešenja, kao i razvojem novih tehnologija mogli ostvariti značajni ekonomski efekti, u čemu bi Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina u značajnoj meri mogao pomoći.

LITERATURA

- [1] D. G. Shulze: „An Introduction to Soil Mineralogy”. In: *Minerals in Soil Environments*, Eds.: J. B. Dixon, S. B. Weed, SSSA, Medison, Wisconsin USA, 1989. p. 467–511.
- [2] G. Borchardt: „Smectrites”. In: *Minerals in Soil Environments*, Eds.: J. B. Dixon, S. B. Weed, SSSA, Medison, Wisconsin USA, 1989. p. 675–727.
- [3] I. Shainberg, N. I. Alperovitch, R. Keren: „Charge density and Na-K-Ca exchange on smectrites” *Clays and Clay Minerals*, vol. 35. No 1. February 1987. p. 68–73.
- [4] A. Daković: Doktorska disertacija, *Fakultet za fizičku hemiju, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2001.*
- [5] <http://www.mek.gov.me/files/1200570367.pdf>
- [6] Laboratorijsko-tehnološka ispitivanja bentonita ležišta Petrovac na Moru, *ITNMS, Beograd, 1990.*
- [7] Tehnološki postupak proizvodnje Bentocita, *ITNMS, Beograd, 1990.*
- [8] Interakcija prirodnih minerala sa organskim i neorganskim radikalima, *RFN, P- 0909, 1991–1995.*
- [9] M. Tomašević-Čanović, V. Živanović, M. Dumić: „Šema tehnološke prerade bentonita”, *Pilot postrojenje – ITNMS, Beograd, 1990.*

Milan KRAGOVIĆ, Vladimir ŽIVANOVIĆ, Aleksandra DAKOVIĆ,
Živko SEKULIĆ, Marija MARKOVIĆ

BENTONITE FROM DEPOSIT IN THE VICINITY OF PETROVAC ON SEASIDE

Summary

Due to their wide distribution and unique properties the bentonite clay containing mineral montmorillonite as the main component is used in a wide industrial areas. Bentonite from deposit in the vicinity of Petrovac on seaside (Montenegro) according to the type of dominant exchangeable cations belongs to Ca/Mg type. Studies have shown that the raw material in this deposit contains about 75% of bentonite and total reserves of the mineral are about 3250000 t. The investigations in ITNMS showed that this bentonite is high quality raw material which can be technologically processed to obtain the various commercial products. According to the quantity and quality of raw material in deposit by exploitation of bentonite very significant economic effects can be accomplished.

Key words: bentonite, montmorillonite, Petrovac on seaside, technological processing, economic effects