

АЛЕКСАНДАР С. ПЕТРОВИЋ¹
ДРАГАНА НИКОЛИЋ²

ГЕОМОРФОЛОШКО ПРОУЧАВАЊЕ БИГРА НА ЛОКАЛИТЕТУ БИГРЕНИ ПОТОК (ДОЊА БЕЛА РЕКА)

Извод: Бигарене акумулације у долини Бигреног потока морфогенетски су сложене. Велику важност за појаву бигра, као и код већине других акумулација у Источној Србији, има близина крашког врела. Постојање каскада у клисури Бигреног потока омогућило је првобитни настанак водопадног бигра. Након преграђивања клисуре почиње фаза акумулације баријерног бигра. Тренутно је актуелна ерозивна фаза па је, некада јединствена акумулација, подељена у више мањих. Могућност заштите, услед близине заштићене каптаже, и лепота бигрених водопада указују на потенцијал за туристичку експлоатацију овог локалитета.

Кључне речи: бигар, модели акумулације бигра, заштита бигра, Доња Бела Река, Источна Србија

Увод

Бигар (eng. tufa) је, по дефиницији коју су предложили Pedley и Ford, продукт таложења калцијум-карбоната у условима хладноводног режима (близу амбијенталне температуре) под биолошким и/или физичко-хемијским утицајем (Pedley, Н.М. 1990; Ford, D.G. and Pedley, Н.М. 1996; Pedley, Н.М. et al., 2003). Из саме дефиниције бигра уочљиво је неслагање по питању пресудног фактора који утиче на таложење калцијум-карбоната. Део аутора сматра да без биолошког утицаја нема ни обарања калцијум-карбоната из њиме презасићене воде, односно, настанка бигрених наслага. Друга група аутора стварање бигра приписује физичко-хемијским процесима.

Досадашња истраживања генезе бигра у свету и код нас дају различите резултате у зависности од места његовог настанка. Голубић сматра да таложење, морфологију и дијагенезу бигра треба посматрати у контексту флукутирајуће водене површине (Голубић, С. 1969). Виссина наглашава важну улогу биљака у изградњи основе бигрених наслага (Vuccino, G. et al. 1978). Ordonez и Garcia, проучавајући наслага бигра у централној Шпанији, примењују савремени седиментолошки концепт (Ordonez, S and Garcia, M.A. 1983).

Pedley је, на основу опсежних истраживања и увида у светску литературу, покушао да да класификацију бигра која би помирила различите ставове. Узимајући у обзир напред наведена мишљења, као и мишљења аутора из Северне Америке Pedley је установио пет модела окружења у којима долази до таложења бигрених наслага различитих карактеристика (Pedley, Н.М. 1990). То су:

- модел крашких врела, код кога бигрене наслага настају одмах или у непосредној близини крашких врела,

¹ мр Александар Петровић, асистент приправник, Универзитет у Београду - Географски факултет, Београд, Студентски трг 3/3

² мр Драгана Николић, Општинска управа, Бор, Моше Пијаде 3

Рад представља резултат истраживања пројекта 146010, који финансира Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије

- каскадни модел, где се бигар таложи на каскадама и водопадима,
- флувијални модел, који објашњава настанак бигра на дну плитких река или иза баријера (тип Плитвичких језера),
- језерски модел, за бигар настао у језерима и
- мочварни модел, за бигар настао у мочварним пределима.

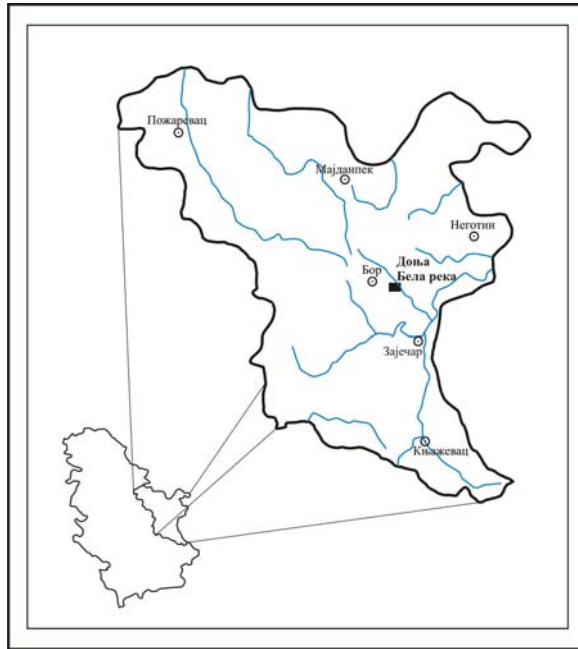
С обзиром на то да се комбиновањем прва три модела може објаснити настанак бигрених наслага у долини Бигреног потока потребно је о њима рећи нешто више. Баријерни флувијални модел је најбоље проучен на подручју Плитвичких језера (Srdoč, D. i dr. 1985). Резултати вишегодишњих истраживања указали су на то да, поред основних услова које представљају презасићеност воде CaCO_3 и рН воде изнад 8, биоценозе играју пресудну улогу у процесу настанка бигра на Плитвичким језерима. Непостојање макро и микроорганизама искључује обарање калцијум-карбоната из воде. Жива материја сачињава нуклеус кристала калцита и омогућава његово агломерирање, односно настанак бигра. Дакле, на местима у водотоку која су, рецимо, обрасла маховином долази до интензивнијег стварања бигра и издизања баријере. Вода се преко те баријере разлива и акумулира још више калцијум-карбоната, те се наслаге бигра додатно повећавају.

Поред испитивања вршених на природним водотоцима генеза бигра проучавана је и експериментално у лабораторијским условима. Значајно истраживање спровели су сарадници Лабораторије за геохемијска истраживања Кинеске академије наука (Chen, J. et al., 2004). Резултати њихових истраживања показују да, за разлику од бигра насталог на баријерама у току, биоценозе немају значајнију улогу у настанку водопадног бигра. Генезу бигра објашњавају као резултат турбуленције воде. Вода се креће преко каскада и одсека у водотоку и том приликом долази до заробљавања ваздуха унутар воде и стварања “феномена беле воде” (Chanson, H. 1995). Овакав “аерациони ефекат” је важан за обарање калцијум-карбоната. Даље, услед велике брзине кретања воде преко каскада смањује се њен притисак, сходно Бернулијевом ефекту. Нижи притисак, по Хенријевом закону, омогућава дегасификацију воде, односно, отпуштање CO_2 . На крају, вода се ударајући о стене распрскава у ситне капљице, што омогућава даљу дегасификацију. Губитак CO_2 напред поменутих методама, а тиме и обарање калцијум-карбоната из воде, десет пута је веће од губитка CO_2 абсорбованог од стране алги (Chen, J. et al., 2004).

По моделу крашких врела бигар се акумулира непосредно на месту избијања воде на топографску површину или нешто низводније (Pedley, H.M. 1990). Наслаге бигра имају лепезаст изглед у плану. Профил им је клинаст, са најтањим делом близу извора и дебљим даље од њега. Овај тип бигрених акумулација најсличнији је наслагама бигра које су 1991. године истраживали сарадници Лабораторије за Физичку географију Географског факултета у Београду. Већина бигрених акумулација које је проучавао Гавриловић припада овом типу. Акумулације Тумане, Бели изворац, Бук и Велико врело настају одмах испод врела и лепезасто се шире (Гавриловић, Д. 1992). У прилог распрострањености овог типа бигрених наслага иде и закључак да се обарање калцијум-карбоната у Источној Србији дешава непосредно након избијања биготворне воде на топографску површину (на дужини од 150 до 1200 метара), што је у супротности са акумулацијом бигра на Плитвичким језерима (Манојловић, П. 1996). Такође, овом типу припадају и бигрене акумулације на локалитетима Фунђури, Шумећа и Запад у Ракобарском басену (Петровић, А. 2005).

Географски положај и геолошке карактеристике истраживаног подручја

Село Доња Бела Река налази се источно од Бора (карта 1). Смештено је у доњем делу слива Равне реке, притоке Беле реке, између врхова Голог крша на северозападу и Рготинског камена на југоистоку. Равној реци у селу, са дене стране, притиче Бигрени поток. Он претставља низводни део периодичног тока Сурдуп чија се, местимично клисураста, долина пружа од подножја Голог крша до Доње Беле Реке. Када се Сурдупу прикључи вода из врелске пећине на његовој десној обали нови ток носи назив Бигрени поток.



Карта 1. Географски положај истраживаног подручја

Врело Бигреног потока налази се на контакту између стена јурске и кредне старости. Јурске стене претстављене су слојевитим и банковитим кречњацима и доломитима а кредне агломератима и бречама аугит-хорнбленде и хорнбленда андензита (Антонијевић, И. и др., 1976). Врело је каптирано средином прошлог века, а за воде које истичу из њега установљено је порекло са Борског Стола и Голог крша. Капацитет врела износи између 20 и 70 l/s (извор информација је Борски водовод).

Узводно од врела, клисурасти део потока Сурдуп изграђен је у доњекредним слојевитим и банковитим кречњацима. Низводно од њега, клисурасти део Бигреног потока усечен је у јурским слојевитим и банковитим кречњацима и доломитима. Након изласка Бигреног потока из клисуре бигрене наслаге су наталожене на миоценске глине, пескове и пешчаре (карта 2).

Морфометријске карактеристике бигара Бигреног потока

Прва акумулација бигра (ак1) налази се 530 m низводно од врела, у клисурастом делу долине Бигреног потока (карта 2). На овом месту бигар је

преградио долину на целој њеној ширини (12 m). Узводни део акумулације испуњава преграђени део долине бигром на дужини од око 6 m. Низводно се акумулација завршава вертикалним одсеком максималне висине 8 m у средишњем делу (слика 1, ак1). Надморска висина горње ивице одсека износи 295 m. Бигрени поток се усекао у десну страну акумулације и формирао слап висине 5 m.

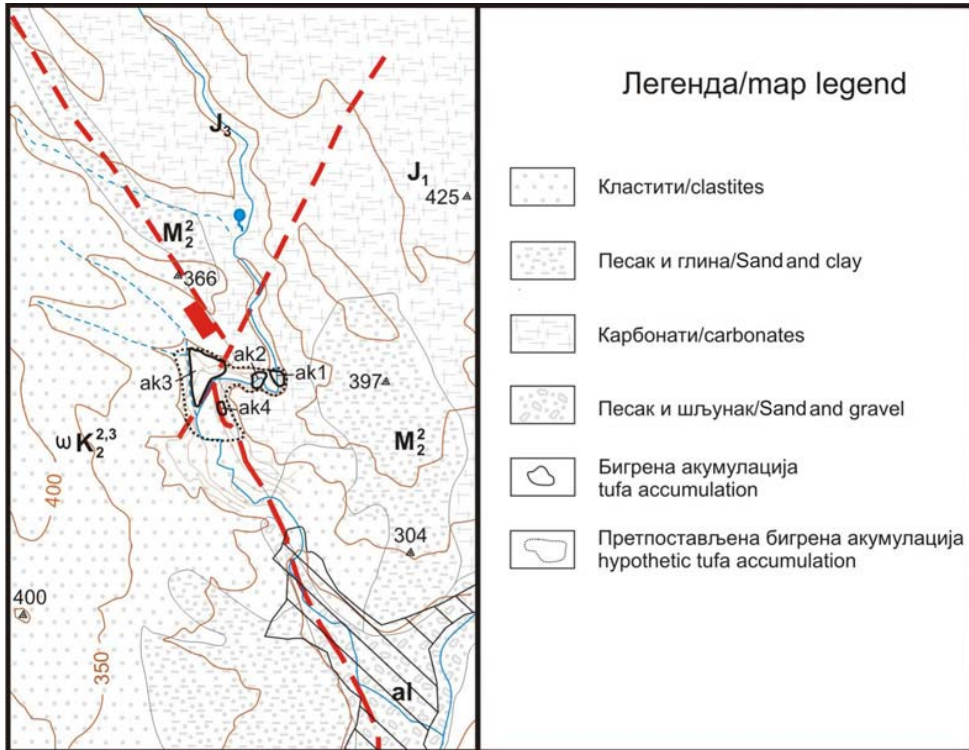


Слика 1. Акумулације бигра у долини Бигреног потока

Друга акумулација бигра (ак2) смештена је 100 m низводније од прве акумулације (карта 2) на 285 m н.в. И ова акумулација преграђује уску клисурасту долину Бигреног потока на ширини од око 10 m и дужини од око 5 m. Завршава се низводним одсеком од 6 m. Бигрени поток се усекао у акумулацију и са ње се спушта у виду слапа висине 3 m (слика 1, ак2).

За разлику од прве две, трећа акумулација бигра (ак3) је представљена широком заравњеном терасом на десној долинској страни Бигреног потока (карта 2).

Благо је нагнута према току, ка коме се завршава стрмим одсеком (5 m р.в.). Надморска висина ове бигрене терасе се креће између 290 и 280 m. Површина на којој је могуће уочити бигрене насlage износи 11.500 m². У западну ивицу акумулације се усекао поток који притиче са десне стране Бигреном потоку (слика 1, ак3).



Карта 2. Геоморфолошка карта бигрених акумулација у долини Бигреног потока

У клисури Бигреног потока уочљиви су остаци некада веће акумулације. На зидовима клисуре висе комади бигра прилепљени уз њега, са просечном релативном висином око 8 m. Након излаза из клисуре, на левој долинској страни, испод 0,5 m падинског акумулативног материјала налази се слој бигра (ак4). Ова акумулација (карта 2) детектована је на једном отвореном профилу поред макардамског пута, док се бигар може уочити на још неколико локација на стрмим обалама Бигреног потока 50 m низводније од ове акумулације.

Реконструкција настанка бигрене акумулације

Бигрена акумулација у долини Бигреног потока налази се у ерозивној фази. Поток се усекао у некадашњу акумулацију и већим делом је еродовао. Од некада јединствене акумулације остала су три јасно изражена дела и неколико локација на којима је бигар покривен падинским и флувијалним материјалом.

За настанак бигрене акумулације важну улогу има појава врела на десној страни потока Сурдуп. Положај врела је највероватније везан са укрштањем раседа, од којих се већи пружа правцем северозапад-југоисток а мањи североисток-југозапад. Вода из врела непосредно утиче у већ постојећу клисурасту долину Сурдупа. С

обзиром на то да је Сурдуп периодични ток, док вода из врела истиче током целе године, мештани овај део тока након врела називају Бигрени поток.

Од врела до прве каскаде у клисури, на око 400 m тока, осим по дну потока није било већих акумулација бигра јер се вода креће током малог нагиба. У клисури Бигреног потока налазе се две веће каскаде. На њима се првобитно акумулирао водопадни бигар. Када су акумулације овог водопадног бигра нарасле толико да су преграђивале читаву клисуру почела је фаза акумулације баријерног бигра. Тако сталожен бигар има јасно уочљиву слојевиту структуру и разликује се од водопадног бигра чија је структура луковичаста и обично садржи већу количину карбонификованог фитогеног материјала (гранчице, лишће итд.) (Pedley, H.M. 1990; Glover, C. and Robertson, A.F. 2003). Таложње бигра је напредовало низводно од ових каскада тако да се, на крају, ова једнствена акумулација простирала око 500 m низводно од прве каскаде, са просечном ширином око 150 m (карта 2). Надморска висина ове акумулације износила је 290 m.

Концепт заштите и одрживог развоја локалитета

Бигар, као специфична седиментна стена, у себи носи информације о геолошким, геоморфолошким и еколошким условима који су владали приликом његовог таложња. Скуп ових услова под којим се талози бигар обично су синоним за “здраву” животну средину (Ђуровић, П. 1998). Реконструкцијом палеогеоморфолошких, палеохидролошких и палеоклиматолошких услова заступљених приликом настанка бигрене акумулације може се решити знатан број локалних, регионалних, па и континенталних научних проблема. Из свих ових разлога треба бигар посматрати као значајну природну вредност и радити на његовој заштити.

Генерални концепт заштите односи се на очување природних вредности бигра и форми на њему (Гавриловић, Д. и Ковачев, Н. 2008), као и на његовој валоризацији. Стање бигра у долини Бигреног потока последица је природних и антропогених утицаја. Пошто на природне утицаје немамо велики утицај треба обратити пажњу на лоше деловање самог човека. Врело на десној обали Сурдупа је каптирано средином прошлог века. Већи део воде из врела отиче у Борски водовод, док се само 20 l/s пропушта преко преливнице. Одржавање биолошког минимума важно је за опстанак бигрених акумулација.

С обзиром на то да је каптирано врело и део површине око њега заштићено законом, треба узети у разматрање могућност проширења ове заштите и на низводни део Бигреног потока у коме се налазе бигрене акумулације. Такође, треба искористити чињеницу да су кроз клисуру Бигреног потока од врела до села извршени радови на изградњи локалног водовода, те се његова траса може искористити за пешачку стазу. Проходна пешачка стаза допринела би доступности бигрених водопада оку већег броја посматрача, јер су данас ови локалитети доступни само авантуристима. Овим би бигрене акумулације добиле функцију едукације и презентације исконске природне амбијенталне целине, а само село додатну природно-туристичку вредност.

Закључак

Распрострањење проучаваног бигра у нашој земљи, па самим тим и у Источном Србији, приказао је на карти Ђуровић (1998). Бигрене акумулације у долини Бигреног потока представљају једну од бројних мањих, неистражених, локалитета у Источној Србији. Геоморфолошким проучавањем ових локалитета дефинисаће се њихове морфолошке и морфогенетске карактеристике, али се могу

реконструисати и палео услови који су владали током њиховог настанка. Све проучаване акумулације у овом раду део су јединствене бигрене акумулације, која је накнадно еродована и смањена. За настанак ове акумулације од велике је важности близина крашког врела и постојање каскада у току. Каснији антропогени захвати на врелу само су појачали природно неповољне услове за даље акумулирање бигра. Како би се максимално искористио потенцијал преосталих наслага бигара и природна лепота водопада на њима, локалитет треба заштитити и радовима привести туристичкој функцији.

Литература

- Антонијевић, И., Каленић, М., Ђорђевић, М., Лончаревић, Ч., Читулић, М., и Шкулетић, Т. (1976). *Лист Бор*. Београд: Савезни геолошки завод, ОГК, 1:100000
- Buccino, G., D'Argenio, B., Ferreri, V., Brancaccio, L., Ferreri, M., Panichi, C., and Stanzione, D. (1978). *I travertine della bassa valle del Tanagro (Campania)*. Studio geomorphologia, sedimentologia e geochimico. *Boll. Soc. Geol. It.*, 97: 643-646. (English summary).
- Гавриловић, Д. (1992). Геоморфолошка проучавања бигра и Источној Србији. *Зборник радова. Географски факултет Универзитета у Београду*, 39, 15-28
- Гавриловић, Д. и Ковачев, Н. (2008). Бигрена акумулација код манастира Тумане. *Заштита природе. Завод за заштиту природе Србије*, 60/1-2, 367-374
- Glover, C. and Robertson, A.F. (2003). Origin of tufa (cool-water carbonate) and related terraces in the Antalya area, SW Turkey. *Geological journal*, 38, 329-358
- Golubić, S. (1969). *Cyclic and non-cyclic mechanisms in the formation of travertine*. Ver.Int. Theor. Ungew. Limnolo., 17, 956-961.
- Ђуровић, П. (1998). Бигар – значајна природна вредност караса Србије. *Заштита природе. Завод за заштиту природе Србије*, 48-49, 163-170
- Манојловић, П. (1996): Прилог познавању генезе бигра. *Зборник радова. Географски факултет Универзитета у Београду*, 46, 17-32.
- Ordóñez, S. and García del Cura, M./A., 1983. Recent and Tertiary fluvial carbonates in central Spain. In: J.D. Collinson and J. Lewis (Editors): *Ancient and modern fluvial systems*. International Association for Sediment, Special Publication, 6: 485-497.
- Pedley, H.M., (1990). Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sedimentary Geology*, 68, 143–154.
- Pedley, M., Gonzalez Martin, J.A., Ordóñez, S., García del Cura, M.A., (2003). Sedimentology of Quaternary perched springline and paludal tufas: criteria for recognition, with examples from Guadalajara Province, Spain. *Sedimentology*, 50, 23–44.
- Petrović, A. (2005). Karst relief in the basin of brook Rakobarski potok. U *Physico-geographical problems of Carpatho-Balkan mountains in Serbia*. Faculty of Geography Belgrade University, 23-44
- Srdoč, D., Horvatinčić, N., Obelić, B., Krajcar, I. i Slijepčević, A. (1985). Procesi taloženja kalcita u kraškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera. *Krš Jugoslavije*. 11/4-6. 101-204.
- Ford, D.G., Pedley, M.H., (1996). A review of tufa and travertine deposits of the world. *Earth-Science Reviews*, 41, 117–175.
- Chanson, H. (1995). Air– water gas transfer at hydraulic jump with partially developed inflow. *Water Research*, 29, 2247–2254.
- Chen, J., Zhang, D.D., Wang, S., Xiao, T. and Huang, R. (2004). Factors controlling tufa deposition in natural waters at waterfall sites. *Sedimentary geology*, 166, 353-366

ALEKSANDAR S. PETROVIĆ¹
DRAGANA NIKOLIĆ²

GEOMORPHOLOGIC STUDY OF TUFA ON THE LOCALITY BIGRENI STREAM (DONJA BELA REKA)

Abstract: The tufa accumulations in the valley of Bigreni stream are morphogenetically complex. The great importance for the occurrence of tufa, as in majority of other accumulations in Eastern Serbia, has the vicinity of the karst spring. The presence of cascades in the gorge of Bigreni stream enabled primary formation of waterfall tufa. After partitioning the gorge, the phase of the barrier tufa accumulation began. The erosive phase is currently present and therefore, once unique accumulation has been divided into several smaller accumulations. The possibility for protection because of the vicinity of the protected capped spring and the beauty of tufa waterfalls indicate the potential for tourist exploitation of this locality.

Key words: tufa, models of tufa accumulation, protection of tufa, Donja Bela River, Eastern Serbia

Introduction

Tufa is, by definition suggested by Pedley and Ford, a sedimentary product of calcium carbonate deposition in the conditions of coldwater regime (near ambient temperature) under biological and/or physical-chemical influence (Pedley, H.M. 1990; Ford, D.G. and Pedley, H.M. 1996; Pedley, H.M. et al., 2003). There is a notable discrepancy in the definition itself concerning the question of the crucial factor which influences the deposition of calcium carbonate. Some authors think that without biological influence there would not be precipitation of calcium carbonate from the water supersaturated with calcium carbonate, i.e. there would not be tufa deposits. The other group of authors thinks that tufa is formed under the physical-chemical processes.

The recent researches of the tufa genesis in the world and in our country give different results depending on the location of its formation. Golubic thinks that deposition, morphology and diagenesis of tufa should be observed in the context of fluctuating water surface (Golubic, S. 1969). Buccino emphasizes the important role of plants in forming the foundation of tufa deposits (Buccino, G. 1978). Ordonez and Garcia, studying tufa deposits in central Spain, have applied contemporary sedimentology concept.(Ordonez, S. and Garcia, M.A. 1983).

Pedley tried, on the basis of the voluminous researches and the insight into the world literature, to give the classification of tufa which would reconcile different attitudes. Taking into consideration the aforementioned views, as well as the view of the authors from North America, Pedley established five models of environments in which tufa deposition of different characteristics occur. (Pedley, H.M. 1990). They are:

- Karst spring model, where tufa deposits are formed immediately or in the direct vicinity of the karst springs,
- Cascade model, where tufa is deposited on the cascades and waterfalls,
- Fluvial model, which explains the formation of tufa on the bed of shallow rivers or behind the barriers (Plitvica Lakes Type)

¹ мр Александар Петровић, асистент приправник, Универзитет у Београду - Географски факултет, Београд, Студентски трг 3/3

² мр Драгана Николић, Општинска управа, Бор, Моше Пијаде 3

Рад представља резултат истраживања пројекта 146010, који финансира Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије

- Lake model for the tufa deposited in lakes and
- Marsh model for the tufa deposited in marsh areas

Considering the fact that with the combination of the first three models can be explained the formation of tufa deposits in the valley of Bigreni stream it is necessary to say something more about them. The barrier fluvial model is best studied on the area of Plitvica Lakes (Srdoč, D. et al., 1985). The result of several-year-long researches pointed to the fact that, apart from the basic conditions which present water supersaturated with CaCO_3 and water Ph above 8, the biocenoses play crucial role in the process of the tufa formation on Plitvica Lakes. The absence of macro and microorganisms excludes precipitation of calcium carbonate from water. Live matter composes the nucleus of calcite crystal and it enables its agglomeration, i.e. the formation of tufa. Therefore, more intensive formation of tufa and rising of barrier occur at some places of a water flow which are, for example overgrown with moss. Water flows over that barrier and accumulates even more calcium carbonate, so the tufa deposits additionally increase.

Apart from the researches carried out on the natural water flows, the tufa genesis was studied experimentally in the laboratory conditions. The significant research was carried out by cooperators of the Laboratory for Geochemical Researches of the Chinese Academy of Science (Chen, J. et al., 2004). The results of their research show that, contrary to the tufa formed on the barriers in the flow, biocenoses do not have so important role in the formation of waterfall tufa. The tufa genesis they explain as the result of water turbulence. Water moves over cascades and slopes of water flow and during that process air is captivated inside the water and creates “the white water phenomenon”. (Chanson, H. 1995). Such “aeration effect” is important for precipitation of calcium carbonate. Additionally, because of the high velocity of water over cascades its pressure decreases in accordance with the Bernoulli’s effect. Lower pressure, according to Henry’s law, enables degasification of water, that is outgassing of CO_2 . At the end water, hitting the rocks, burst into tiny drops which enables further degasification. The loss of CO_2 by the above mentioned methods and thus precipitation of calcium carbonate from water is ten times larger than the loss of CO_2 absorbed by algae. (Chen, J. et al., 2004).

According to the karst spring model -tufa is accumulated directly at the place where water emerges onto the topographic surface or slightly more downstream. (Pedley, H.M. 1990). The tufa deposits are fan-like in the plane. Their profile is cuneiform with the thinnest part near the river source and thicker part away from it. This type of tufa accumulations is the most similar to the tufa deposits which were researched by cooperators of the Laboratory for Physical Geography of the Faculty of Geography in Belgrade in 1991. The majority of tufa accumulations which D. Gavrilovic studied belong to this type. The accumulations of Tumane, Beli izvorac, Buk and Veliko vrelo are formed just below the spring and they are spread in fan-like manner. (Gavrilovic, D. 1992). In favour of the distribution of this type of tufa deposits also goes the conclusion that the precipitation of calcium carbonate in Eastern Serbia occurs immediately after the emergence of the tufa forming water onto the topographic surface (on the length of 150 to 200m), which is contrary to the tufa accumulation on Plitvica Lakes (Manojlovic, P. 1996). Also, to this type belong the tufa accumulations on the localities of Fundjuri, Sumeca and Zapod in the Rakobarska Basin (Petrovic, A. 2005).

Geographic location and geologic characteristics of the researched area

Village Donja Bela Reka is situated eastward from town Bor (map 1). It is located in the lower part of the drainage basin of the Ravna River, a tributary of the Bela River, between the peaks Goli Krs on the north-east to Rgotinski kamen on the south-east. Into the

Ravna River in the village inflows Bigreni stream from the right side. It is a downstream part of intermittent Surdup flow whose partly gorge-like valley spreads from the foot of Goli krs to Donja Bela Reka. When the water from the spring cave joints Surdup on its right bank, then this new stream is called Bigreni stream.

Map1. Geographic location of the researched area

The spring of Bigreni stream is situated at the contact of the rocks of Jurassic and Cretaceous age. The Jurassic rocks are presented with the laminated limestone and dolomites and Cretaceous rocks with agglomerates and breccia augit-hornblende and hornblende andensit. (Antonijevic, I. et al., 1976). The spring water was capped in the middle of the previous century, and it was established that the waters which outflow from it originate from Borski Sto and Goli krs. The capacity of the spring water is between 20 and 70 l/s (the source of information comes from the water supply system of Bor).

Upstream from the spring, the gorge-like part of the Surdup stream is formed in the Lower Cretaceous laminated limestone. Downstream from it, the gorge-like part of Bigreni stream is cut into Jurassic laminated limestone and dolomites. When Bigreni stream exits the gorge, the tufa deposits are accumulated on Miocene clay, sands and sand-stones.(map 2).

Morphometric characteristics of the tufa in Bigreni Stream

The first accumulation of tufa (acc1) is located 530 m downstream from the spring, in the gorge-like part of the valley Bigreni Stream (map2). On this spot the tufa partitioned the valley on its full length (12m). Upstream part of the accumulation fills the partitioned part of the valley with tufa on the length of about 6m. Downstream the accumulation finishes with vertical slope of the maximal 8 m height in the central part (picture 1, acc1). The altitude of the upper edge of the slope is 295m. Bigreni Stream is cut into the right side of accumulation and has formed 5m high waterfall.

Picture1. The tufa accumulation in the valley of Bigreni stream

The second accumulation of tufa (acc2) is located 100m downstream from the first accumulation (map2) on 285m of altitude. This accumulation also partitions narrow gorge-like valley of Bigreni Stream on the width of 10m and 5m length. It finishes downstream with 6m high section. Bigreni Stream is cut into the accumulation and it descends in the form of 3m high waterfall (picture1, acc2).

Contrary to the first two, the third accumulation of tufa (acc3) is presented with a wide leveled terrace on the right side of Bigreni Stream (map2). It is slightly inclined to the flow, towards which finishes with steep section (5m of relative height). The altitude of this tufa terrace moves from 290m to 280 m. The area where it is possible to notice tufa deposits has 11500 m². A stream is cut into the west edge of the accumulation inflowing from the right side of Bigreni stream (picture 1, acc3).

Map 2. Geomorphological map of tufa accumulations in the valley of Bigreni Stream

In the gorge of Bigreni Stream the remains of once big accumulation are noticeable. On the walls of the gorge, parts of tufa are hanging attached to it with the average relative height about 8m. A layer of tufa is located after the exit from the gorge on the left valley side, 0.5 m below slope accumulative material (acc4). This accumulation (map2) is registered on the one open profile next to the macadam road, while tufa can be

seen on several more locations on the steep banks of Bigreni Stream, 50 m downstream from this accumulation.

The reconstruction of the formation of tufa accumulation

The tufa accumulation in the valley of Bigreni Stream is in erosive phase. The stream was cut into the former accumulation and mainly eroded. Three clearly expressed parts and several locations on which tufas are covered with slope and fluvial materials have remained out of once unique accumulation.

Significant role for the formation of tufa accumulation has the appearance of spring on the right side of the stream Surdup. The location of spring is most probably connected to the crossing of the faults where bigger spreads in the direction northwest-southeast and smaller in the direction of northeast-southwest. Water from the spring directly inflows into the already existing, gorge-like Surdup valley. Considering the fact that Surdup is intermittent stream, while water from the spring outflows whole year, local people call this part of the stream after the spring –Bigreni Stream.

From the spring to the first cascade in the gorge, on about 400m of flow, apart from the stream bed, there has not been any bigger accumulation of tufa since the water moves along the small inclination. In the gorge of Bigreni Stream there are two bigger cascades. First, the waterfall tufa was accumulated on them. When the accumulations of the waterfall tufa increased so much that they partitioned the whole gorge, the phase of barrier tufa started. Such accumulated tufa has clearly noticeable stratified structure and it differs from the waterfall tufa whose structure is curvy and usually contains high quantity of carboniferous phytogenic material (branches, leaves, etc) (Pedley, H.M. 1990; Glover, C. and Robertson, A.F. 2003). The accumulation of tufa advanced downstream from these cascades so that, at the end, this unique accumulation spread about 500m downstream from the first cascade, with the average width about 150m (map2). The altitude of this accumulation was 290m.

The concept of protection and maintaining development of the locality

A tufa, as a specific sediment rock carries in itself the information about geologic, geomorphologic and ecologic conditions which ruled during its formation. The sum of these conditions under which tufa accumulates is usually synonym for “healthy” environment (Djurovic, P. 1998). The reconstruction of palaeogeomorphologic, palaeohydrologic and palaeoclimatologic conditions which were present during the formation of tufa accumulation can solve significant number of local, regional, and even continental scientific problems. For these reasons tufa should be observed as important natural value and it should be worked on its protection.

General concept of protection refers on the conservation of natural values of tufa and the forms on it (Gavrilovic, D. and Kovacev, N. 2008), as well as on its valorization . The tufa condition in the valley of Bigreni Stream is the consequence of natural and anthropogenic influences. Since we do not have great power on the natural influences the attention should be paid on the harmful activity of man. The spring on the right bank of Surdup was capped in the middle of the last century. The most part of the spring outflows in Bor water supply system, while only 20 l/s passes through the overflow pipe. Maintenance of biological minimum is important for the existence of tufa accumulations.

Considering the fact that the capped spring and a part of the area around it is protected with law, the possibility of expanding this protection to the downstream part of Bigreni Stream, where tufa accumulations are located, should be considered. Additionally,

since the works on the construction of the local water supply were carried out through the gorge of Bigreni Stream from the spring to the village, its route can be used for the footpath. Passable footpath would contribute to the accessibility of the tufa waterfalls to the eyes of many observers since today these localities are accessible only to adventurers. With this, the tufa accumulations would receive educational function and presentation of a very old natural ambient totality, and the village itself additional natural-tourist value.

Conclusion

The distribution of the studied tufa in our country, and thus in Eastern Serbia was shown on the map by Djurovic (1998). The tufa accumulation in the valley of Bigreni Stream present one of the numerous smaller, unexplored localities in Eastern Serbia. With the geomorphologic research of these localities their morphologic and morphogenetic characteristics would be defined, and the palaeo conditions which were present during their formation can be reconstructed as well. All the researched accumulations in this paper are a part of unique tufa accumulation, which was subsequently eroded and lessened. For the formation of this accumulation of great importance are the vicinity of karst spring and the presence of cascades in the flow. Later anthropogenic actions on the spring only intensified naturally unfavorable conditions for further accumulation of tufa. In order to maximally use the potential of the remaining tufa deposits and natural beauty of the waterfalls on them, the locality should be protected and the tourist function should be given to the works.

References

See references on page 67

