

ГИПСНИ РЕЉЕФ КОСОВРАСТА У ДОЛИНИ РАДИКЕ ВИШЕ ДЕБРА

У в о д

Између водопропустљивих и лакше растворљивих стена, од којих кречњак са својим специјалним карсним облицима има највеће распрострањење на земљиној површини те и највећи значај у геоморфологији, гипс после соли спада у најрастворљивије стене. Као и сасвим блиски му анхидрит (CaSO_4), тако се и гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) у води доста лако, чак и још лакше раствара: у 10.000 делова воде растварају се 20 делова анхидрита, а 25 делова гипса.¹⁾ При томе тако снажном хемијском дејству воде, и у гипсу настају извесни одређени облици рељефа, не само ерозивни, који се у неким главним геолошким делима једино и наводе, а међу њима само вртаче и пећине,²⁾ већ под извесним нарочитим условима, као што ће се у овоме прилогу показати, такође и акумулативни, слично серијама карсних облика кречњачких терена.

При свему томе, полазећи од чињенице што „ретко образује веће масиве”, гипс се, чак и код самог општег проматрања о географском понашању разних стена и њиховом утицају на рељеф, у неким главним физичкогеографским делима и скоро сасвим занемарује. Тако *Emm. de Martonne* само узгред напомиње да особености рељефа које гипс одређује, међу које убраја једино вртаче и локална стропштавања, јесу последице истих својстава као и у кречњака; притом прелази сасвим овлаш и преко ових напоменутих ерозивних облика гипсног земљишта, док акумулативне и не спомиње, па се бави искључиво морфолошким појавама кречњачких терена.³⁾ Међутим, *E. A. Martel* се у своје исцрпном делу о подземним водама и нарочито задржао на морфологији гипсног земљишта, и то такође само на ерозивним облицима, као што су то безбројне природне шупљине у гипсу, било површинске, у облику вртача, било подземне, у облику пећина, помоћу којих услед обурвавања гипсних маса долази

¹⁾ *Dr. Em. Kayser*, Lehrbuch der allgemeinen Geologie, Bd. I, Stuttgart 1923, стр. 355.

²⁾ *Ibid.*

³⁾ *Emm. de Martonne*, Traité de Géographie physique, Paris 1913, стр. 469-470.

и до тренутних модификација на површини рељефа.⁴⁾ Наводећи многобројне примере оваквих ерозивних облика из разних гипсних терена Европе, Африке и Америке, напомиње да су у Мароку на површини гипсног земљишта развијени каткад и шкрапари⁵⁾, поред већ наведених облика насталих дубинским растварањем гипсних маса.

Слично *Emm. de Martonne-у*, и *Ј. Цвијић* у своме главном геоморфолошком делу потпуно занемарује морфолошке црте гипсног земљишта. Једино што напомиње, да се и у гипсу јављају облици рељефа и хидрографске појаве сличних особина карсним облицима и карсној хидрографији кречњачког земљишта, али тако да су ове појаве у гипсу „ипак мање развијене него у кречњаку и изложене су непрекидним променама”, у толико пре што се гипс, као и со, још лакше раствара од кречњака.⁶⁾

И поред тога што су гипсне стене много мањег географског распрострањења од кречњачких стена, тим пре што су се у већим масама из старијих геолошких доба услед лакше растворљивости одржале само тамо где су дуго остале заштићене каквим вододржљивим повлатским слојевима; и поред тога што су ерозивни облици у гипсним стенама због њихове лакше растворљивости подложни бржој еволуцији него у кречњачким стенама; али која је уосталом иначе непрекидна, изложена вечитим променама и у једним и у другим стенама, — ипак, ради потпуности познавања целокупног геоморфолошког феномена, који управо није ништа друго до геолошки вековна еволуција, непрекидна промена црта на лицу земљином, потребно је обратити пажњу и на ове облике, који настају хемијским дејством воде у гипсном земљишту и овде-онде пружају извесне карактеристичне морфолошке и хидрографске црте земљиног рељефа. Ово приликом геоморфолошких проматрања у Јужној Србији у толико пре, што се у овој области налази и највећи, најбоље откривен и очуван гипсни терен наше земље. А то је гипсни масив Косовраст̄а, у долини Радике, више Дебра, у коме се поред нормалних јављају и специјално одређени облици и ерозије и акумулације, о којима сам учинио извесна проматрања септембра 1931, на путу кроз Југозападне крајеве Јужне Србије.⁷⁾

Геолошко-петрографска грађа

Овај се гипсни масив налази око села и сумпоровитих топлих врела Косовраст̄а, откривен у дубоком усеку клисурасте и кањонске долине Радике, више њеног излаза у Дебарску Котлину и над ушћем

⁴⁾ *E. A. Martel*, Nouveau traité des eaux souterraines, Paris 1921, стр. 422.

⁵⁾ *Ibid.*, стр. 427.

⁶⁾ *Ј. Цвијић*, Геоморфологија, књ. II, Београд 1926, стр. 7, 412.

⁷⁾ Захваљујући помоћи од стране Музеја Јужне Србије у Скопљу, коју ми је одредио управник г. *Д-р Рад. М. Грујић*.

јој у Црни Дрим.⁸⁾ На овоме простору долина Радике, иначе дотле, у средњем своме току, потпуно меридијанског правца, повија од ушћа Мале Реке право ка југозападу, где се управно просеца између скоро меридијански управљених планинских била Крчина на северу и Стогова на југу, која граде источну високу пречагу дубоко спуштене Дебарске Котлине.

У тој дубокој пробојници Радике око Косовраста, која је судећи по сумпоровитим топлим врелима на њеноме дну у правцу овога дела долине предиспонирана једним попречним раседом, усечени су на дужини од преко 5 км и дно и стране долине до знатне висине све у самоме гипсу. Идући низводно, гипсно земљиште почиње наскоро испод ушћа Мале Реке у Радику, на самој средокраћи према селу Косоврастима, а завршава се тек испод села Мелничана, пред последњим кратким теснацем клисурасте долине, пре но што река код Горенчког Моста избије у Дебарску Котлину.

У саставу земљишта леве и десне долине стране гипсне стене неједнако учествују. Знатно су дебље наслага гипса откривене на десној страни долине Радике, под Дели-Сеницом (2255 м), крајњим јужним врхом у билу Крчина, где се од самога дна долине код Долних Косовраста (570 м) пењу све до високих отсека долине стране изнад пода Горних Косовраста (990 м). На тој страни, у изворном облуку Косоврашког Речишта, дебљина гипсних наслага износи и преко 400—500 м, док на супротној страни долине, према Мелничанама, и упола мање.

Ове дебеле гипсне наслага, поглавито из крупнозрнастог кристаластог агрегата, састављене су од пругастих слојева гипса, где се наизменично ређају слојеви сасвим чистог, белог гипса, правог алабастера, и слојеви модрога гипса. У основи планинског била Крчина (2345 м), одн. Дешата (2374 м), које је у ствари само јужно продужење још вишег била Кораба (2764 м), цела је серија гипсних слојева поремећена тако да чини једну велику антиклиналу чија крила падају на једној страни углавном према истоку, а на другој према западу, ка самом ободу суседног дубоко спуштеног басена.

У повлатским и пострањским партијама ових тако уопште засведених гипсних наслага слојеви су врло интензивно и ситно убрани, управо згужвани, често и са правилно развијеним усправним и косим борицама, час са равномерно лучним, час са оштро клинастим антиклиналицама и синклиналицама, које се услед пругастиг карактера гипса, наизменичног ређања слојева чистог алабастера и модрога гипса, и особито јасно истичу. Међутим, у подинским партијама гипсне серије, у самоме језгру гипсног масива, чија основа на дну долине Радике ерозијом уопште још није откривена, нема појаву такве интен-

⁸⁾ Секција Дебар, 1 : 100.000, издање Војног географског института, Београд 1925.

живне и ситне убраности; тамо слојеви гипса показују само равномеран пад у споменутиим правцима.

Ова интензивна и ситна убраност гипсних слојева повлатских и постранских партија до и у најситније борице, и поред опште поремећености и набраности целог терена, неће бити искључивог и правог тектонског порекла. Ту се првобитно као лагунска, плиткоморска формација сталожени анхидрит, безводни калцијумсулфат (Ca SO_4), преузимањем воде на целокупном простору геолошке откривености у току дуготрајне субаерске периоде, која је гипсни масив све више обухватала у стопу за све дубљим усецањем долине Радике, поступно преобратио у гипс, водосадржљиви калцијумсулфат ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$). Овим преобраћањем анхидрита у гипс морао се волумен гипсних маса знатно повећати. И као последица тога хемијског процеса праћеног динамичким процесима, а услед немогућности да се стеновите гипсне масе тако повећане запремине постранце, према околним геолошким теренима, слободно и несметано прошире, слојеви гипса су овако интензивно и ситно убрани, те на тај начин пружају пример типичног змијастог алабастера или наборног гипса.⁹⁾

Поред такве убраности, гипсни слојеви су још и испросецани многобројним, веома честим пукотинама, које вертикално одводе у дубину, према подињским партијама целе калцијумсулфатске стеновите серије. Дуж једне такве велике и старе дијаклазе, на десној страни долине Радике, већ у близини западног изданка гипсног масива, према селу Рајчици, јавља се у крупнозрнастом кристаластом агрегату неколико метара дебела жица од самих потпуно безбојних, провидних, врло крупних плочастих кристала стакластог гипса, који су у овој подземној шупљини, дејством дубинских инфилтрационих вода, из гипсних маса накнадно излучени. Захваљујући овој дубокој испросецаности пукотинама, — кроз које вода која падне на тле све дубље продире према унутрашњости калцијумсулфатских стеновитих наслага, те стално и сада омогућава све даље преобраћање анхидрита у гипс и у подинској серији слојева, и у оној испод речног корита Радике, где је преображавајуће хемијско дејство воде услед сталног водотека и нарочито појачано, — у гипсним стенама Косовраста још је више напорено хемијско ерозивно дејство атмосферске воде.

Изнад овако моћне, преко 400—500 м дебеле серије гипсних слојева, на високој долињској страни над Горним Косоврастима откривена је донекле тања серија слојева мрких, љубичастих и црвенкастих шкриљаца. А преко ових, као завршни кат, лежи такође дебела серија кречњачких слојева, од којих су састављени и највиши делови била Крчина. Прву, шкриљчану серију слојева, која нормално належе преко гипсних наслага. *Fr. Kossmat* је одредио као доњетријаску, претстављену верфенским шкриљцима, а другу, кречњачку серију као

⁹⁾ Упор. *Dr. Em. Kayser*, пом. дело, стр. 361—362.

средњетријаску, заступљену мушелкалком.¹⁰⁾ Према томе би гипсне наслаге Косовраста, које *Fr. Kossmat* такође спомиње, припадале прелазном члану пермско-тријаске серије слојева.¹¹⁾ Вероватно најпозније са границе Перма и Тријаса, између којих је и иначе, и у германској и у алпинској области, прелаз скоро неосетан, — као изразита лагунска, плиткоморска формација, уосталом слична плитководној маринској формацији карактеристичној за горњи Перм у средњој, северној и западној Европи, — косоврашка гипсна серија слојева је претходила таложењу доњетријаских, верфенских шкриљаца, чији су вододржљиви слојеви, испод дебеле средњетријаске кречњачке серије, све до коначног издизања овога планинског масива и затим дубоког просецања кањонском долином Радике, дејствовали као дуготрајни заштитни покривач релативно доста лако растворљивог гипса.

Ранија морфолошка еволуција

Откривање прелазних пермско-тријаских гипсних наслага Косовраста у подини верфенских шкриљаца и средњетријаских кречњака, те упоредно са дубљим усецањем кањонске долине Радике и њихово излагање геоморфолошкој еволуцији, јесте денудациони и ерозиони процес најмлађих геолошких доба. *Fr. Kossmat* је у Дебарској Котлини и над излазом Црнога Дрима из Луковске Клисуре констатовао набране палеогене флишне слојеве са много кластичног материјала пореклом из пермско-тријаске серије слојева са источног обода ове котлине.¹²⁾ Добу таложења ових старијетерцијерних флишних слојева у Дебарској Котлини, под самим ободом Крчина и Стогова, чије је планинско формирање још онда морало бити у прилично одмаклој фази, одговара старије флувијално доба долине Радике у области ових планина, када је већ увелико морала бити денудована и еродирана њихова повлатска кречњачка серија, а за њоме свакако такође знатним делом, због слабије отпорности и још лакше, и шкриљчана серија слојева.

Али је главно усецање ове долине и њенога целог речног система могло бити извршено тек у Неогену и Дилувијуму. Оно је са понова оживелом регресивном ерозијом настало још за време најмлађих орогенетских процеса, оних из олиго-миоценског доба, када су заједно са високим издизањем планина ове области, — чему у суседним пределима на западу, с оне стране Црнога Дрима, одговарају и најинтензивнији, горњеолигоценски тектонски покрети, као и велика постмиоценска издизања,¹³⁾ — набрани и палеогени флишни слојеви

¹⁰⁾ *Dr. Franz Kossmat*, *Geologie der zentralen Balkanhalbinsel*, Berlin 1924, стр. 42.

¹¹⁾ *Ibid.*, геолошка карта у прилогу.

¹²⁾ *Ibid.*, стр. 40—41 и геолошка карта у прилогу.

¹³⁾ *Ibid.*, стр. 46—47.

и саме Дебарске Котлине. Тада су све дубљим усецањем долине Радике кроз верфенске шкриљце вероватно први пут начете и настале бити откриване и косоврашке гипсне насlage, отада па досад и на дубини од преко 400—500 м просечене, и то тако да још увек на целој ширини гипсног масива чине и само речно корито.

Преко набраних палеогених и старијих слојева, у Дебарској Котлини су као најмлађе откривене и језерске насlage. Њихови се прибрежни седименти уз обод котлине, као код села Горенаца с леве и Рајчице с десне стране од излаза Радике из клисурасте долине, или код Бањишта на северу од Дебра, пењу и преко 800 м апсолутне висине. Сем ових геолошких, има јасно очуваних и геоморфолошких трагова о језерском стању Дебарске Котлине, чији су језерски нивои како за време трансгресије тако и за време регресије служили као ерозиони базис Радике и осталих притока овога басена. По источном ободу котлине, особито око поменутог излаза Радике из њене клисурасте долине између села Горенаца и Рајчице, очувана је серија језерских тераса у апсолутној висини око 900, 800—820, 720—740 и 680—700 м. То су абразиони трагови највишег језерског стања и осталих нижих нивоских фаза стагнација у сукцесивном сплашњавању старог Дебарског Језера до његовог коначног исушивања. Испод означене најниже језерске терасе, на којој леже чаршија и доње махале Дебра, простире се по дну котлине знатно рашчлањена централна језерска равна, у којој је Радика, притичући Црноме Дриму, ранијој језерској комуникацији а данас отоци реликтног Охридског Језера према овоме басену, урезала речне терасе од 120, 60, 40 и 15 м изнад дна долине.

О језерским седиментима Дебарске Котлине, који су уз њен источни обод према западу и периклинално наталожени, а око излаза Радике из клисурасте долине сложени и у виду велике делте, *Fr. Kosmat* је пружио само неколике напомене. Проматрао је једино оне из рашчлањене централне језерске равни, испод напред обележене терасе најмлађе језерске фазе, од 680—700 м, одн. од заравни највише речне терасе у самој котлини, од 120 м. Означио их је као дилувијалне, а узјезеравање овога басена свео на његово загађивање глацијалним детритусом и моренским материјалом са Кораба¹⁴⁾ (2764 м). Међутим, глацијалном, дилувијалном добу Кораба могло би одговарати можда само најниже језерско стање Дебарске Котлине, изражено језерском терасом од 680—700 м, после кога је у овом басену, почевши са речном терасом од 120 м, извршено усецање Радике и Црнога Дрима кроз седименте централне језерске равни. Остала, виша језерска стања Дебарске Котлине, о којима *Fr. Kosmat* као да и не слуги, морала су бити старија, доводећи још из Неогена, слично високим неогеним језерским стањима у суседној области и

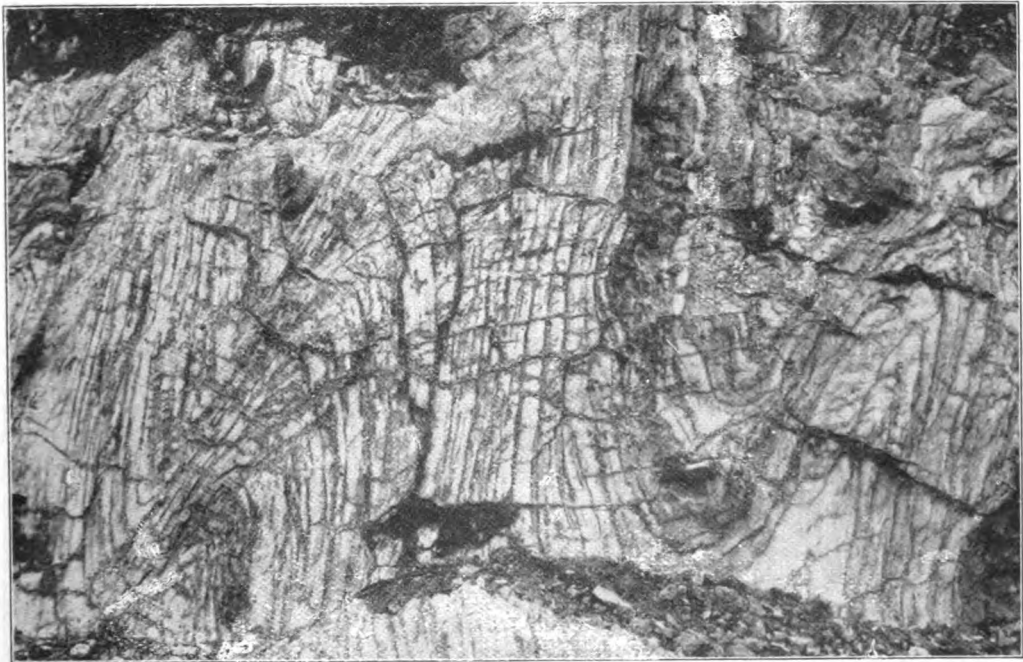
¹⁴⁾ Ibid., стр. 41.



Музеј Јужне Србије

Фот. Д-р В. С. Радовановић

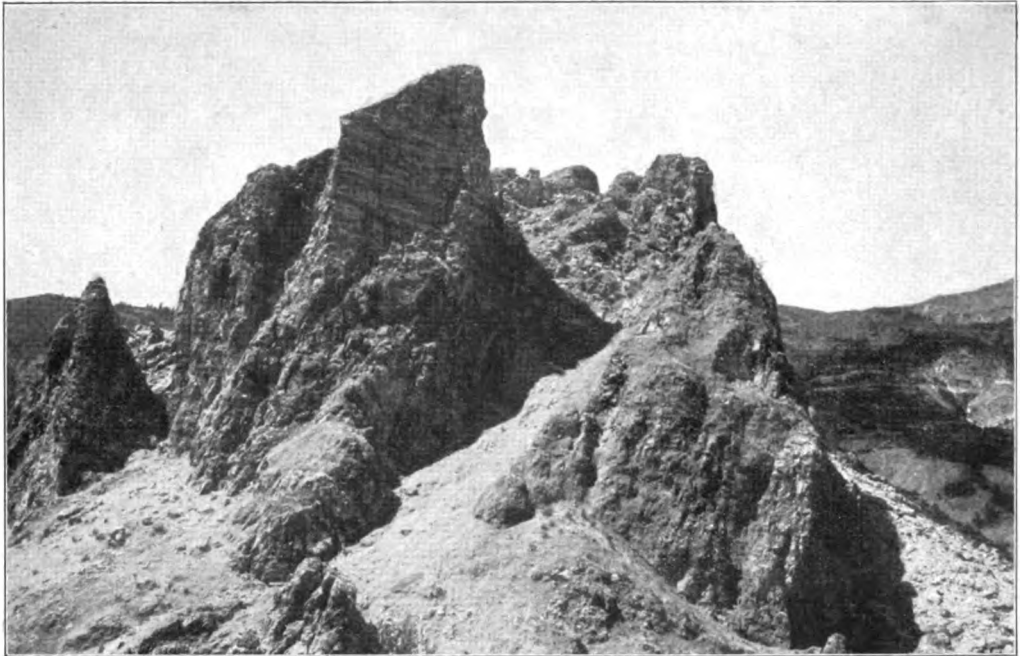
Сл. 1. — Долина Радике кроз гипсно земљиште Косовраста, пред излазом у Дебарску Котлину.



Музеј Јужне Србије

Фот. Д-р В. С. Радовановић

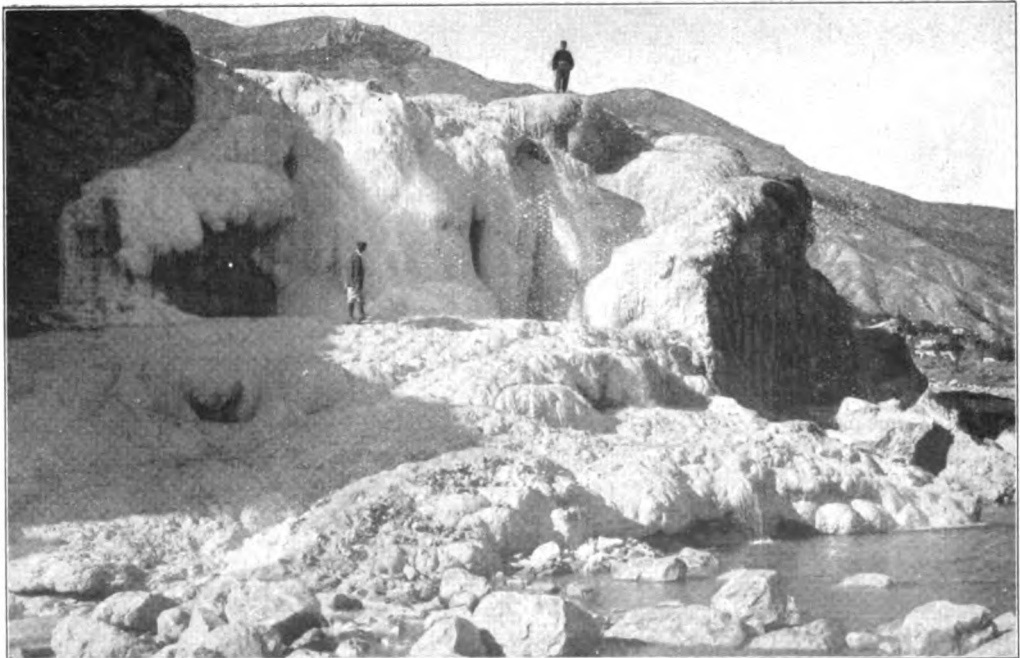
Сл. 2. — Слојеви пругастог гипса, интензивно убрани, у виду змијастог алабастера.



Музеј Лужне Србије

Фот. Д-р В. С. Радовановић

Сл. 3. — Гипсни стеновити крш Клок, у косо положеним гипсним слојевима, под остењцима срастање гипсних сипара.



Музеј Лужне Србије

Фот. Д-р В. С. Радовановић

Сл. 4. — Арагонитски слапови термалне речице Косоврашке Бање, низ отсеке ниске терасе у корито Радике.

данас још увек доста великих реликтних Дасаретских Језера¹⁵⁾, као и у другим неогеним језерским котлинама Јужне Србије и осталог Балканског Полуострва.

Полазећи од највишег нивоа језерске трансгресије, па преко неколиких регресивних нивоских стања старог Дебарског Језера, значајног као ерозионог базиса његових притока све до исушивања овога басена, усецање долине Радике у току њене млађе флувијалне периоде извршило се за време Неогена и Дилувијума до рецентног доба. Одговарајући језерским стањима од 900, 800—820, 720—740 и 680—700 м апсолутне висине, од којих је најниже свакако већ дилувијално, на њихове се абразионе терасе надовезују у долини Радике више њеног излаза у Дебарску Котлину лакустријско-симултане речне терасе од 420, 320—340, 240 и 200 м над дном долине. То су управо терасе већине долинских насеља у веома дубокој кањонској и клисурастој долини Радике. А и споменуте постлакустријске речне терасе од 120, 60, 40 и 15 м, урезане у младој долини Радике по самоме дну Дебарске Котлине, у седиментима исушене и рашчлањене централне језерске равни, од којих је прва постлакустријска тераса, од 120 м, такође још дилувијална, прате се исто тако уз долину Радике и изнад њенога излаза у Дебарску Котлину.

Истовремено је у току овога млађег флувијалног доба, поступним откривањем гипсних наслага Косовраста по дну и странама ове дубоке пробојнице између Крчина и Стогова, започетим нешто пре урезивања највише речне терасе, оне од 420 м, која одговара највишем неогеном језерском стању Дебарске Котлине, оном од 900 м, а на којој лежи и село Горни Косоврасти, дошло и до њихове суба-

¹⁵⁾ У котлини Охридског Језера, сем оних језерских тераса, не тако високих изнад данашњег језерског нивоа, о којима је *Ј. Цвијић* изнео извесна опажања (Основе за географију и геологију Македоније и Старе Србије, књ. III, 1911, стр. 724—725), проматрао сам као траг највишег језерског стања такође терасу око 900 м апсолутне висине. Охридско Језеро је онда, сем напред претпостављене комуникације изнад Луковске Клисуре са старим Дебарским Језером, у коме правцу отиче Црним Дримом, на другој страни, кроз удолину Чераве, морало комуницирати и са Корчанским Језером, као што је то и *Ј. Цвијић*, истина само под сумњом (према *А. Воје-у*), претпоставио, сматрајући да ниво Охридског Језера ипак није био више од 20 м изнад данашњег (*ibid.*, стр. 725, 754). А преко старог Корчанско-Билиштанског Језера постојала је кроз удолину Грло језерска комуникација и са Преспанско-Аилским Језером (*ibid.*, стр. 755, 757). По ободу котлине Преспанског Језера, где је *Ј. Цвијић* као највишу терасу великог плиоценско-дилувијалног језера узео ону која је свега око 80 м изнад данашњег језерског нивоа (*ibid.*, стр. 746—747, 755), утврдио сам поуздано и језерску терасу од 123 м над данашњим језерским нивоом; она је тамо свуда типски развијена у апсолутној висини од 975 м. О старости језерске периоде у области великих Дасаретских Језера, управо о прелазу из маринске, преко бочатне, у језерску периоду у тој и данас језерској области, *Fr. Kossmat* је дао ове податке: „Миоцен је у потолини горње Шкумбе такође врло богат фосилима и на много места достиже до другог медитеранског ступња. Сарматски бочатни слојеви познати су југозападно од Корче и јужно од Охридског Језера. А сви су доцнији талози флувијатилни или лакустријски” (пом. дело, стр. 46).

ерске периоде. Онда је у овоме гипсном масиву, поред нормалне ерозије реке Радике и њених бочних притока, хемијским дејством воде, како атмосферске и речне, тако и термалне са сумповитих врела Косоврашке Бање, настала еволуција и специјалних ерозивних и акумулативних облика гипсног рељефа.

Ерозивни облици

Међу ерозивним облицима гипсног рељефа Косовраста, највећи и најстарији је онај који гради сама долина Радике. Као што је напред изложено, њеним је усецањем у току млађе флувијалне периоде ове реке, за време Неогена и Дилувијума до рецентног доба, углавном почевши од старог долинског пода у нивоу речне терасе од 420 м, и дошло до откривања овога гипсног масива, те и до настанка субаерске периоде, доба непрекидне ерозије и денудације, у дуготрајном геолошком животу а младом геоморфолошком развиту ових прелазних пермско-тријаских гипсних наслага.

Дуж целога свога тока кроз гипсни терен долина Радике има све главне особине рељефа створене радом нормалне речне ерозије. Све доминантне геоморфолошке црте, иако је гипсно земљиште водопропустљиво, такође и доста лако подложно хемијском ерозивном дејству воде, носе главни печат механичког ерозивног рада текуће воде. Таква је и главна долина, а такве су и долинице њених бочних притока. И једна и друге имају континуални нагиб речнога корита, а исто су им тако нормалног развита, у свима главним цртама, и саме долинске стране. Као главна између њих, у овоме делу права пробојница, дубоко усечена кроз дебелу серију слојева кречњака, шкриљаца и најзад гипсних стена, долина Радике сасвим је младог, V- облика.

Притом је карактеристично, да код моделасања долинских страна гипсне стене дају готово увек блаже форме од кречњака, а редовно оштрије облике од шкриљаца. Управо стоје скоро по средини између ових двеју и по географском понашању према општој денудацији сасвим различитих врста стена. Отуда, услед неједнакости отпорне моћи трију различитих стеновитих серија пред денудационим силама, у попречном профилу долине јавља се врло изразита ступњевитост: уврх долинских страна, у кречњаку, свуда врло стрми отсеци, прави ескарпмани; под овима, у шкриљцима, често и сасвим благе падине; а испод њих, у гипсним стенама, по правилу више стрме него ли благе стране, такве и услед сасвим свежег усецања Радике, у којој још увек влада врло жива регресивна ерозија.

Таквих литолошких особина и географског понашања, приближујући се мањом тврдином и слабијом отпорношћу своје стеновите масе на једној страни шкриљцима, а хемијским својствима свога петрографског састава на другој страни кречњацима, гипсне стене дају час блаже, час оштрије ерозивне облике. Услед тога су у долини Радике кроз гипсни терен између партија са стрмим и стешњеним

долинским странама, негде и са оштро истакнутим гипсним ртовима, урезана и два већа ерозивна проширења, једно код Косовраста, у подножју Крчина, а друго код Мелничана, у подножју Стогова. А истовремено се на странама тих ерозивних долинских проширења у гипсним стенама јављају и сасвим оштри денудациони стеновити облици, као што су то гипсни остеоци Клак према Долним Косоврастима: неколико десетина метара високе гипсне стене, врло оштрих облика, у виду зубаца и кула у рушевинама.

Тек проматрањем оваквих гипсних стеновитих облика, као и уопште других мањих а свежијих облика гипсног рељефа, долази се до ближег сазнања о начину и износу ерозије и денудације у самим гипсним стенама. И ту се види, и поред свега тога што су овде доминантне геоморфолошке црте оне које су створене нормалном речном ерозијом, да је у самом гипсном земљишту главни деструктивни фактор у хемијском ерозивном дејству воде.

На целокупном пространству овога гипсног терена, изузевши само заравни речних тераса и алувијалних равни са плавинама, као и знатним делом осојну долинску страну под Стоговима, влада скоро потпуна оголићеност тла. Свуда се виде бљештаво беле стеновите гипсне масе, уопште сасвим свеже оголићености. А главни печат тим свеже оголићеним калцијумсулфатским стенама, слично кречњачким шкрапама љутога карста динарских планинских предела, пружају често и веома изразите гипсне шкрапе. Њих је, тако типичне, на путу кроз овај крај уочио и *Fr. Kossmat*, те уз геолошке напомене о овоме терену наводи и то како су гипсне наслаге „избраздане шкрапским жлебовима.”¹⁶⁾

Гипсне шкрапе развијене су на стрмим и сасвим голим стеновитим странама. Поглавито су типа паралелних шкрапа, али их има и у облику разгранатих шкрапа.¹⁷⁾ Дна шкрапских жлебова претежно су заобљена, широка, док су шкрапски чебељи најчешће као нож заострени или тестерасти. Пружање шкрапа ориентисано је линијом највећег нагиба тла, правцем отицања атмосферске воде низа стране. Али се притом примећује, да се гипсна стена нарочито наједа, још лакше раствара, дуж дијастрома, између наизменично поређаних слојева снежно белог алабастера и модрога гипса. Дуж тих међуслојевних пукотина, маколико оне биле неприметне, развијени су често и већи шкрапски жлебови, некад и читави шкрапски олуци.

Сем оваквих, чисто субаерских шкрапа, оних које постају на површини сасвим слободног стеновитог тла, у гипсу су развијене и речне шкрапе, у самој речној корити. По томе би донекле потсе-

¹⁶⁾ *Dr. Franz Kossmat*, пом. дело, стр. 42.

¹⁷⁾ Упор. одељак о шкрапама у моме раду: Холокарст Хуме под Кожуфом — Прилог познавању карста у области Родопског Масива, у Гласнику Скопског научног друштва, књ. IX, Одељење природних наука, св. 3, стр. 122—125.

ћале на кречњачке шкрапе наше јадранске обале, оне које постају дејством воде шкрупнице. Налазе се по стеновитим странама речнога корита, до нивоа највишег водостања; а и скоро сваки је гипсни стеновити блок, комад или облук, којима је корито Радике на пролазу кроз гипсно земљиште свуда испуњено, избраздан типским гипсним шкрапама, још много изразитије и свежије шкрапске скулптуре него ли оне на суву. Шкрапски жлебови и чебељи код речних шкрапа ориентисани су најчешће дуж гипсних слојева, правцем наизменичног ређања белих и модрих слојића пругастиг гипса, те су стога и овде, без обзира на правац отицања воде, поглавито типа паралелних шкрапа, али их има такође и разноврсно разгранатих.

По свему се види, да су гипсне шкрапе, и субаерске, и речне, резултат чисто хемијског ерозивног рада воде, било атмосферске, било речне. Уколико гипсном стеном чешће протиче вода, уколико је она њоме дуже обливена, те више и јаче изложена растварању, уколико су гипсне шкрапе типскије развијене. Као такве, оне би биле специфичан ерозивни облик у гипсној стени, тако развијене у гипсу услед његовог специјалног географског понашања према хемијском ерозивном дејству воде. У том су погледу гипсне шкрапе у свему сличне кречњачким шкрапама, само са том разликом што су, због лакше растворљивости гипса, од њих мање постојане, брже подложне еволуцији те и разоравању.¹⁸⁾

Поред оваквог чисто површинског хемијског ерозивног дејства воде у гипсном земљишту, које се на тај начин, брзом еволуцијом гипсних шкрапа, стално преображава и поступно све више денудује, на његову деструкцију и моделисање утичу исто тако и још више такође и дубински ерозивни и денудациони процеси. Као што је напред изнесено, поред оне типичне, врло интензивне убраности гипсних повлатских и постранских слојева услед преобраћања анхидрита, безводног калцијумсулфата, у гипс, водосадржљиви калцијумсулфат, гипсне стеновите масе свуда су и до саме најдубље им основе испросецане многобројним дијаклазама и другим већим и мањим пукотинама, које их кроз прожимају, те на тај начин и нарочито омогућавају и олакшавају рад деструктивних сила.

Као и код површинске ерозије и денудације, тако и код дубинских ерозивних процеса у гипсним стенама, тим још и пре, главни је агенс у хемијском ерозивном дејству воде, чији је растварачки рад у гипсу напред и нарочито истакнут. Дуж оних честих, поглавито вертикалних пукотина, вода која падне на тле и отиче низа стране продире у унутрашњост гипсних маса. Понирући кроз гипсне стене, она их поступно и све више раствара и разједа. Проширивањем пукотина, како дијаклаза тако и дијастрома, у гипсним се стенама, слично карсном ерозивном дејству воде у унутрашњости кречњачких маса, ства-

¹⁸⁾ Ibid., стр. 126.

рају и читави системи подземних каналића и шупљина. Такав један систем дубоких подземних канала почиње правим пећинским отвором са високога гипсног хрида изнад остењака Клака према Долним Косоврастима.

У свежије усеченим долинским странама, при дну откривене гипсне стеновите серије, оваква се унутрашња разједеност гипсних маса најбоље обелодањује. Ту се види, како су вертикалним и другим пукотинама, које су често и у подземне канале проширене, гипсне стене скроз и скроз прожете и раздрузгане. Дуж тих пукотина и отворених канала, на које се по површини надовезују дубоки вододерински процепи, гипсне се стене вертикално цепају, снурају и обурвавају, градећи на тај начин и напред поменуте оштре и назупчане стеновите облике гипсног рељефа. А на тај начин, поред општег снижавања гипсног земљишта тим унутрашњим хемијским ерозивним процесима, у подножјима стеновитих страна стварају се и читаве купе од гипсне пржине, које имају посебну даљу еволуцију.

Због опште стрменитости скоро на целокупном простору геолошке откривености гипсног земљишта, чији су главни нагиби одређени сасвим младим, V-обликом долинских страна, на подземне се гипсне канале по површини оваквога тла, изузевши њихове обичне отворе, не надовезују депресије у облику вртача. По томе је и у овоме случају очигледна сагласност између стварања ерозивних облика у гипсу и правих карсних облика кречњачког земљишта.

Из претходног излагања видело се, како у области гипсног масива Косовраста стоје једни према другима двојаки ерозивни облици. Први од њих, они који дају главне геоморфолошке црте овога предела, имају особине рељефа нормалне речне ерозије и опште денудације. А други од њих, они који у оквиру првих пружају посебно одређене црте финије скулптуре као и нарочите унутрашње структуре гипсног рељефа, имају особине специјално преиначене, хемијске ерозије у гипсним стенама. Док су први ерозивни облици доминантни, превлађујући као такви и у целокупном долинском систему Радике у току њене дуготрајне флувијалне периоде, дотле су други ерозивни облици у овоме делу долине, услед нарочитог географског понашања гипсних стена, сличног ономе код чистих и једрих кречњака правог карста, на прве само накалемљени. Управо онако као што је и само геолошко откривање овога гипсног масива у подини верфенских шкриљаца и средњетријаских кречњака зависило од инаугурисања овога речног система и стварања његове нормалне долине, тако је исто и сав његов даљи геоморфолошки и хидрографски развитак у сталној зависности од еволуције ове реке и њене долине.

Али притом, уза све остало, овде треба учинити и још једну напомену, да би нам укупна морфолошка и хидрографска еволуција свога гипсног рељефа била потпуно јасна. Још у почетку је показано,

како гипсна серија слојева, у подини верфенских шкриљаца и средње-тријаских кречњака, а у основи скоро меридијанских била Крчина и Стогова, образује антиклиналу чије једно крило издањује према истоку, уз ток Радике, а друго крило потања према западу, низ сам ток ове реке, управо ка ободу у непосредном западном суседству дубоко спуштене Дебарске Котлине. Као и на првој, унутрашњој, тако и на овој другој, спољашњој страни, пред самим излазом Радике између Горенаца и Рајчице у Дебарску Котлину, гипсна је серија слојева препокривена и обложена поменутиим шкриљцима, као и кречњацима, у њеној повлати. На тој страни, преко гипсних наслага, слојеви шкриљаца и врло стрмо падају према Дебарској Котлини; долазе испред њих управо као зид, као права вододржљива брана.

Тиме је цео овај гипсни масив на страни низ речну долину, према суседном басену, дакле на чеоној ерозивној страни, одакле на овамо и продире регресивна ерозија, вододржљивим слојевима шкриљаца потпуно загађен. Овом загађеношћу гипсног терена, слично познатој загађености карста,¹⁹⁾ и условљен је потпуно нормалан ерозивни развитак долине Радике кроз водопропустљиве и лако растворљиве гипсне стене Косовраста, овде непосредно изнад дубоко спуштене Дебарске Котлине.

Акумулативни облици

Сагласно данашњем ступњу геоморфолошког развитака ове области, где у дубокој пробојници Радике између високих планинских била Крчина и Стогова још увек влада веома интензивна регресивна ерозија, чији је износ у више стадијума оживљавања само за време млађе флувијалне периоде, од највишег неогеног језерског стања суседног басена па до његовог коначног исушивања и данашњег стања, обележен испод старијега младим долинским усеком од 420 м, — у области гипсног рељефа Косовраста сасвим су незнатне количине акумулације према износу ерозије и денудације. Као и кроз читаву флувијалну периоду, у којој је истина било и стадијума застоја линеарне а напредовања латералне ерозије, тада и са повремено ојачалим таложењем стеновитог материјала и у самој долини, да би ти стадијуми и опет били узастопно смењивани стадијумима интензивне регресивне ерозије и даљег транспортовања свега речног материјала, о чему сведочи у овом дубоком долинском усеку и напред приказана серија речних тераса, тако се и сада сва главна акумулација еродираниог и денудованог материјала врши изван ове области.

И та ванобласна главна акумулација оводолинског речног материјала има своју дуготрајну и разнолику еволуцију. За време палео-

¹⁹⁾ Ibid., стр. 148—151. Упор. радове Д-р П. С. Јовановића: Загађени карст, у Зборнику радова посвећеном Јовану Цвијићу, Београд 1924, стр. 397—410; Карсне појаве у Поречу, у Гласнику Скопског научног друштва, књ. IV, Одељење природних наука, св. 1, 1927, стр. 1—46.

ного плитког маринског стања у области суседног басена на западу, откад, као што је напред изнесено, баш и на основу флишних седимената у том басену наталожених можемо већ донекле да пратимо старију флувијалну периоду у развоју долине Радике; а исто тако и за време релативно дубоког неогеног и делимице дилувијалног језерског стања у области тога истог басена онда и дефинитивно формираног, откад можемо скоро и детаљном геоморфолошком анализом да пратимо еволуцију ове долине у њеној млађој флувијалној периоди, — сва акумулација одавде транспортованог стеновитог и уопште водом суспендованог материјала вршила се у самој тој басену, у најближем суседству овога гипсног предела. О томе сведоче дебеле серије како поменутих палеогених маринских тако и неогених и дилувијалних језерских седимената у Дебарској Котлини под самим излазом Радике из њене дубоке кањонске и клисурасте долине. А од настанка и постлакустријске, најмлађе флувијалне периоде ове реке, откад је њен ерозиони базис са суседног басена најзад помакнут и на ушће Дрима у Јадранско Море, откад је и сама равна тога суседног басена захваћена интензивном ерозијом и денудацијом те кроз дебеле језерске наслаге и дубоко рашчлањена, речни материјал овога терена и целог слива бива транспортован и много даље, распоређујући се по величини и врсти и до самога ушћа у море.

Па ипак и оно мало стеновитог материјала, што у току геолошки вековно перманентне и снажне деструкције свега овог земљишта налази у овој стешњеној долини бар нешто места за своје макар и сасвим привремено уточиште, да би после тога депоновања у току геолошки релативно веома кратког времена било понова захваћено ерозијом и денудацијом и транспортовано даље, пружа својим акумулативним облицима овој гипсном рељефу извесне такође врло карактеристичне морфолошке црте.

Као и код ерозивних, тако се и код акумулативних облика у области гипсног рељефа Косовраста разликују две генетски сасвим различите врсте. Једни су акумулативни облици резултат поглавито механичког или комбинованог хемијско-механичког рада ерозивних и денудационих сила, а други су последица искључиво хемијског дејства воде, атмосферске или термалне, у гипсним стенама.

Између првих акумулативних облика, главни су они које граде плавине и сипари. Плавине, акумулативни резултат механичке речне ерозије, таложе овдашње бочне долинице, редовно врло строга пада, праве дивље равине и вододерине, на самим њиховим излазима у узану долину равну главне реке. Изузевши само оне у ретким ерозивним долинимским проширењима, све остале плавине бивају при мало вишим водостањима главне реке брзо захватане и даље одношене. Највећа је плавина Косоврашког Речишта, у ерозивном проширењу долине Радике испод Горних и Долних Косовраста. Сталожена је на самој дну ерозивног проширења, у облику велике купе од сасвим

мешовитог, и по облику, и по пореклу, стеновитог материјала. Главни је лавински нанос од гипсних стена, претстављен гипсном пржином, ћошкастим комађем, облутцима и блоковима, од којих су многи и у величини од преко једног кубног метра. Сем тога у наносу учествују знатно и шкриљци и кречњаџи. Долазећи са високе долинске стране испод врха Дели-Сенице у потсеченом билу Крчина, одн. Дешата, гранајући се тамо у читавом изворном облуку у више изворних кракова, Косоврашко Речиште захвата ерозијом и денудацијом све три серије слојева овога терена, средњетријаске кречњаке, верфенске шкриљце и најзад гипсне наслагае, те отуда у његовој лавини учешће свих трију различитих врста ових стена. Плавина је у својој основи, са отсеком од неколико метара, оштро потсечена коритом Радике, и ту се најбоље види њен унутрашњи састав. Под утицајем претежнијег гипсног и кречњачког материјала, као и саме воде Косоврашког Речишта, која засићена и кречњачким и гипсним раствором шкroppи и прожима ове наносе, плавина је највећим делом, изузевши само површинске наслагае, доста чврсто цементована, оконгломератисана.

Неке мање плавине, на излазима краћих ровина и вододерина, које потичу из предела самога гипса, искључиво су гипсних детритичних талога. Али су у том погледу много интересантнији гипсни сипари. Стварају се у подножјима гипсних стеновитих зидова и остењака. Срастањем појединих гипсних сипара, нарочито око већих остењака, стварају се, слично правим плавинама, такође велике купе од наноса. Таква једна велика купа од сраслих сипара омотава са свих страна подножје стеновитог крша Клак, на отсецима високога гипсног хрида изнад ерозивног проширења Косоврашког Речишта. Састављена је искључиво од гипсне пржине, створене разоравањем великих остењака изнад ње. На први поглед, издаље, потсећа на сипаре од доломитског детритуса и праха, у области доломита и доломитичних кречњака. Али је ова гипсна пржина скоро сва, изузевши само неке од најсвежијих површинских наслага, цементована у прилично чврсту, но при свем том, због пржинастог састава, знатно порозну гипсну бречију. Цемент је калцијумсулфатски, из истог стеновитог материјала. У састав бречије улазе гипсни прах, претежно модар, и ћошкасти комади, мањи и већи, од пругастог, бело-модрога гипса. Таквом брзом дијагезом гипсног агломерата, ту одмах на лицу места, у стопу иза акумулације и денудовања, гипсни су сипари, супротно доломитским, доста чврсто фиксирани, непокретни.

Након тих денудационих и акумулационих процеса, узастопно праћених и овим хемијским петрографским процесима, који доводе до стварања и секундарне, рецентне гипсне стене, у гипсним се сипарима обнављају они исти ерозивни процеси који су карактеристични и за примарне гипсне стене. Сва је површина гипсних сипара потпуно избраздана шкрапама. Оне су редовно право наниже управљених шкрапских жлебова и чебеља, у правцу сливања кишнице. Жлебови су овде оштрије урезани, док су чебељи развијени у виду заобљених

ртића, често и стубастог облика. Како се у бречији налазе и читави блокови примарне гипсне стене, то су и они такође изобразани гипсним шкрапама, сасвим типским, тако да се жлебови и чебељи из трошнога гипса непосредно настављају у шкрапе компактне гипсне стене.

Сем изобразаности оваквим шкрапама, површине гипсних сипара избушене су и врло карактеристичним јамама или дупкама. Развијају се брзо, захваљујући напред поменутој порозности гипсне бречије. Поглавито су у облику левкастих удубљења, неправилно свалних отвора, од којих се у дубину настављају прави одводни канали. Једна таква гипсна јама, посред шкрапа и ситнијих одводних каналића, има отвор до пола метра у пречнику; таквог обима, спушта се до два метра у дубину; онда се прошири у виду мале дворнице, па даље наставља рачвасто у уже канале и процепе.

Овакви секундарни хемијско-ерозивни облици у гипсним сипарима, тим акумулативним облицима рецентнога гипса који су настали комбинованим хемијско-механичким дејством атмосферила, показују и још једном, колико је у калцијумсулфатским стенама како примарним тако и секундарним овога гипсног рељефа интензивно и стално хемијско дејство воде, те да су услед тога и сами ови конструктивни облици гипсног рељефа и даље под непрекидним утицајем деструктивних сила.

Поред напред изложених акумулативних облика гипсног рељефа који су резултат механичког и комбинованог хемијско-механичког рада ерозивних и денудационих сила, у овоме се рељефу јављају и такви акумулативни облици, који су последица искључиво хемијског дејства воде у гипсним стенама.

Једни су од ових последица растварачког рада саме атмосферске воде, која понире кроз унутрашњост гипсних маса. То су дубински талози у облику гипсне сиге. У проширеним пукотинама, дијаклазама и дијастромама, као и у већим одводним каналима и подземним шупљинама, кроз које вода засићена калцијумсулфатским раствором повремено прокапљује, наилази се на талоге гипсне сиге и у облику сталактита и сталагмита, слично бигровитом пећинском накиту кречњачких терена. Али је то овде, у гипсном земљишту, углавном све у минијатурним облицима према онима у области правога карста.

Други су од ових хемијских акумулативних облика, међутим, резултат растварачког дејства искључиво термалне воде која кроз унутрашњост гипсних маса избија на површину овог земљишта. То су арагонитски талози које депонује сумпоровито топло врело Косоврашке Бање на темену најниже терасе Радике и низ њене отсеке према речном кориту, градећи притом на овим слаповима и веома изразите акумулативне облике, слично онима на травертинским слаповима правих карсних река.

Истражујући узроке сеизмолошких тутњава у околини Дебра, која се „истиче као сеизмички доста активна област”, *Ј. Михаиловић* се

и нарочито зауставио на области напред описаног гипсног масива и на сумпоровитим топлим врелима Косоврашке Бање, као и Дебарске и Пишкопејске Бање. На основу неколиких узастопних проматрања на лицу места, опширно је изнео такве погледе и закључке, као да су „моћни склади гипса” ове области постали услед „јаког растварања кречњака под утицајем топлих сумпорних вода”; такав је утисак стекао посматрајући „од Косовраца ка Дебру” „брдо од наслаганих белих коцака”; услед тога „се формирају и празнине различитих димензија”, које дају „повода за поремећај равнотеже” као и „стабилизирању појединих одломака или блокова у дешатској пласи”, због чега могу настати „почесни покрети”, некад и „серија јаких покрета”, те отуда „она периода сеизмичких тутњава у околини Дебра”...²⁰⁾ — Из претходно изложеног прегледа геолошко-петрографске грађе, као и из геоморфолошке анализе овога предела, довољно је јасно, и без сваке даље дискусије, да су овакви погледи и закључци о пореклу и развоју гипсних наслага Косоврашта, истовремено и о дејству овдашњих сумпоровитих терма, које нас овом приликом и нарочито интересују у погледу њихових талоба, из основа погрешни.

Код Косоврашке Бање, која се налази скоро на средокраћу између села Долних Косовраца и Долних Мелничана, но ипак ближе првome селу, има идући низ долину Радике неколико сумпоровитих топлих врела, на основу којих је у почетку овога рада и изнесена претпоставка о предиспозицији њене пробојнице попречним раседом, на коме се и јављају ове терме. Главно врело избија из гипсних стена уврх темена, под горњим отсецима, поменуте најниже речне терасе с десне стране Радике; та се тераса, урезана у гипсним слојевима а према доњим отсецима покривена и речним шљунком и блоковима, прати на више места долином стално у висини око 15 м над реком. На основу анализа Б. Вајића,²¹⁾ температура воде главног врела износи 49°C, а количина 5000 хл за 24 часа; дакле врло топло и снажно врело, које према количини растворених соли, која је исто тако велика те и доводи до депоновања знатних арагонитских талоба, спада у групу сулфатних сумпоровитих терма. Сем тога, као што је поменуто, има у близини главног и неколико споредних сумпоровитих врела, хладнијих и слабије концентрације растворених соли, стога без значаја за стварање арагонитских талоба у овом делу долине, посред гипсног масива.

О начину постанка арагонитских талоба главне, сулфатно-сумпоровите терме Косоврашке Бање, која избија из саме гипсне стене, а помоћу којих долази до стварања и веома карактеристичних хемиј-

²⁰⁾ *Ј. Михаиловић*, Сеизмичке тутњаве у околини Дебра, у Геолошким анализама Балканског Полуострва, књ. VIII, св. 2, 1926, стр. 119, 127—128, 130.

²¹⁾ *Божидар Вајић*, Минералне лековите воде у Јужној Србији, II, у Гласнику Скопског научног друштва, књ. VI, Одељење природних наука, св. 2, 1929, стр. 83—84.

ских акумулативних облика овога гипсног рељефа, захваљујем *Д-р Франу Тућану*, са заједничког научног путовања кроз овај крај, за следећа геохемијска извођења: Како се у гипсу налази извесна количина угљевите супстанције, долази у њему лако до редукције у сулфид: $\text{Ca SO}_4 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O} + 2 \text{C} = \text{Ca S} + 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$. Калцијски сулфид у дотицају са водом прелази у сумпорни водоник, при чему се још ствара и калцијски карбонат, будући да се при редукцији ослобађа CO_2 , дакле: $\text{Ca S} + \text{H}_2 \text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2 \text{S} + \text{Ca CO}_3$. Сумпорни водоник у дотицају са кисеоником ваздуха оксидише се, при чему долази до развитка елементарног сумпора: $\text{H}_2 \text{S} + \text{O} = \text{S} + \text{H}_2 \text{O}$. Те се реакције стално дешавају у гипсу Косовраста. Редукцијом се ствара калцијски сулфид; из дубине долазе термалне воде, које претварају сулфид у сумпорни водоник и доносе га са собом на површину земље заједно са калцијским карбонатом. И тако се из врућег раствора таложи калцијски карбонат у облику арагонита, дакле као ромпска модификација. Заједно с арагонитом таложи се и нешто сумпора, па су зато арагонити Косовраста сумпоровити.

Таквог, дакле гипсног порекла, овај се термално-модификовани и сумпоровити калцијумкарбонатски талог депонује делимиче још преко самог темена терасе Косоврашке Бање, у близини бањског врела, у облику простране арагонитске плоче, која покрива терасом косо засечене гипсне слојеве и преко њих наталожене речне наносе данашњем претходног флувијалног стадијума; а низ отсеке терасе, на местима водопадског сливања термалне речице у корито Радике, таложи се и у облику великих арагонитских слапова. Притом се на слаповима бањске речице стварају најразноврсније арагонитске акумулативне форме: снажни саливи, који једни другима, одозго наниже и обратно, иду у сусрет и срastaју; најфиније набране драперије, обешене о низове блокова оконгомератисаних речних наноса саме терасе; између салива и драперија уклопљени пећинасти тремови у облику окапина или чак и саме пећинице скоро сраслих отвора; у подножју горње галерије салива и драперија таложи се, под отсеком терасе а над данашњом обалом главне реке, секундарна арагонитска терасица, са уклопљеним тањирастим и карличастим језерцима од и овде још увек топле бањске сумпоровите воде; најзад, испод ове терасице, и многи су блокови и облутци у самом речном кориту отети Радици, макар и накратко, од даљег транспортовања, уобљавања и дробљења, па тако обучени беложућкастом арагонитском превлаком међусобно срасли и здружени уз ове галерије природне архитектуре и скулптуре.

Ови су хемијски акумулативни облици сасвим млади. Уопште су млађи од флувијалног стадијума терасе од 15 м. Пошто је попречни расед Радикине пробојнице несумњиво старији, доводећи из ранијих геолошких доба, то би и терма са својим талозима морала бити старија од рецентних. Али је о њима сваки траг из времена пре урезавања долиноског дна у нивоу речне терасе од 15 м потпуно збрисан. Па ни рецентни арагонитски талози, изузевши само нешто од оних на те-

мену ниске терасе, нису давнашњи. Управо су поглавито сасвим ско-
рашњи. При сваком одвраћању бањске речице са старијих на нове во-
дотеке и водопаде низ бањску терасу, брзо се стварају све нови и нови
арагонитски слапови. А при сваком високом водостању Радике, ове
виловите планиске реке, арагонитски слапови узастопно бивају буји-
цом захватани, отсеци терасе подлокавани, те и они обурвавани и
одношени. Тако се види и овде, као и у целој области гипсног рељефа
Косовраста, како су у овој клисурастој и кањонској долини у гео-
лошки вековној и далеко претежнијој надмоћности деструктивне над
конструктивним геоморфолошким силама.

Д-р Војислав С. Радовановић

RESUME

LE RELIEF DE GYPSE À KOSOVRASTI, DANS LA VALLÉE DE LA RADIKA, AU-DESSUS DE DEBAR.

A la base du profond encaissement de la vallée de la Radika, aux
alentours du village et des eaux thermales sulfato-soufrées de Kosovrasti,
dans la région où elle traverse l'axe presque méridien des montagnes de
Krčín au nord et de Stogovo au sud, immédiatement au-dessus du point où
elle s'enfonce vers l'ouest dans le profond bassin de Debar, des couches de
gypse ont été découvertes, dans lesquelles est creusé le lit même du fleuve
sur une longueur de 5 km (fig. 1). Ces couches de gypse atteignent une
épaisseur de quatre à cinq cents mètres. Etagées à l'origine comme une for-
mation anhydrite, elles appartiennent par leur vieillesse à la période de
transition permo-triasique, et sont recouvertes d'épaisses séries de schistes
de Werfen tout d'abord, puis de couches calcaires de l'époque triasique
moyenne fortement dénudées, qui constituent les plus hauts sommets de
l'axe montagneux profondément encaissé. Par suite de la conversion de
l'anhydrite en gypse, qui s'est effectuée grâce à la découverte de ce massif
de gypse à la base des schistes imperméables, les couches de gypse rayé
sont fortement plissées suivant le type de l'albâtre à forme serpentine
(fig. 2). Concurrément se sont creusées de nombreuses diaclases et autres
fentes, qui ont encore favorisé la pénétration de l'eau dans la profondeur
des masses gypseuses et son pouvoir d'érosion (fig. 3).

On peut suivre dès à partir de l' époque paléogène le dévelop-
pement de la vallée de la Radika, prédisposée par une faille transversale
dans la direction de ce défilé où se trouvent les eaux thermales précitées et
dont la profonde entaille à travers les calcaires et les schistes a permis
de découvrir ces couches de gypse et leurs périodes subaériennes. A cette
époque, dans le bassin voisin de Debar ont été superposés les sédiments de
flysch dont la matière klastique tire son origine des couches permo-triasi-

ques de cette vallée, où régnait alors la plus ancienne période fluviale. Mais l'analyse géomorphologique détaillée du développement de ladite vallée n'est possible qu'à partir de l'époque néogène. Pendant cette période fluviale plus récente, qui commence avec la terrasse de 420 m au-dessus du lit du fleuve, l'évolution de cette vallée s'est accomplie suivint la période lacustre du bassin voisin de Debar à l'époque néogène et jusqu'à un certain point à l'époque diluviale. Dans ce bassin, après le plissement des sédiments flyschiques paléogènes et la transgression lacustre à un niveau d'environ 900 m. de hauteur absolue, auquel correspond la terrasse fluviale précitée de 420 m, il y eut successivement plusieurs niveaux régressifs, auxquels correspondent les terrasses inférieures plus récentes de la Radika jusqu'à l'assèchement définitif de ce bassin, après l'état lacustre d'une hauteur minimale, marqué par la terrasse d'abrasion de 680 à 700 m, puis à partir de la terrasse fluviale de 120 m jusqu'à sa profonde pénétration à travers les sédiments de la plaine lacustre centrale. Au cours de cette période fluviale plus récente de ladite vallée, — qui est depuis lors rattachée au système fluvial du Drim Noir, affluent actuel du lac d'Ohrid, — les couches de gypse, depuis peu entamées pour la première fois à travers les schistes imperméables, sont de plus en plus profondément découvertes et de plus en plus exposées à l'action destructrice de l'érosion subaérienne et la dénudation.

Ainsi ont été créées des formes particulières, analogues aux formes karstiques, dans ce relief de gypse du sud-ouest de la Serbie du Sud, qui est à la fois le plus grand, le mieux découvert et le mieux conservé des masifs gypseux de Yougoslavie. Malgré la perméabilité multiforme et la grande solubilité des roches de gypse dans l'eau, la vallée de la Radika s'est développée de façon tout à fait normale, le lit du fleuve étant maintenant encore creusé dans le gypse même. Il en est ainsi parce que les couches de gypse, plissées de manière à former l'anticlinal de l'axe montagneux presque méridien, vers le profond bassin de Debar, le long du bord duquel s'abaisse le versant occidental de l'anticlinal, sont restées jusqu'à présent barrées par un rempart imperméable de schistes de Werfen.

Le relief de gypse de Kosovrasti, sur les pentes de la profonde vallée de la Radika (fig. 1), offre des séries de formes particulières d'érosion et d'accumulation. Parmi ces formes érosives, deux sont spécialement remarquables. L'une est constituée par des lapiés de gypse très caractérisés, en général parallèles, mais quelquefois ramifiés. On distingue les véritables lapiés subaérien, situés sur un sol rocheux tout à fait libre, et les lapiés fluviaux, situés dans le lit du fleuve, jusqu'à son niveau le plus élevé. C'est chez ces derniers, à la structure morphologique la plus accentuée, que se constate le mieux l'influence chimique érosive de l'eau sur la roche de gypse. La seconde forme érosive qui retient notre attention est constituée par des canaux de gypse efférents souterrains, qui s'élargissent parfois en systèmes de canaux de caverne, qui montrent également leur ressemblance avec les formes karstiques des régions calcaires.

Les formes d'accumulation sont, elles aussi, de deux principales sortes. L'une est constituée par l'ensemble des formes dues à l'action mécanique

et chimico-mécanique des forces d'érosion et de dénudation. Tels sont les cônes de déjection et les éboulis (fig. 3). Dans les éboulis, formés par une brèche de gypse récente, due à la destruction des roches de gypse (fig. 3) se développent, ici comme des formes secondaires, des formes tout à fait neuves de lapiés, ainsi que des canaux souterrains qui affectent parfois l'aspect de jamas, enfoncements, à la surface du sol, et se ramifient en profondeur en canaux efférents étroits, élargis parfois, à une certaine distance, en petites salles typiques. La seconde espèce de formes d'accumulation est cependant exclusivement la résultante de l'action chimique de l'eau atmosphérique ou thermale sur les roches de gypse. Parmi celles-ci, les unes apparaissent dans les fentes et les canaux souterrains des masses de gypse comme une sorte d'ornement des grottes, stalactites et stalagmites, de concrétion gypsique. A l'effluent du cours d'eau thermal de Kosovrasti, qui, grâce aux eaux sumfato-soufrées, dont nous avons parlé, jaillit du gypse même (source principale: température de 49°C, débit 5.000 hectolitres en 24 h), aux pentes verticales de la plus basse terrasse de la vallée principale, celle de 15 m, se superposent des cascades aragonitiques d'origine gypseuse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{C} = \text{CaS} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$; $\text{CaS} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{S} + \text{CaCO}_3$; $\text{H}_2\text{S} + \text{O} = \text{S} + \text{H}_2\text{O}$) à formes très caractéristiques dans l'aragonite soufré, tout à fait analogues aux cascades travertiniques des véritables fleuves karstiques (fig. 4).

D-r Vojislav S. Radovanović.