

БРАНИСЛАВ П. ЈОВАНОВИЋ

ПОДЗЕМНА ОБУРВАВАЊА У КРАСУ

Оно што нас нарочито запањује и улива нам неку врсту страха кад се кренемо пећинама и јамама у дубоко подземље крашких области, јесу пре свега простране и дивљачне дворане, широке и високе по неколико десетина до стотину и више метара, а затим и обурвани циновски блокови од неколико хиљада тона, који су заједно са масом кречњачког стења хаотично набацани по странама, дну или по процепима подземних шупљина, или су местимично потпуно испунили и затворили простране подземне ходнике.

Ти и различити други облици којима се изражава подземно обурвавање познати су на основу изучавања многобројних јама и пећина у нашој земљи и осталим крашким областима ван ње.¹ Мада су те појаве проматране највећма узгредно, у главним цртама, на основу тих резултата изнета су у поменутим радовима и многа значајнија запажања, било о чиниоцима обурвавања, било о начину његовог развитка, било о односима између подземних обурвавања и осталих процеса који се у крашком подземљу удружују и сукобљавају.

Међутим, колико нам је познато, још увек није учињен покушај да се сви ти резултати сакупе и среде, да се тој појави посвети посебна пажња. То бисмо у главном линијама покушали да учинимо у овом



Ск. 1. Спјеничастіо набацани обурвани блокови и комади у сјајном сувом каналу Пећиничке Пећине.

¹ У разним деловима наше земље налазе се готово сви изразитији облици и видови подземног обурвавања. То омогућује да наша излагања илуструјемо поглавито примерима из наше земље, изнетим у радовима наших и страних испитивача, и онима које смо запазили у крашким областима Источне и Западне Србије, Црногорског Приморја, Херцеговине, Далмације и Словеначке.

чланку. Уз то желели бисмо да изнесемо и нека наша запажања, укажемо на нека нерешена питања и тако потстакнемо подробније изучавање те појаве, тим пре што оно има велики значај за праксу.

Познавање закона подземног обурвавања потребно је пре свега при извођењу техничких објеката у дубини крашких терена, нарочито при изради рударских, железничких и хидротехничких тунела. Међутим, није од мањег значаја да се познаје стање и карактер тог процеса у пећинама и јамама, нарочито ако су оне погодне за склоништа и магацине, или ако су омиљене као излетишта.

Случајеви наглих обурвавања таванице подземних шупљина, која се преносе каткад и до површине и јављају се на местима која су дотле наизглед била сасвим стабилна, указују да је опрезност потребна и приликом одређивања положаја железничких и других саобраћајних и грађевинских објеката на површини крашких терена.

Становници крашких области врло добро познају ту појаву. *М. Лујовац* (28) помиње да су некада обурвавања појединих делова крашких заравни око Иванградске котлине мештани сматрали за предзнаке рђавих догађаја. *Ј. Цвијић* (1) наводи низ примера, да су становници били сведоци слегања или обурвавања делова крашке површине, као у Сињском Пољу у Далмацији, у пољу Велика Попина у југозападној Хрватској, у Љубушком Пољу у Херцеговини, јужно од Љубљане, или пак у Косу Грама у Француској, код села Мјасоједа у Тулској области Русије итд.

У областима покривеног краса орачи избегавају најниже делове вртача било да су они отворени, било да су покривени глином. Зато ти делови често остају необрађени и зарасли шибљем. Али није редак случај да су и дна вртача у целини обрађена, засађена кудељом, баштенским и другим културама, или да су у целини заорана. То је разумљиво с обзиром да се велики број вртача не одводњава преко широких понора и јама, и с обзиром да се испод сваке вртаче не морају налазити велике подземне шупљине, већ се од њиховог дна у унутрашњост пружају само уске пукотине, издухе. Такође, дешавају се и такви случајеви да је природа толико вешто маскирала и чврсто затиснула веће подземне шупљине, да су покољења земљорадника преко њих мирно орала, па је доцније на тим местима дошло до слегања или наглог обурвавања. У красу села Брезовице, северно од Павлина, причали су ми мештани, да се тако у једној њиви нагло проломила Шљивића Звекара, која је раније била потпуно сакривена глиновитим покривачем. Пречник њеног отвора износи 5—6 м, а дубина око 30 м. У њу је при обурвавању упао орач заједно са ралом и воловима.

Међутим, обурвавање делова површине краса није везано само за рестресите слојеве који маскирају крашке пукотине и шупљине, већ и за њихову кречњачку наизглед стабилну подлогу. То показују примери многих делимично или знатно пробијених и обурваних пећинских таваница, који су запажени у разним крашким областима наше земље, Француске, Чехословачке, Сједињених Америчких Држава, Аустралије, Јамајке итд., што је прегледно приказао *Ј. Цвијић* (1, 17). Нарочито су опасне велике дворане, плитко усечене испод крашке површине и засвођене пространим и танким таваницама, које су усто расточене низовима укрштених пукотина и шупљина. Оне су подложне наглом обурвавању у случају било каквог већег оптерећења. На пример, такав је део таванице изнад велике сале Петничке Пећине у околини Ваљева, или део таванице изнад велике сале Сеоске Вилинске Дупке под Кожуфом, коју је приказао *В. С. Радовановић* (27). Њихове се таванице налазе неколико десетина метара изнад дна и местимично су дебеле свега 2—3 м.

1. УЗРОЦИ ПОДЗЕМНОГ ОБУРВАВАЊА

Подземно обурвавање изазивају различити природни чиниоци. Они могу да се удружују или да се на најразноврсније начине сукобљавају и супротстављају. Сасвим је разумљиво да ће друкчије обурвавање бити у компактним и једрим кречњацима и онима који су јаче

прекрсталисали, но у конгломератичним, бречастим, пешчарским, различито услојеним и разноврсно убраним кречњацама. Усто, различита обурвавања могу бити условљена и распоредом и густином пукотина, присуством подземних вода и износом њихове механичке и хемиске ерозије, климатским променама, тектонским и сеизмичким потресима и другим разноврсним чиниоцима подземног подлокавања и разарања стена.

Свакако да поред природних фактора и људи, нарочито изградњом тунела и рудника, постају један од чинилаца подземних обурвавања, при чему они могу да изазову тај процес не само у кречњачким већ и у свим осталим теренима. Међутим, ми ћемо се у овом чланку ограничити на разматрање природних чинилаца који изазивају обурвавање у току изградње и у изграђеним, старим природним и вештачким тунелима у унутрашњости крашких терена.

Значај једног или више поменутих чинилаца истицан је већ у овом или оном конкретном случају, па је често пута било немогуће одредити који је од њих добио превагу и имао одлучујући значај. Ми бисмо покушали да размотримо каква је улога сваког од тих чинилаца обурвавања и то у основним линијама, јер исцрпна анализа сваког од њих може бити предмет посебних проучавања и мора имати претходан обимнији документациони материјал.

Подземно обурвавање — специфичност краса

Распадање стена на *јовршини*, а делом и њихово обурвавање на отсецима и падинама, претставља готово најраспрострањенији процес у преображавању лика континентата. Оно се одвија непрекидно готово у свим климатским и висинским регионима.

Али и у областима најинтензивнијег распадања стена, ако су оне непропустљиве и нерастворљиве, распадање је ограничено на релативно плитак површински део терена. Идући ка дубини оно се нагло смањује и убрзо се потпуно прекида.

Истина, и у непропустљивим и тешко растворљивим теренима може доћи до подземног обурвавања. На пример, на оним местима где се у њима образују шупљине тектонског порекла, или у вулканским областима, где се јављају дубока вулканска гротла. Међутим, таква обурвавања не проистичу из процеса који непрекидно потстиче њихов развој како у простору тако и у интензитету. Шупљине у непропустљивим и нерастворљивим теренима ће се поступно затрпати обурваним или унетим материјалом, што ће зауставити даље обурвавање.

У *јројусљивим* и *лако расљивим* теренима испирањем и доношењем раствореног материјала подземна ерозија изазива стално смањење њихове масе у унутрашњости. Она омогућује образовање и проширивање подземних шупљина, условљава унутрашњу лабилност нерастворених делова који подлокавањем остају без ослонца и тако систематски ствара и потстиче услове за развитак подземног обурвавања.

Међутим, и у свим областима које су изграђене од лако растворљивих и лако пропустљивих стена: леса, соли, гипса, кречњака, доломита и других, подземно обурвавање се не развија на исти начин. Оно као изразити природни процес може да се пренесе до највећих

дубина и да се развије до катастрофалних размера тек у типичним крашким областима, састављеним од кречњака и сличних карбонатних наслага. То није само зато што у односу на остале растворљиве стене кречњаци заузимају знатно већи простор и достижу већу моћност. То пре свега условљавају различите структурне одлике растворљивих терена и њихов различити однос према подземном ерозионим процесима.

На први поглед би изгледало да ће подземно обурвавање бити изразитије уколико су пропустљиви и растворљиви терени састављени од меканих, неотпорнијих слојева. Међутим, није тако. Интензитет тог подземног процеса је све већи што су растворљиви терени отпорнији, чвршћи.

Например, понирање воде, подземно растварање и испирање одвија се у *лесним* областима, па се ту јављају и вртаче, као највиднији израз вертикалне ерозије понирућих вода. Међутим, у лесним областима се не срећу ни израстите подземне шупљине — јаме и пећине, нити изразита подземна обурвавања. Слично је и са теренима састављеним од наслага *соли*, које су много више растворљиве.

То долази пре свега отуда што се подземно растварање и изношење одвија лагано и дуготрајно: подземна ерозија захвата полако све шире и све дубље делове растворљивих терена, да би се, у крајњој линији и под повољним условима, спустила и у њихове најдубље делове, све до непропустљивих стена у њиховој подлози. Међутим, лесе и соне наслага се одликују растреситиошћу и лако савитљивошћу, те ту, упоредо са лаганом подземном ерозијом, настаје осипање или слегање виших нерастворених делова. Не постоје услови за образовање великих подземних шупљина, ни за нагло (катастрофално) обурвавање. Процес се изражава лаганим слегањем, које, у крајњој линији, допире до површине терена.

Лагано слегање површине због подземног испирања соних наслага, јавља се и у нашој земљи, у Тузланском басену.

Међутим, и у соним теренима, под посебним условима, може доћи до изразитијег обурвавања. Например, кад су наслага соли покривене другим отпорнијим слојевима, испирањем могу у наслагама соли да буду образоване велике подземне шупљине, па се у њих могу да обурвају чвршћи повлатни слојени.

У теренима састављеним од наслага *гипса* подземно обурвавање може да буде много јаче, захваљујући њиховој нешто већој чврстини.

Тако *В. С. Радовановић* (2) помиње дубоке канале и појаву подземног обурвавања у гипсаним теренима околине Дебра. У истом раду наводи да је *Ј. Михајловић* подземним обурвавањима објаснио занимљиву појаву сеизмичких тутњава у истој маси гипсаних наслага, а затим да је и *Е. А. Марџел* примерима из разних гипсаних терена показао да се у њима могу развити пећине и јаме, те је разумљиво да се у њима мора јавити и подземно обурвавање.

Подземно обурвавање треба да је развијено и у вечито *замрзнутој земљи* или у *леденим масама* глацијалних области, јер, као што је познато, и ту подземни ерозионни процеси стварају шупљине сличне крашким.

Кречњаци и *доломити* су познати као отпорније, чвршће стене. Пошто они због тога не подлежу лако слегању које би се вршило синхронично с ерозијом подземних вода, у унутрашњости краса могу дуготрајним растварањем и одношењем да се поступно образују, раз-

гранавају и развијају вишеспратне мреже и системи укрштених пећина и јама с дворанама знатних димензија, и да се као крчњаци распрострају по утроби крашких маса од површине до дна. Да крчњаци дуго могу да се одупиру слегању и обурвавању показују пре свега многобројни циновски канали, јаме и дворане у којима се обурвавање развило само делимично, а још више они у којима уопште нема никаквих трагова тог подземног процеса.

Међутим, унутрашња отпорност према обурвавању није безгранична ни у крчњацима. Пораст подземних шупљина моћи ће да се наставља само до границне тачке унутрашње чврстине подлоканих маса. У тренутку када тежа савлада ту унутрашњу чврстину мораће да дође до слегања, пуцања и обурвавања. Због тога отпорност делује само као привремени фактор, омогућује дуже поткопавање, веће пространство и већу дубину подземних шупљина, но што је то у осталим растворљивим, али растреситијим и савитљивијим стенама.

Клима као предуслов подземног обурвавања

Постојање крчњачких терена није једини предуслов подземног обурвавања, јер се оно може развијати само у оним областима где постоји подземна циркулација воде. Из тих разлога, подземно обурвавање у крчњачким теренима мораће да зависи и од тога у коме се климату они налазе.

Из тога излази да подземно обурвавање може да се развија само у крчњачким теренима који се налазе у влажним климатима. Свакако да брзина тог процеса треба да је већа што су крашке области богатије падавинама, јер под осталима повољним условима то омогућује и већу подземну ерозију. Из тих разлога подземно обурвавање може имати најизразитији развој у крашким областима умерених, тропских и њима суседних влажних климата који се одликују плувијалним и плувио-нивалним врстама падавина.

Супротно томе, подземно обурвавање ће слабије моћи да се развија у крчњачким областима са изразито малим количинама талога. А у типично пустињским областима, и поред постојања пропустљивих и лако растворљивих наслага, оно неће моћи да се развија.¹ Такође се тај процес мора изразити у много мањој мери (а може да буде и сасвим прекинут) у крчњачким теренима који се налазе у изразито глацијалним областима, где се замрзава и она вода која је успела да зађе у крчњачке пукотине, те их тако не проширује, већ их зачепљује ледом.

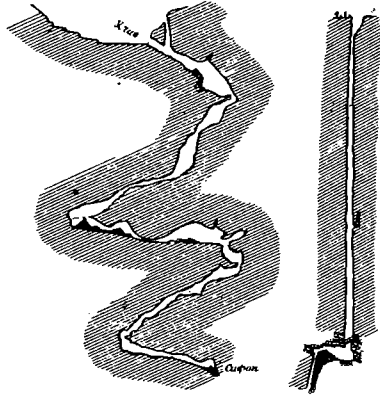
Подземна ерозија и унутрашња стабилност крашке масе

Унутрашња стабилност крашке масе подложна је непрекидним променама од момента продирања подземних вода па за све време њиховог деловања. Проширујући унутрашње шупљине подземна ерозија

¹ Мада се, као што је познато, подземно обурвавање одвија и у пећинама које се налазе у пустињским крчњачким теренима, оно се ту не развија, јер због недостатка подземне ерозије ту не постоје услови за проширивање постојећих и појављивање нових подземних шупљина.

поткопава нерастворене делове кречњачке масе и оставља их без ослонца. Раније или доцније поткопани делови се угубају под сопственом тежином, нарочито око зидова и таваница пећима и јама, и најзад се обурвавају.

То не важи само за хоризонталне пећинске канале који одоздо поткопавају делове кречњачке масе, већ и за јаме, пропасти, звекаре и друге врсте канала који се змијасто, изломљено или вертикално спуштају у дубину крашке масе. У јамама које се спуштају у виду ви-



Ск. 2. Извијена јама Дубоки До у Његушима, по Г. Ланеру (17).

Дубока је око 340 м. Њени су делови обурвавањем проширени у дворанице.

Вертикална јама Нови Жан у Француској (17).

Дубока је 163 м; улаз је широк око 5 м. Делови њених страна су изложени обурвавању, испадању блокова и осипању.

Југавих и угласто изломљених канала обурваваће се делови подлоканих таваница и страна на сличан начин као и у пећинским каналима; а у каналима који се спуштају у дубину као ошаци обурваваће се делови њихових страна.

Многе примере обурвавање страна и таваница искошених канала јама у нашој земљи приказали су С. М. Милојевић (16), А. Лазих (5), М. Маргејих (7) и др. Али су позната изразита обурвавања и у извијеним и искошеним јамама страних крашких области, нарочито добро испитиваних у Француској, што је делом приказао и Ј. Цвијић (1). Да се одламање одвија и у вертикалним јамама и каналима показује најбоље мања или већа маса одваљеног материјала која се налази на њиховом дну. У таквој једној јами у Поречу запазио је П. С. Јовановић (20) обурвани блок у облику стола, дебео око 2 м. Испод вертикалног канала на дну Кевине Јаме М. Маргејих (7) нашао је гомилу обурваног материјала. Слични блокови или гомиле налазе се, по Ј. Цвијићу (1), и на дну вертикалних јама у Француској (Падирак), Чехословачкој (Мацоха) и у другим страним крашким областима.

У више наврата истицан је непосредан значај хемиске ерозије подземних вода за лабављење унутрашњих веза између слојева и блокова. Наиме, понирући вода раствара кречњак дуж пукотина и тако их шири да омогућује лакше издвајање комада из основне масе таваница и страна, где су они већ поткопани ерозионим шупљинама. Значај тог фактора може се оценити нарочито у пећинама које су образоване само понирућом кишницом, које припадају зато типу подземних денудационих облика.

На дну кратке пећинице Велике Миловаче, у Ваљевском красу, која је обрађена само понирућом кишницом и снежницом налази се маса разбацаних комада и блокова. Али најизразитији је онај дебљи пакет на крају те пећинице, који се дуж међуслојних пукотина одвојио од таванице и слегао, јер се још увек ослања бочковима о зидове пећинице. Тим слегањем је проширена шупљина на месту где је некадашња међуслојна пукотина биле обрађена понирућом кишницом. Она и данас повремено прокапава истим путем и даље глача горњу површину слеглог кречњачког пакета слојева.

На сличан начин делује и хемиска ерозија *подземних река*. Крећући се каналима та вода продире у међуслојне и друге пукотине и растварајући их она их проширује. Нарочито је тај утицај изразит ужим каналима, сужењима и сифонским деловима. Али хемиска ерозија подземних река непосредно потстиче обурвавање и у великим пећинама, јер се у њих у кишном периоду сабира велика количина воде, реке нарасту, а њихова хемиска ерозија делује по свим шупљинама на странама и таваници у које се вода увлачи и кроз које се даље пробија.

Међутим, код речних пећина и понора је тешко одредити да ли је на овом или оном месту имала пресудни значај хемиска ерозија, или је она знатно потпомогнута и другим снагама подземних вода: хидростатичким притиском и механичком ерозијом.

Мада постоји схватање да *хидростатички притисак* не може одроњавати стене, већ само „наспорава одроњаване“ (1), већина испитивача сматра да тај фактор и непосредно потстиче развитак подземног обурвавања. Значај хидростатичког притиска нарочито је изразит у оним деловима канала где се смењују фазе нагомилавања и испражњавања подземне воде и где су комади и блокови делом већ издвојени ширим пукотинама од основне масе. У таквим случајевима вода за време нагомилавања упира у блокове, а у току истицања ослобађа их притиска, те час збија, час лабави и проширује шупљине, све док се не обурвају комади и блокови које те шупљине одвајају од основне кречњачке масе.

Например, *Ј. Цвијића* (1) каже за реку која тече пећином на дну Требићке Јаме, дубоке преко 320 м, да се њена вода погне и по 100 м изнад свог нормалног нивоа и да врши јак хидростатички притисак на дуварове, због чега се они обурвавају. *М. С. Радовановић* (6) сматра да је вероватно и хидростатички притисак некадашњих токова био од значаја за обурвавање у вишим, данас делом сувим каналима Вјетренице. И *С. М. Милојевић* (16) узима да је хидростатички притисак, заједно са хемиском ерозијом, имао утицаја на обурвавање у каналима великих понора Поповог Поља, нарочито понора Црнуље.

Снага хидростатичког притиска подземних вода види се и из догађаја који је везан за Тубравичку Пећину у кањону Увца, а који је приказао *Б. Ж. Милојевић* (9) на основу сећања старијих мештана. Наиме, та се пећина налази у продужењу следе долине Маљевске Реке, па је и изграђена подземним током те повремене реке. Око 1870 године Турци су наредили да се зазида и горњи и доњи улаз у пећину, да је устаници не би користили као склониште. Међутим, када је Маљевска Река јако надохла, она се пред горњим улазом зајезерила, а затим пробила један од понора и ушла у пећину. У завршној дворани пећина, пред зазиданим доњим улазом, она се поново ујезерила, а затим је са великим треском провалила и тај зид.

Механичка снага подземних шокова има велики значај за обурвавање, јер они, као што је познато, имају највећма бујиچارски режим. Делом непосредним притиском водене масе, делом ударцима материјалом који носе, те бујице врше знатан притисак на лабилне блокове, или изазивају обурвавање, поткопавајући кречњак дуж доњих делова

страна пећинских канала. Та снага још више расте у пећинама с изломљеним уздужним профилима дна, јер се ту образују брзаци, слапови и водопади.

Колика је снага подземних бујица види се по томе што су њима пећинске стране углачане или изрезане углачаним ерозионим браздама. У Великој Пећини у Дубоки, у коју само повремено продире вода из узводније слепе долине, после једне провале облака, бујица је потпуно очистила дебље наслаге глине и песка из средњег дела улазне дворане, изградила терасу, а из осталих делова однела бурад, столове и друго што су мештани унели, пошто су ту, по старом обичају, прослављали дан цвећа.

У нашој земљи има и подземних водопада, слапова и брзака, например у предњим деловима Шкоцјанске Јаме, а и на местима где се понорнице крашких поља губе у веће вертикалне поноре. Свакако да је снага тих водопада имала значај за откидање и обурвавање стена.

У пећинама које се налазе у нивоу мора и у које продиру *шталаси*, снага њиховог удара такође мора изазвати подземно обурвавање, било директним ударима морске воде и њеног материјала, било посредством ваздуха који она утискује у шупљине и пукотине. Колика може да буде снага тог утиснутог ваздуха показују рикавице.

Тако *Ј. Цвијић* (1) помиње да се на нашој обали налази доста потопљених пећина или пећина које су усечене у нивоу мора, а и неколико пећина — рикавица из којих ваздух излази под притиском и изазива најнеобичније шумове. Пећине чије доње делове испуњава морска вода могу се проматрати идући бродом од Дубровника ка Ријеци. Једна од таквих пећина налази се источно од Оребића, има изглед широког једноставног канала чије су стране у нивоу мора разједане поткапинама, а на чијем се потопљеном дну налазе обурвани комади и блокови.

Интересантија је потопљена пећиница код Сутомора. Усечена је у кречњачком рту, испод рушевина средњевековног утврђења на западном ободу Сутомора. Потчиње ниским и уским улазним ходником, дугачким неколико метара, а затим се проширује у дворану. Кроз улазни ходник се може проћи само за време осеке, лежећи у уској и ниској сандolini, јер га за време плиме или кад се море узбурка потпуно прекрије вода. У дворани се човек може усправити у чамцу и може га обрнути. Вода на дну дворане је вечно заталасана, „кључа“ и пени; ударајући о стране ствара поткапине, те поткопавајући таваницу изазива обурвавање. Обурвани комади и блокови падају у морску воду која покрива дно дворанице.

Структура кречњака и обурвавање

У досадашњим тумачењима узрока подземног обурвавања највећа пажња посвећена је локалном распореду, густини и карактеру пукотина, а и осталим структурним одликама појединих делова страна и таваница пећина. Сасвим разумљиво, установљено је да се подземно обурвавање ређе јавља у оним деловима који су изграђени од отпорних, компактних и једрих кречњака, но у оним деловима кречњачке масе који су усложнени, изразито убрани и дисецирани укрштеним пукотинама. Међутим, осим тих општих закључака има мало конкретнијих запажања о томе како је тај процес условљен чистоћом и дебелином кречњачких слојева, њиховим распоредом, нагибом, распоредом пукотина итд. Зато се и ми можемо задржати углавном у оквирима општих примедба.

Наиме, вероватније је да се обурвавање теже врши у *чистијим* но у *нечистијим* карбонатним стенама, пре свега зато што су чистије стене хомогенијег састава, те је и њихова кохезиона снага већа. На такав закључак упућује чињеница да се доломити лакше распадају од кречњака.

Такође, вероватније је да ће обурвавање да се развија лакше и пре на местима где су кречњачки слојеви тањи а међуслојне пукотине гушће, но у области дебљих, банковитијих кречњака. Усто, на местима тање слојевитости тај процес ће пре да добије обележје листања и плочастог распадања, док се у банковитим кречњацима пре могу јавити диновски блокови.

Изразито обурвавање јавља се у слојевима најразличитијих *нагиба*, од хоризонталних до вертикалних. Међутим, и ту има неких специфичних појава, посебних услова. Њих првенствено одређују односи између нагиба слојева и ерозионих шупљина. Наиме, ни нагнути ни хоризонтални слојеви неће се на исти начин обурвати на свим деловима таванице и страна.

Свакако да ће се лакше обурвати они поремећени слојеви који се пружају у правцу канала, јер су како на њиховој таваници, тако и на њиховим странама подлокани на већој дужини. Напротив, нагнути слојеви, који се пружају под углом или попречно на канале, теже ће се обурвати, јер се ослањају на остале необурване и нееродоване делове кречњачке масе. Међутим, лакше ће се обурвати и ови попречно нагнути слојеви уколико се њихов пад на већој дужини поклапа с нагибом канала, но они који су нагнути супротно од нагиба канала.

Такође, лакше ће се обурвати они слојеви на странама канала који су нагнути према шупљини, но они који су нагнути над стабилну крашку масу. Али и у том случају лакше ће се обурвати виши делови страна, где су слојеви потсечени ерозионом шупљином, но нижи делови страна, где су они непотсечени и стабилни.

Непотсечени хоризонтални слојеви слабије подлежу обурвавању како на таваници тако и на странама, јер они са обе стране имају чврст ослонац, нарочито у ужим каналима. Међутим, и они ће се лакше одвајати са средишних делова таваница, нарочито ако су оне широке, но са страна где је ослонац већи. Такође ће се лакше одваљивати сви потсечени хоризонтални слојеви на таваници косих канала.

Усто, нагнути слојеви, због својих више-мање вертикално управљених међуслојних пукотина омогућују лакше понирање воде, а због пресечености међуслојних пукотина бржу циркулацију воде и бржу подземну ерозију; хоризонтални слојеви успоравају, а где нису засечи попречним пукотинама они сасвим онемогућују понирање, а самим тим успоравају подземну ерозију и подземно обурвавање.

У интензивно *убраним* слојевима обурвавање треба да је изразитије, зато што ту постоје много повољнији услови за потпуно подлокавање појединих партија кречњака на странама и на таваници канала, и зато што ту постоје повољни услови за живу подземну ерозију. У овом случају се најпре могу образовати блокови најнеправилнијих облика.

У *конгломератним* и *бречастим* кречњацима обурвавање се најпре може вршити у облику издвајања и испадања комада из масе којом су били слепљени. То распадање округластих или ћошкестих комада може се одвијати у облику круњења.

Утицај положаја и густине међуслојних пукотина, а и сви други поменути структурни утицаји, могу бити знатно измењени појавом параклаза, дијастрома, дијаклаза и других пукотина, било да су оне управљене мање или више попречно на међуслојне пукотине, било да се на разне начине међусобно пресецају. Свакако ће обурвавање бити јаче на местима где су те *војречне њукојине* гушће и где се пресецају под разним угловима. Усто, попречне пукотине омогућују да се обурвавање развије чак и у подлоканим једрим кречњацима. Даље, попречне пукотине могу да услове појаву већих блокова и шупљина и у области танке слојевитости, и у конгломератичним, бречастим и другим сличним кречњацима, који би иначе сами за себе изазвали само листање, плочасто распадање или осипање.

Најзад, није редак случај да се се нађу у пећинама блокови и комади чије су површине мање-више изразито искрзане, иверастог, шкољкастог и другачијег неправилног изгледа. Оне показују да се цепање и одвајање може догађати чак и у *комљактним* деловима кречњачке масе, који су само делимично били засечени пукотинама. Цепања подлоканих кречњака на једрим местима долазе отуда што тежа може да надвлада кохезију.

Велике пукотине имају нарочити значај пре свега зато што кречњаци дуж њих могу бити јаче издвојени и подељени у блокове и партије и пре но што су обурвани. Раседне пукотине добијају и већи значај зато што су у току размицања кречњаци око њих изломљени, издробљени и прожети другим попречним пукотинама. Затим, зато што су дуж њих доведени у исти ниво кречњаци различите отпорне моћи и разних структурних обележја. Зато се обурвавање страна ерозионих канала може вршити лакше до површине раседања и око ње, затим може бити успорено или привремено заустављено уколико наиђу чвршћи слојеви, или убрзано уколико настају мекши слојеви.

Различите примере структурних утицаја налазимо у литератури наведеној на крају овога чланка, као и у другим радовима о појединим јамама и пећинама наше земље и осталих крашких области. Тако, *М. С. Радовановић (6)*, на примерима из Вјетренице, показује да већа нагнутоост слојева омогућава и веће обурвавање. У истом раду он је дао типичан пример утицаја старе раседне пукотине на интензивно обурвавање. Затим је нарочито подвукао значај дијаклаза за обурвавање појединих делова таванице главног канала Вјетренице, при чему истиче да је оно нарочито интензивно на оним местима где су дијаклазе паралелне и проширене на већој дужини. У предњим деловима истог канала нашао сам на таваници изразите примере издвајања мањих партија и парчади појединих слојева на месту укрштења брахиклаза. Утицај хоризонталних или готово хоризонталних кречњака на обурвавање, а и на успоравање понирања воде, запазио је *Ј. Цвијић (17)*, нарочито у француским Косовима. О начину проширивања пећина и обурвавању у конгломератима говорио је *П. С. Јовановић (20)*, приказујући пећине у Поречу. А о начину распадања и испадања коњкастих комада из партија кречњака бречасте структуре даје неке напомене *Ј. Далеви (8)* описујући пећине у кањону Праче. О утицају попречних пукотина, нарочито о значају брахиклаза за подземно обурвавање, говорио је *С. М. Милојевић (32)*, приказујући облик и развитак канала Ободске Пећине.

Подземна акумулација као фактор обурвавања ¹⁷⁸

Познато је да се на странама и таваницама пећина и јама поступним нагомиланањем *висра* могу образовати саливи, сталактити и завесе које достижу знатну дебљину. Нарастајући они могу знатно да повећају

тежину појединих лабилних блокова и целих сводова, а самим тим и да изазову њихово извијање, пуцање и одвајање. На сличан начин може да делује и остали материјал, нарочито пећинска *глина*, која се такође може да нагомилава по странама и таваницама поземних шупљина.

Затим, доста је вероватно, да и *кристализација* бигра по међуслојним и другим шупљинама може да изазове њихово проширивање и потискивање појединих лабилних блокова на таваници и пећинским странама. На то не указује само чињеница да се приликом кристализације мора да развија знатан притисак на стране пукотина, већ и низ примера да су површине на местима обурвавања обложене бигреним превлакама, које су нагомилане у шупљинама пре обурвавања. Вероватно да и резидијална глина, сакупљајући се по шупљинама између лабилних комада и блокова, може да изазове проширивања тих шупљина; тим пре што она може бити изложена наизменичном ширењу у влажном периоду, кад пониру воде, а скупљању и пуцању у полигоне, у сушном периоду, тим више ако су та два периода изразитија и дуготрајнија, као што је случај у медитеранским крашким областима, и тим више што је јача подземна циркулација ваздуха.

Примере обурвавања због нарастања пећинског бигра приказао је *М. С. Радовановић* (6) на неколико места у пећини Вјетреници.

Површинска крашка ерозија и обурвавање

Поред ерозије у унутрашњости, врши се непрекидно ерозија и на површини крашких терена. Као што је познато, та се ерозија одликује пре свега деловањем дуж одређених површина, образовањем крашких депресија затвореног типа, продубљавањем вртача, увала, поља итд. Зато се смањивање масе у крашким областима врши дуж одређених линија и зона брже по па осталим местима, те се и таванице пећина и подземних дворана могу на појединим местима много брже истањити. Ту зато постоје много повољнији услови за обурвавање.

Наиме, истањене таванице су изложене даљој ерозији која проширује масу пукотина и уских издуха; оне су изложене у целини спољним температурним променама и, услед растезања и скупљања, у њима се проширује и повећава број укрштених пукотина. Танке таванице, тако расточене и одоздо поткопане, обурвавају се раније или доцније, поступно или у целини.

Међутим, заједно с површинским распадањем и хемиским растварањем делују и сви остали површински ерозиони процеси који смањују крашку масу између вртача, увала, поља, слених долина и других затворених крашких депресија; продубљујући и проширујући их, померајући крашке отсеке и долињске стране, површинска ерозија тежи да у крајњој линији уништи крашки терен у целини. Самим тим она тежи да истањи кречњаке око свих подземних канала и тиме омогућује да се подземно обурвавање пренесе и до најдубљих шупљина.

Један од лепших примера истањености кречњака између вртаче, која се проширује и продубљује, и таванице подземне дворане, која се обурвава, приказао је *Ј. Цвијић* (7) на случају Черне Јаме изнад Постојне. Још изразитији пример таквог обурвавања може се видети у југоисточном делу Гацког Поља. Ту је дно једне од

през глатких пртачи обурвано у пећиницу Око, коју је образовала једна од понорница Црног Поља. Да је обурвавање изазвано истањивањем дна вртаче, показује постојање неких блокова и комада која затрпава задњи део те пећинице тако да се само врло мали отпор може из ње попети на ту масу блокова, тј. обурване делове некадашњег дна пртаче, чије су левкасте форме још увек добро очуване. То је један од најинтереснијих примера претварања стеновите вртаче у видлед, посредством обурвавања.



Ск. 3. Черна Јама изнад Посйојне, по Ј. Цвијићу (1).

Тип вртаче, дубоке око 30 м, која се уским отвором у дну пробила у пећинску дворану, високу око 20 м, испуњену делимично блоковима од обурвавања таванице и страна, делимично унетим материјалом.

Велико Труло на крају пећинице Око.

Вртача, чије је дно потпуно обурвано у пећину.

Такође, Ј. Цвијић (17) помиње да у Жеводанском Косу Француске, услед интензивног поткопавања и померања долињских страна под утицајем денудационих процеса, долази до премештања кречњачких отсека према унутрашњости, због чега су начете вртаче, а местимице су и јаме отворене. Сличних појава има и у нашој земљи. На страни долине Граца, у Ваљевском крају, врло је интензивно распадање стена, па су ту образована многа точила и сипари и назупчани кречњачки ртови између њих. Тим процесима је бочно отворена пећина Пењачица.

Температурне промене и обурвавање

Познато је да су температурне промене један од одлучујућих узрока распадања и обурвавања стена на површини. Такође је познато да се температурне промене нагло смањују идући ка дубини и да већ на мањој или већој дубини настаје зона константних температура. Такође је познато да се у дубини јама и пећина јављају константне температуре, или у најгорем случају да су температурне промене сведене на минимум. Због тога утицај температурних промена на распадање и обурвавање у унутрашњости крапа до сада није ни узиман при разматрању ових појава. Међутим, он се не може потпуно искључити.

Уствари, у крашким областима јаме и пећине омогућују да утицај спољних температурних промена много дубље продира но што је то случај у осталим областима. Због тога и обурвавања због температурних промена продиру путевима које су предодредили крашка ерозија и распоред њених канала. С обзиром на слабљење температурних промена идући у дубину слаби и њихов утицај на унутрашње обурвавање. Али он је ипак доста јасно изражен у улазним деловима тих канала.

Мада у пећинама и јамама нису вршена систематска мерења температурних колебања, улазни делови пећина показују доста добро да она ту могу достићи знатне размере. Тако сам запазио у предњим деловима главног канала Велике Пећине код Дубоке да се на таваници у зимском периоду залеђује понирућа вода и образују се ледени сталактити, а на поду ледени сталагмити, или се бигрени сталактити и сталаг-

мити тада превлаче леденом навлаком. Нешто дубље налази се на дну главног канала неколико циновских лонаца, који су испуњени водом и претворени у језерца. У првом од њих у току зиме вода се готово у целини заледи. А затим, идући у дубину, ледени покривач је све тањи, да би најзад, 150—200 м далеко од улаза, дошли до језерца које је било обложено танком искрзаном леденом кором само по ивици, или, још дубље, до низа језераца, која уопште нису била залеђена. Супротно томе, у току лета ту уопште нема леда, ни на таваници, ни на поду, нити у језерцима. Све то говори да подземни канали могу годишња температурна колебања да пренесу 150—200 а можда и више метара у дубину крашке масе.

Продирање дневних температурних колебања и њихов утицај на обурвавање улазних делова пећина и јама може бити један од главних узрока што су улази најчешће пространји, мада се често и циновски улази настављају у уске и непроходне канале и пукотине. То је случај код већине пећина Ваљевског краса, како код речних пећина, тако и код оних које су постале само понирућом кишницом која прокапљује кроз пукотине. Циновски улази често преваре и само становништво, које нерадо улази дубље у пећине, јер верује да се они настављају у другаче канале. Значај дневних температурних колебања за обурвавање улазних делова пећина и јама показује такође и појава да су таванице најчешће ту избушене вгледима.

Свакако да дубина продирања спољних температурних промена зависи од низа других фактора: положаја пећине, локалних климатских прилика, величине канала, распореда сужења итд. Годишња температурна колебања продиру свакако дубље у унутрашњост, но дневне температурне промене. То, уосталом, показују и извесна мерења извршена у пећинама и јамама, као и колебање дебљине снега и леда у пећинама и јамама.

Међутим, и поред тога што се манифестују само у улазним деловима, температурна колебања имају значај за обурвавање и најдубљих делова подземних канала. Наиме, пошто заједно са осталим чиниоцима допринесу дефинитивном обурвавању таваница улазних делова пећине или танких таваница високих дворана, температурна колебања се премештају у почетни део необурваних остатака истих пећина и јама. Тако се тај утицај мора поступно пренети и у све дубље и дубље делове канала.

За пример могу да послуже многе пећине чији су улазни делови обурвавањем већ претворени у клисурице, као пећина Обод у Црнојевића Ријеци, чије се скраћивање, по подацима *Ј. Цвијића (10)*, врши па очиглед становништва. Још изразитије примере овог утицаја можемо проматрати у областима где су од некадашњих пространих пећинских таваница остали само поједини отпорнији делови у облику мостова, као што је то случај у почетном делу Шкоцјанске Јаме, на месту где понире Река, или код манастира Вратне, где су од некадашње пећине остале само прерасти између циновских котлова.

Међутим, у дубини појединих пећина и јама, још док у њих не продру температурне промене, за обурвавање има значај и *залеђивање*. Нарочито је тај утицај изражен у високим планинама и глацијалним областима где су се у дубини нагомолавале ледене наслаге. Било да су те масе снега и леда образоване од снега који је унет са површине, било од понируће воде која се заледила у дубини, било да се тај лед одржава само у зимском периоду, или се у њима нагомилала из године у годину, он мора утицати на распадање. Понирућа вода која се креће ка леденим масама, у додиру са њима мора се замрзавати и утицати на проширивање пукотина којима се креће, а самим тим и на одвајање и обурвавање лабилних блокова и комада.

Јаме испуњене ледом налазе се на многим нашим планинама. *Ј. Цвијић (1,19)* их описује на планинама Источне Србије. *Ј. Данеш (8)* налази неколико леденица на Романији, *Б. Ж. Милојевић (24)* на високим планинама Динарске системе, *А*

Шерко (26) у Долејској. Али се изразите леденице налазе и на вишим крашким деловима француских, швајцарских и аустријских Алпа, како то истиче и *Ј. Цвијић* (1, 17). Пајзолатије ледене пећине, чије дужине промашују 20—30 км, назива он најмоћнијим подземним ледницима. Леденице се срећу и у јужнијим областима. *П. С. Јовановић* (20) их је запазио на Јакупици, у Македонији. А *М. Маргешић* (7) утицају мислињава приписује интензивније обурвавање таваница јама и пећина и њихово претварање у пропасти на северној страни Мосора, док недостатак тих појава на јужној страни исте планине објашњава ублажујућим топлотним утицајима Јадранског Мора.

Обурвавање због потреса

Више испитивача јама и пећина указало је да су *шеќијонски* и *сеизмички њокреји* и *њшрес* један од главних узрока подземног обурвавања. То је сасвим разумљиво када се зна да су кречњачки терени били изложени вишеструким свођењима, раседањима и јаким сеизмичким потресима и у време кад су у њима постојали велики подземни канали и шупљине. Мада обурвавања под утицајем сеизмичких и тектонских потреса нису непосредно проматрана у дубини краса, она су најпре могла да изазову она обимна и катастрофална подземна рушења и потпуна затрпавања великих дворана. Најзад, утицај сеизмичких потреса на подземно обурвавање доказују пропадања појединих делова кречњачке површине у дубину, која су се за време земљотреса одвојала на очи-глед становништва.

Тако је *Ј. Цвијић* (1) забележио да се приликом земљотреса од 1893 године отворила провалија изнад Млавина Врела, али се не зна дали је ту створена само алувијална вртача, или се услед потреса саломио таван пећине, кроз коју дотиче вода Млавину врелу. Затим он наводи запажање *Шпур* да је приликом кланског труса јужно од Новокрачине дошло до угибања земљишта. *М. С. Радовановић* (6) узима, да су обурвавања у Вјетреници била изазвана и трусовима, например земљотресом који се у тој области десио 1927 године. Такође, он указује да се Вјетреница налази у области у којој су се раније догађали земљотреси, јер су у њој уздужни и попречни раседи јадранског приморја. *А. Лазућ* (14) појаву гомила блокова и рушевина у пећини у селу Невади приписује тектонским покретима. Чак сматра да је та пећина, која кроз пробија једно издвојено брдо, била заједно са тим брегом тектонски издигнута и одвојена од својих осталих делова.

Треба најзад истаћи да и само *обурвавање*, нарочито ако је захва-тило веће блокове и веће делове таванице, може такође изазвати потресе и бити узрок даљем лабављењу унутрашњих веза, пуцању и подземном обурвавању. На такав нас закључак морају навести диновске размере појединих блокова, јер њихова тежина може да достигне и по неколико хиљада тона, али такође и велике гомиле обурваног материјала, које граде импозантне подземне рушевине и грохоте, високе и широке по стотину метара. Колика је снага тог удара показују велики блокови, који су при паду разбијени и разлучени у ситније комаде. Из тих разлога није немогуће да подземна обурвавања изазову и потресе, који ће се, слично као и трусни, проширити и на суседне делове крашке масе и тако омогућити пространија подземна обурвавања праћена туњавом.

Колику снагу могу да имају потреси при обурвавању показује например величина блокова и гомила који се налазе у појединим деловима Вјетренице. По *М. С. Радовановићу* (6), блокови који прекривају дно Цвијићеве дворане, која се налази готово у средњем делу Вјетренице, достижу често преко 30 м³, а један од највећих и 80 м³. При крају Главног канала запазио је он и веће блокове: 2420 м далеко од

улаза огроман блок од 500 м³ (1350 тона), а на крају Главног канала блок чија запремина достиже преко 1800 м³ (око 5000 тона). Усто у Цвијићевој дворани и на крају Главног канала, они заједно са масом осталих мањих блокова и комада, граде грохоте, широке преко 60 м, а високе од 60—100 м. Слични огромни блокови и грохоти, који сужавају канале, граде брегове на дну огромних дворана или испуњавају у потпуности канале, налазе се, по *А. Шерку (31)*, и у појединим деловима Постојне. По *С. М. Милојевићу (32)*, већи блокови на дну Ободске Пећине достижу запремину од 10 до 20 м³.

Узајамни односи између различитих чинилаца обурвавања

У овом поглављу проматрани су чиниоци који изазивају подземно обурвавање и то највећма сваки за себе. Међутим, ти се чиниоци у подземљу крашких терена на најразноврсније начине *удружују*, преплићу, и тако могу да знатно убрзају обурвавање, или се пак *сукобљавају* и супротстављају, те могу да успоре, а каткад да привремено или потпуно онемогуће тај подземни процес. То је разумљиво када се зна да се крашке области састоје од кречњака чија отпорна моћ, структурне одлике, климатски положај, распоред подземних вода и путева којима оне продиру у унутрашњост, изложеност ерозији због веће или мање издигнутости изнад загата и доње ерозионе базе, тектонски и други потресн, као и други чиниоци обурвавања могу у знатном износу да варирају често и на кратком растојању.

Такви различити услови за обурвавање јављају се још пре но што је крашка маса уопште била издигнута и ослобођена загата, пре но што је уопште омогућено понирање површинске воде и њена ерозија у унутрашњости крашких терена. Та је разлика условљена разноврсним променама које су крашки терени доживели *од свог настајања до издизања и оголићавања*. Она је изазвана различитим условима седиментације и кристализације, метаморфним и тектонским чиниоцима и другим који су допринели да се, још пре продирања подземних вода, међуслојне и друге пукотине распрострају у већој или мањој дубини крашке масе на разноврсне начине. Из тих разлога, већ у првом периоду понирања површинских вода и њихове подземне ерозије, у етапи образовања иницијалних ерозионих шупљина, различита лабилност у унутрашњости крашког терена може да услови негде раније, негде доцније, овде брже, а онде спорије обурвавање.

Међутим, примарна унутрашња чврстина крашке масе изложена је и даље непрекидним променама. Поред поновних тектонских и метаморфних чинилаца, јављају се сада и други, условљени комбинованим деловањем ерозије подземних вода, температурних промена, акумулацијом бигра и другог материјала, потресима од обурвавања, залеђивањем и другим *накнадним чиниоцима* подземног обурвавања.

Ти чиниоци делују пре свега око страна и таваница јама и пећина, и ту захватају мањи или већи део крашке масе који поступно лабави и затим се обурвава. А затим се агенси обурвавања премештају на следећи део крашке масе који још није раздробљен и лабилан. Температурне промене се премештају поступно у дубину, ерозија подземних вода непрекидно проширује пукотине око канала који се шире, поново се накупљају и нагомилавају нове наслаге бигра, нови саливи и ста-

лактити. На тај начин обурвавања захвата део по део крашке масе проширујући се вертикално и бочно од иницијалних шупљина ка осталим необурваним деловима.

Али се подземна ерозија и обурвавање не одвијају само по појединим и усамљеним каналима, већ регионално, у разгранатој мрежи вишеспратних пећина повезаних јамама и шупљинама. Поступно се ремети равнотежни однос између појединих делова крашке масе, јер се распоред, величина и густина ерозионих канала не размештају сагласно с унутрашњим равнотежним односима у крашком терену. То мора да изазове истезање, пуцање слојева, слегање појединих делова крашке масе, а у крајњој линији и обурвавање у појединим деловима канала. Међутим, та истезања и пуцања омогућују да се фактори обурвавања и подземне ерозије проширују на све већи део крашке масе. И све је више доводе у стање погодно за даља обурвавања, јер изазивају повећање мреже иницијалних пукотина, отварају нове путеве поширању и ерозији, омогућују појаву нових канала и нова истезања, слегања и обурвавања. Обурвавање, на тај начин, заједно са све ширим ерозионим дејством, омогућује и потстиче свој све интензивнији и све регионалнији развој.

II. ОСНОВНИ ОБЛИЦИ ОБУРВАВАЊА

Различито комбиновање услова обурвавања, а затим и садејство или супротстављање тог процеса осталим ерозионим и акумулационим процесима на површини и у дубини краса, условили су да се обурвавање изрази веома разноликим облицима. Управо, могло би се рећи да сваки облик обурвавања, због посебних услова образовања, има и својствено обележје. Међутим, ми би у овом поглављу покушали из масе тих специфичних облика да издвојимо основне облике обурвавања.

У том погледу издвајају се пре свега ерозиони од акумулационих облика. Под ерозионим облицима обурвавања подразумевамо оне који су оформљени у основној кречњачкој маси на местима где су се поједини комади издвојили, а који су претстављени шупљинама и удубљенима различитих димензија и различитог лика. Акумулационе облике, међутим, изграђује издвојени материјал нагомлавајући се по подземним шупљинама на најразноврсније начине.

И ерозиони и акумулациони облици обурвавања разликују се од облика створених дејством подземних вода и другим подземним факторима пре свега по томе што су неправилног изгледа, ограничени искрзаним површинама, док су други обрађени, мање-више углачаних површина.

Крхотине и удубине

Први израз подземног обурвавања су различите *крхотине* настале на странама и таваницама подземних ерозионих шупљина, на местима откидања парчади и блокова. Крхотине се одликују најчешће иверкастим, искрзаним, шкољкастим, ћошкастим, рупичастим, бубрежастим,

квргастим или другачијим изгледом површине откидања, али има и равних површина, уколико се откидање вршило дуж међуслојних и других пукотина.

Тај облик зависи првенствено од структурних одлика кречњака, односно дали се одваљивање врши у једрим, слојевитим, убраним, конгломератичним или бречастим партијама крашке масе, или се догађа дуж раседних или других пукотина; а затим су од значаја нагиби слојева и пукотина, чврстина масе итд.

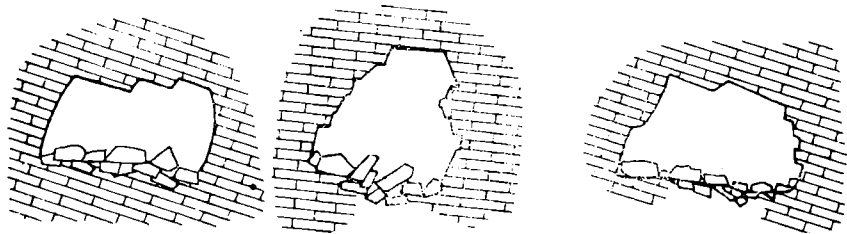
На местима испадања малих комада у основној кречњачкој маси се образују на таваници, или појединим деловима страна, мање и плитке *удубине*. А при испадању већих комада оне могу бити украшене много изразитијим удубљењима. Поред удубина и удубљења неправилног изгледа, налазе се по пећинама и таква која су призматичног и полигоналног облика, равног дна или само делимично искрзаних страна и ивица. Ти облици се пре свега образују обурвавањем неотпорнијих партија кречњака између отпорнијих. Или се јасно види како се ивице удубина поклапају с положајем укрштених пукотина, међуслојних површина, или с површинама испадања бречастих и конгломератичних комада.

Плитке и усамљене удубине полигоналног облика чије се ивице поклапају са распоредом укрштених брахиклаза, а дно са међуслојном површином, запазио сам на појединим деловима таванице на почетку Главног канала Вјетренице. Крхотине неправилног облика, или такве које су настале одвајањем појединих комада дуж нагнутих међуслојних и других попречних пукотина много су чешће и могу се видети готово по свим нашим пећинама. Посебни тип шупљина налази се на местима где се пакет слојева слегао, издвојио дуж међуслојне површине, али се није обурвао зато што се боковима ослања о зидове и деловима се још увек везује за остали неиздвојен део таванице. Такав случај приказали смо већ у пећини Великој Миловачи, у Вављевском красу.

Удубине разног облика и постанка помињу и други испитивачи. *С. М. Милојевић (4)* је тако запазио на таваници пећине Поламанице плитка удубљења више мање равног дна, местимце једва по који сантиметар дубока. Она су постала испадањем кречњака дуж дијастрома. На таваници пећине Батло нашао је *А. Лазић (5)* већа удубљења, која се настављају навише у пукотине дуж којих је дошло до обурвавања. У пећини Змејовици *П. С. Јовановић (20)* налази лежиште из кога је одваљен и испао велики призматични блок „Змејов Гроб“. У улазној дворани понора Црнуље *С. М. Милојевић (16)* налази удубљења четвртастог облика, постала обурвавањем читавих блокова. Слична удубљења налазио је он и на пећинском тавану Ободске Пећине. И она су оштрих ивица, каткад полигоналног облика. Трагове обурвавања и испадања блокова и комада помиње он и на горњим деловима страна исте пећине.

Када су услови распадања слични на већем простору, групишу се сличне крхотине и удубине и тако уобличавају степеничаст, рупичаст, ребраст и другачији изглед таваница и страна. У небраним слојевитим кречњацима, нарочито ако су они хоризонтални или слабо нагнути и састављени од слојева различите дебљине и отпорне моћи, највећма ће се срести *сштейничастий* изглед страна и таваница. Или се ту могу јавити *ребрасите* површине, час удубљенији час избоченији делови. У бречастим и конгломератичним кречњацима наићи ћемо на искрзане или бубрежасте шупљине између *мрежјастийих* ртића, распоређених у облику саћа. Међутим, најчешће на странама и тавану штрче ртови,

ребра и избочине између удубина и удубљења најнеправилнијег облика и тако уобличавају *изрезбарене* површине које на сваком кораку мењају изглед.



Ск. 4. Изрезбарен облик канала Ободске Пећине, по С. М. Милојевићу (32). Крхотине и шупљине образоване су обурвавањем и испадањем блокова и комада дуж укрштених брахијлаза и међуслојних пукотина.



Ск. 5. Дворана са каменом завесом у Пејничкој Пећини. Њен је изглед постао испадањем неотпорнијих делова таванице између отпорнијих делова и слојева, који граде камене ртове и зупчасте завесе.

Степеничаст изглед страна може се видети у појединим деловима главног канала Шкоцјанске Јаме. Степеничаст изглед таванице изражен је нарочито у нагнутих пећинама и јамама усеченим у хоризонталне кречњаке, као што је то случај у неким јамама-пећинама француских Косова, чије је уздужне профиле приказао *Ј. Цвијић* (17). Најнеправилније избочине и шупљине могу се видети на таваници улазног проширења Рибничке Пећине, на странама и таваници мрачног пролаза Петничке Пећине или у ниској Дворани са каменом завесом, којој сам због тих зупчастих низова избочина и наденоу ово име. *П. С. Јовановић* (20) је такође утврдио да на јако изломљеној таваници главне дворане пећине Змејовице између шупљина штрчи маса блокова-избочина. Испупчења и удубине неправилног облика у зидовима

и на таваници једне од пећина у кањону Праче, образовани су, по мишљењу *Ј. Давиша* (8), на тај начин, што су ту уметнута доломитска језгра лакше испуцала и по-испадала из околног компактног кречњака.

Кад масовнија обурвавања захвате веће делове таваница и страна, те се оне састоје само од крхотина и шупљика, тај подземни процес може потпуно да измени првобитни лик ерозионих канала који су имали мање-више углачане дуварове.

Дворане. Селективно обурвавање и срастање канала

Обурвавање ретко кад може да захвати у истом износу целу мрежу канала, па чак и цео канал. Оно се најчешће одвија брже на појединим њиховим местима, где су стене неотпорније, где су фактори обурвавања изразитији, док се у отпорнијим и ненападнутим деловима канала може одвијати споро или никако. Зато чак и иницијално једнолични канали на местима изразитијег обурвавања постају шири и виши и претварају се у унутрашња проширења, дворане и простране сале.

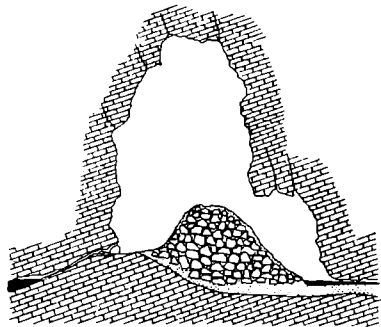
Место где ће се развијати *дворана* и њен облик најчешће зависе од структурних одлика кречњака, нагиба, убраности и отпорности слојева, густине пукотина, њиховог односа према ерозионим каналима, а и од других раније поменутих чинилаца обурвавања. Због тога такве дворане претстављају у ствари облике селективног обурвавања.

Притом се селективно обурвавање неће вршити само у пећинама и јамама чији су канали добили већ на целој дужини веће димензије, нити само у речним пећинама, већ такође и у пећинама које имају изразито уске канале или које су образоване ерозијом кишнице која на-ниже прокапљује кроз пукотине. Селективном подземном ерозијом и денудацијом могу у крашком подземљу да се створе веће шупљине на местима растворљивијих кречњака, а затим да се, уз помоћ подземног обурвавања, и оне претворе у дворане и сале већих димензија. Таква проширења могу према томе бити везана са површином само уским пукотинама и издухама којима се пробија понирућа кишница и зато имају обележје *скривених пећина*. Затим, пространije дворане и сале могу бити скривене и узводнијим и низводнијим сужењима или сифонским каналима испуњеним водом.

Захваљујући детаљнијим изучавањима извесних понора, јама и дворана, налази се доста примера скривених пећина и у нашем красу. По подацима *Ј. Цвијића* (19), приликом рударских радова у Источној Србији откривена је једна пећина која је иначе пре тога комуницирала са површином само преко издуха. Међутим, много је чешћи случај да се сретнемо са старим скривеним пећинама, које су сад отворене захваљујући обурвавању појединих делова њихове таванице које је продрло све до површине терена. Таква отворена-скривена пећина по подацима *П. С. Јовановића* (20), јесте Леандра у Поречком красу; њен отвор, широк 14,5—19 м, постао обурвавањем таванице, уводи у некада скривену дворану претрпану обурваним блоковима. Још је изразитија Сеоска Вилинска Дупка под Кожуфом, која је некада такође била скривена и према испитивањима *В. С. Радовановића* (27), раније је комуницирала са површином преко уских пукотина, од којих су неке још увек лепо очуване у не-обурваним деловима њене таванице. Такве отворене пећине и подземне дворане помиње такође и *М. Маргјевић* (7) у средњој Далмацији. Такву пећину у Далмацији изучио је детаљно и *С. М. Милојевић* (13). То је јама Голубњака, уствари некадашња велика дворана, чији је таван пробијен, а дно затрпано гомилом одваљених кречњачких комада, високом око 7 м.

Пећинске дворане скривене или готово скривене сифонима и сужењима који су мање више испуњени водом налазе се такође у систему подземних токова наших великих понорница, нарочито између Тришћанског, Постојинског и Љубљанског краса. Типичнија велика дворана откривена је на пример испод вијугавог мање или више тесног канала Требишке Јаме, и, као што је то *J. Цвијић* претставио, она је мање или више испуњена водом подземне реке, која потпуно испуњава узводна и низводна сужења. Много је боље испитана пространа скривена пећина на дну вертикалног понора Падирак, у Француској, која се и узводно и низводно завршава сужењима и по чијем дну подземни ток Падирак изграђује слапове и језера.

Обурвавање највећма није *симетрично*. Оно на једној страни или на једном делу тавана напредује брже но у другим деловима. Зато дворане немају само стране и таванице неправилних површина, већ и у пелини добијају неправилне уздужне и попречне пресеке



Ск. 6. Асиметрична дворана у Вјетреници са подземним брегом од обурваног мајеријала, по М. С. Радовановићу (6).

Али, осим поменутих структурних обележја и различитог интензитета ерозионих сила, распоред дворана може бити условљен и другим чиниоцима, нарочито обликом ерозионих канала и њиховим узајамним односима у крашкој маси. Тако, обурвавање је често изразитије на местима где канал оштро лактасто скреће, делом што се ту укршпају иницијалне пукотине које су условиле то скретање, делом што је зид између два краја лакша много више сужен и изложен ерозији подземног

тока, слично као и меандри на површини. Такође ће обурвавање морати из истих разлога да буде јаче на местима где се више подземних канала састаје под разним угловима. И ту ће зидови између канала бити истањени, па ће се на месту састајања образовати проширење или већа сала. Најзад, има примера да су веће подземне дворане створене и на местима где су се *приближила два суседна и два сукцесивна канала*. Они се на месту пробијања преграда спајају, срстају у једну дворану.

Ретке су такве пећине у којима се не види смењивање сужења и проширења. Често и у врло малим пећинама налазимо после улазног проширења и сужења на проширење делове или дворане.

Проширења постала на местима спајања више канала налазе се врло често у нашим пећинама. Такво овално проширење изразито је, на пример, на месту где Главни канал Дубочке Пећине лактасто скреће и где се са њим спаја један од мањих бочних канала. Или такво је проширење у предњим деловима Баћине Пећине, где се под оштрим угловима спајају бочни каналићи и главни канал, и где су још увек поједини необурвани делови ранијих зидова остали у облику низа стубова. Међутим, најлепши пример таквог спајања је највећа дворана Постојне, подземни продор на месту где се састајало више канала и ровова и где су се они обурвавањем спојили (26).

Подземна проширења настала спајањем два сукцесивна канала нашао је *J. Цвијић* у средњем делу Прсконошке Пећине (25), а *М. С. Радовановић* (6) у Вјетреници. Наиме, ту је обурвавањем нижи Велики десни канал бочно продро у Главни канал Вјетренице. Исти аутор приказује и почетни облик оваквог спајања сукцесивних канала на месту где је таван Доње Вјетренице пробијен ужим подземним отвором типа вигледи која доспева до Главног канала исте пећине. Испод те подземне вигледи налази већи обурвани блок.

Сводови, кубета, торњеви и кровови

У току проширивања канала због обурвавања, таванице некадашњих ерозионих шупљина такође мењају свој изглед. Простране дворане засвођују највећма велики лучни сводови и кубета „византиског“ стила, који су свакако и најпогоднији статички облици изнад великих шупљина. Међутим, облик таваница може знатно да буде измењен разним другим утицајима. Дугачке и дубоке раседне пукотине и дијаклазе или готово вертикално положене међуслојне пукотине омогућују брже вертикално проширивање дуж одређених линија, те тако могу обурвавањем бити образване таванице у облику изврнутих лађа и *кровова* симетричног или асиметричног облика.

Продирући навише дуж укрштених пукотина или дуж вертикалних ерозионих уских канала, у таваницама пећина обурвавањем могу да се образују високи вертикални продори неправилног облика, али и високи *торњеви* левкастог или купастог облика, каткад „готског стила“.

Различите облике пећинских таваница на местима обурвавања помињу многи аутори. На пример, по *А. Шерку* (26), изнад Велике Горѣ, изграђене од обурвавањих блокова и комада и другог нагомиланог материјала, налази се у великој дворани Постојне огроман свод у облику кубета. У другој дворани пећине Голубњаче *С. М. Милојевић* (13) је нашао кубе високо 20 м, испод кога су на дну дворане набацани велики обурвани блокови и комади. Врло лепо изражена кубета у облику изврнутих левкова нашао сам и у Бањиној Пећини у Ваљевском красу, од којих је последње усечено у таваницу која има изглед искошеног кућног крова.

Оџаци и вигледи. Пропасти и циновски котлови. Клисуре и прерасти

Као што је познато, услед селективног асцендентног обурвавања дуж укрштених пукотина, или дуж вертикалних ерозионих пукотина и канала, горњи делови кубета и купа најзад могу да се пробију и до површине терена, до дна вртача, до улаза понора или пак до места која нису ни у каквој зависности од распореда површинских ерозионих облика. На тај начин се јављају дугачки а уски вертикални продори који личе на унутрашње отворе фабричких *оџака*.

На тањим таваницама пространијих дворана и канала који су плитко урезани испод крашке површине, изграђују се, међутим, често краћи и мањи отвори округластог или неправилног облика, кроз које лако продира дневна светлост у пробијене делове пећине. Такви отвори, негде појединачно, негде групно урезани у шире таванице, познати су под именом *вигледи*. Било да су постали обурвавањем при нарастању пећина, било да су остаци старих понора и других вертикалних ерозионих канала, њихове стране због доцнијих обурвавања добијају све искрзаније и неправилније ивице.

Свакако да вертикални канали у облику дугачких а уских оџака највећма могу постати ерозијом понираних вода, а делом су затим проширени распадањем и обурвавањем страна. О томе говоре пре свега њихове мање или више углачане стране и материјал од распадања и растварања измешан у гомилама на дну пећина, испод тих оџака. Такви ерозиони оџаци су на пример Кевина Јама у Далмацији, коју

је приказао *М. Маргејић* (7), или њој врло слична јама Рувејрет у Француској, дубоки канали вертикалних страна на Јамајци који допиру до подземних река, они у јужној Аустралији који допиру до издани, као и Бездан у Игришту на Кучају која се дугачким вертикалним каналом спушта у про страну пећину у којој је издан тога краја (1).

Међутим, још је *Ј. Цвијић* (1), а по његовим наводима и *Е. А. Маршел*, нагласио да се овакви оцаи могу образовати и много изразитијим, готово одлучујућим дејством подземног обурвавања. Као пример таквог оцака *Ј. Цвијић* истиче Јаму на Превали близу Шкоцјана, састављену од вертикалног канала дугачког око 60 м, који затим прелази у суву хоризонталну пећину дугачку око 180 м. Тај оцак облика пирамиде, чији врх, окренут навише, допире до површине и тамо изгледа као мала рупа, постао је, по мишљењу *Ј. Цвијића*, обурвавањем на месту где је таваница била састављена од мекшег материјала, које је потпомогнуто механичком и хемиском ерозијом понируће воде. По *Е. А. Маршелу* и *Ј. Цвијићу* сличној је постанка и облика вертикални оцак Падирак, дугачак око 100 м, који се наставља у дугачку скривену пећину изграђену подземном речном ерозијом. Испод тог оцака нагомилана је велика гомила обурваних блокова и разног другог унетог материјала. И он има облик купе која се навише завршава мањим улазним отвором.

Често у нашим пећинама срећемо вигледи, нарочито на таваницама улазних проширења. Једне од њих створене су несумњиво само ерозијом понируће воде, углачаних су страна и овалног или елипсастиг пресека, као што је случај са појединим уским вигледима на таваници улазног проширења пећине Око. Друге су остаци ерозионих канала, који су затим мање или више захваћени обурвавањем и изменили изглед, као што су на пример вигледи на таваници Велике дворане Петничке Пећине на својим округластим и елипсастим странама добили и поједине искрзаније делове. А треће су постале искључиво обурвавањем и разламањем пећинских танких таваница, као што је то, по *Ј. Цвијићу* (19), случај у улазном делу Читлукке Пећине, чије је дно испод вигледи прекривено рпом обурваног материјала.

Обурвавањем већег дела таванице отварају се често веће подземне дворане и сале или дужи делови канала, и на том се месту образују пространије депресије, мање или више вертикалних страна са гомилама обурваног материјала на дну. Оне личе на гигантске котлове овалног или елипсастиг облика, дубоке и широке од неколико десетина до неколико стотина метара. Највише им одговара народни назив пропасти. Могу бити издужене и попречно на пружање некадашње пећине и подземног тока, захваљујући селективне ерозије која их је захватила после отварања, делујући брже дуж мекших или растворљивијих попречно постављених слојева.

Ск. 7. Обурвавање делова крајке површине, по *Ј. Цвијићу* (31). Подземним обурвавањем је на више места потпуно пробијена таваница некадашње Вратњанске Пећине, те су од ње остали само поједини делови у облику природних мостова — прерастаи.

Примере неколико карактеристичнијих пропаста посталих приликом отварања скривених пећина у разним деловима нашег краја приказали смо раније. Таквих цинковских котлова има и у Раковој котлини, где поједини достижу дубину од 40—50 м. Међутим, најизразитије од њих су свакако настали обурвавањем таванице у предњим деловима Шкоцјанске Јаме. По подацима *А. Шерка* (26), и других испитивача, Мала Долина достиже дубину од око 120 м, а ширину од 400 м, а Велика Долина има и изрезбарене стране које се готово вертикално спуштају за 164 м, док је широка око пола километра.



По њиховом дну теку делови Реке, која се и узводно и низводно губи у нсобурваним деловима пећине. Циновске пропасти постале обурвавањем таваница, мање или више далеко од пећинских улаза, по подацима *Ј. Цвијића (1)*, јесу и Балзет на таваници мрежасто разгранате пећине Брамабјо и Мас Рајнал у Француској, Мацоха у Моравском красу и друге. По његовим подацима, Мацоха се стрмим странама спушта за 137 м до подземног тока и пећине Пуункве; има углавном елипсаст облик; њена ширина износи 77 до 178 м.

Најчешће се обурвавање тавана врши у правцу пружања пећине, те се тако стварају мање или више извијугана издужена *клицурастѝа удубљења*, упола затворена и узводно и низводно необурваним деловима пећине. А обурвавањем таванице око улазних делова образују се прво лучни *облуци*, који се затим такође претварају у *клицурастѝе долинице*, чије је дно прекривено масом блокова и осулина.

Између улазних клисурица и затворених гигантских клисурастих удубљења, необурвани делови пећинских таваница граде мостове веће или мање ширине; већег или мањег распона и дебљине, који су познати под именом *прерасѝи*. Оне се највећма налазе на местима чвршћих партија кречњачке масе.

Међутим, и ти мостови не могу да се одупру обурвавању. Они се сужавају и истањују и најзад се преламају, те се на месту некадашњих пећина јављају уске и издужене *клицуре*. Њихове стране могу само привремено да буду наткриљене патрљцима некадашњих пећинских таваница, јер и ти остаци убрзо нестају под утицајем површинских ерозионих процеса.

Најизразитији пример интензивно отворене пећине, која се претворила у низ клисурица издвојених природним мостовима, налази се у Источној Србији, код манастира Вратне, и познат нам је на основу *Ј. Цвијићевих* испитивања (19). Ту се прва, Мала Прераст налази 30 м изнад Вратњанске Реке, има распон од 30—35 м, и дебљину 7—10 м. Велика Прераст је 15—20 м над Реком, дугачка је око 40 м, а широка 35—40 м (ск. 7). Остатак некадашње пећине је и Прераст у Бельници, чији распон износи 20 м, а дебљина 11 м. Налази се око 20 м над реком. По подацима *А. Шерка (26)*, Мали природни мост у Раковој котлици има лук дугачак 30 м и 4 м дебео, а Велики природни мост је 48 м дугачак и 23 м дебео. Нешто су дужи канали испод прерасти код Шкоцјана, а између улазне клисурице и гигантских пропасти Велике и Мале Долине (ск. 14).

И докле су прерасти доста ретка природна појава, догле се скраћивање пећина око улаза и излаза и њихово претварање у клисурице среће много чешће. На пример, обурвавањем улазних делова таванице образован је типичан облук Велике Пећине код Дубоке, чија је једна страна засута тако сипаром од распаднутих стена да он знатно смањује и отвор улаза. По *Ј. Цвијићу (19)*, обурвавањима се на сличан начин скраћује Сеселачка Пећура око излаза, а Пештер се скраћује са обе стране и око улаза понорнице, где су у клисурици набацани велики блокови, и око излаза, где су у клисурици набацане плоче од обурвавања. Он је такође изнео да се пространи улаз пећине Обод у Црнојевића Ријеци за последњих 10—15 година помери уназад за 4—5 м и да су пред њим кречњачки блокови од неколико кубних метара. Изгледа да је обурвавањем тавана и померањем пећинског отвора образован и знатан део клисурице стрмим страна, која се пружа од друге воденице до данашњег отпора те пећине (10).

Још увек нема поузданих примера клисурастих долина за које би се могло тврдити да су несумњиво постале потпуним отварањем пећине због обурвавања. То је и разумљиво, с обзиром да речном ерозијом и осталим површинским ерозионим процесима може брзо да буде уништен и однет обурвани материјал, а још пре евентуалне бигрене наслагае — остаци сталагмита, салива итд, који су још нетопорнији према ерозији, а који би и у траговима могли најпре да посведоче да је ту некада постојала пећина уместо клисурице. Но ипак, доста је вероватна *Ј. Цвијићева (19)* претпоставка, да су поједине уске клисурице, претрпане блоковима, које је он налазио у Источној Србији, постале потпуним отварањем пећина.

Одломци и блокови

Први израз акумулационих облика обурвавања јесу усамљени одломљени комади и блокови различитог облика и димензија, који се налазе на дну многих пећина и јама. Исти они чиниоци који одлучују о облику крхотина и шупљина, условили су појаву купастих, призматичних, полигоналних, плочастих или округластих *одломака* и искрзан, рупичаст, раван и неправилно уобљен изглед њихових страна. Притом, одмах треба истаћи, да обурвани комади и блокови најчешће мењају свој лик непосредно после откидања и издвајања из основне масе, јер се разбијају при паду и удару о стеновито дно, а затим услед удара оних накнадно обурваних комада, који су се на њих сручили. Због тога обурвани комади имају најчешће неправилније црте но удубине из којих су се издвојили. Зато су они расточени пукотинама или су се расцветали и разлистали дуж међуслојних пукотина. У крајњој линији, они су уситњени, изломљени у неправилне комаде или су искруњени.

Посебне облике образују они одломци и блокови који не падају на дно пећине, већ се заустављају успут, на избочинама, или се *заглављују* по процепима и сужењима понора и искошених пећина. Они се у процепима препрече, ослањају се о зидове, или једни о друге, и тако граде *мосијове* који предвајају канал у више сукцесивних шупљина.

Појединачно разбацани одломци и блокови налазе се готово у свакој већој пећини. Много се ређе срећу блокови заглављени по процепима. Типичан такав пример за више нивоа мостова и међушупљина нашао сам у средњим деловима уског а врло високог главног канала Лесковичке Пећине, у Ваљевском красу. Сличан случај помиње *Ј. Цвијић (17)* у понору Мас Рајнал, у косу Ларзак у Француској. Он има облик пукотине која се наниже клинасто сужава од 750 до 150 м, па се блок, пао са површине, заглавио између сужених страна.

Подземни сипари и брегови

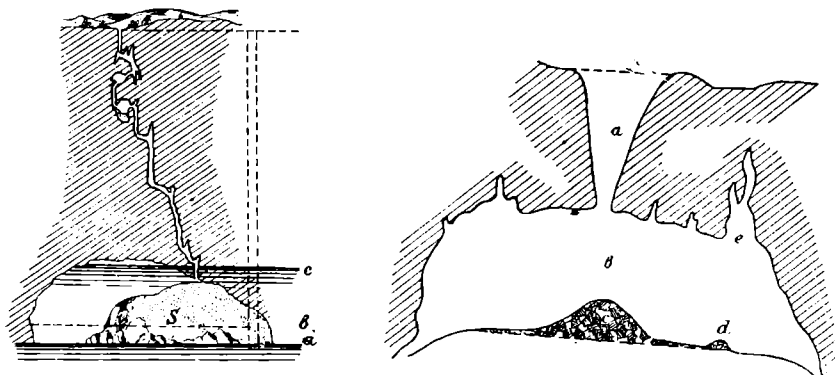
Много је чешћи случај да се обурвани комади и блокови нагомилавају једни преко других и образују на дну јама и пећина најразноврснија узвишња.

Такве гомиле материјала могу да заузимају само делове дна канала и да се пењу уз њихове стране до разних висина у облику *подземних сипара*. Сипари се нагомилавају на свим оним местима где је дошло до селективног обурвавања, сурвавања једне стране таванице, или једног дела стране. И то је условљено неједнаком отпорношћу стена, посебним положајем слојева и осталим локалним разликама интензитета обурвавања, или бочним положајем понора и оцака.

Обурвани материјал може, међутим, да се нагомилава и на сред шупљине и да заузима мањи или већи део њеног дна. Ту се он нагомилава најчешће у облику *подземних узвишења и брежуљака* купастог и неправилног облика. Врхови тих брежуљака налазе се најчешће испод купола, торњева или испод дна јама и оцака који су усечени усред таванице. Мада могу бити изграђени само од материјала који је обурван са таваница, много је чешћи случај да су измешани са реидијалном глином, бигром и материјалом који је унет са површине терена, из понора и вртача.

Сипаре конусног и другачијег неправилног облика помињу *А. Лазих* (5) у пећини Ђатло, *М. С. Радовановић* (6) на више места у пећини Вјетреници, *П. С. Јовановић* (21) на крају десног крака Шпеле Бозгуни. По *А. Шерку* (26), на десној страни Готске дворане у Постојни огромне камене рушевине дижу се до тавана. По *Ј. Цвијићу* (19), улазно проширење пећине у изворишту Велике Тиснице на дубини од 25 м знатно се сузи и снизи, јер стене окруење услед пукотина граде на дну пећине сипар висок 10—15 м, наслонен уз источни зид.

Мале купасте гомиле на сред дворана нашао је *Ч. Милић* (24) у пећини Церемошњи и оне се дижу само са појединих делова дна доврана. Међутим, много је чешћи случај да се такви подземни брегови дижу са масе материјала која потпуно испуњава доње делове дворана и канала. Такву купасту гомилу помиње *В. Радовановић* (27) на дну Сооске Вилинске Дупке. *Ј. Цвијић* (1) посвећује у своме раду „Карст“ посебно поглавље постанку и положају подземних брегова и сипара на дну јама и пећина. Поред брегова чији је облик зависан од положаја понора и вигледи, он помиње и оне који могу постати само делимичним обурвавањем пећинских таваница, као например Велика Гора у највећој дворани Постојне, рушевине у пећини Луег, Голготу у пећини Планини и Лаској пећини итд.



Ск. 8. Сипар у пећини испод асиметрично искривљеног дна 320 м дубоке Требишке Јаме, по *Ј. Цвијићу* (1).

Сипар *S* је састављен од блокова и комада обурваних са таванице и другог материјала унетог из јаме и са површине. Ниво воде подземне реке *a—c* колеба у подземној пећини за око 100 м, пење се и у доње делове Јаме и, изазивајући промену хидростатског притиска, потпомаже обурвавање.

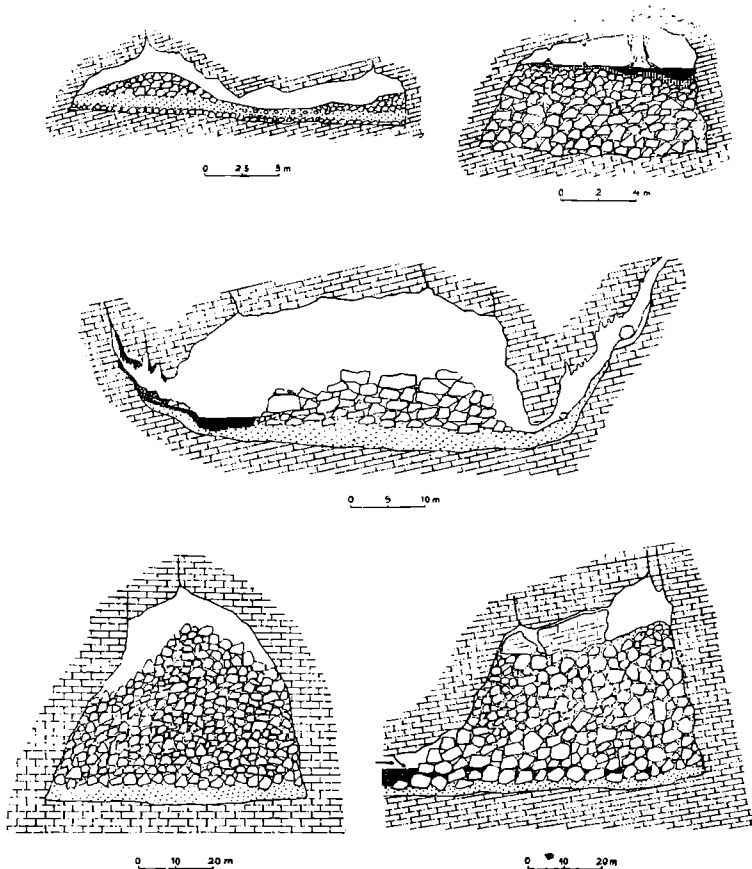
Два подземна брестуљка на дну искривљене дворане испод Кевине Јаме, по *М. Маргешвићу* (7).

Први *b* испод вертикалног канала *a* дубоког, 34 м, други *d* испод кубета *e*.

Преграде, гребени и грохоти

При обурвавању дужег дела таванице и страна у каналима могу се накупити гомиле које потпуно прекривају дно канала и затрпавају његове доње делове до извесне висине. Од таквих гомила настају у каналима мање или веће *броне* и *преграде*. Горњи делови тих преграда су највећма неправилног облика, али местимично њихова површина може бити степеничаста или доцнијим ерозионим деловањем подземних вода мање или више уравниена. Оне усто могу бити глином и бигром тако затрпане да се без ископавања уопште и не може закључити да је ту било обурвавања, већ се добије утисак да је ту и раније постојао мање више низак канал. На гомилама могу поред појединих издвојених плавина или узвишења да буду образовани и *гребени*, правилних или неправилних нагиба страна, извијугани углавном у правцу канала.

Најзад, у многим пећинама налазе се примери да је обурвани материјал тако *поједино заштитио ходнике* на већој или мањој дужини, да је потпуно онемогућио продирање у остале делове пећине, сем бочним каналима, понорима или вештачким тунелима.



Ск. 9. Различити односи између канала усеченог у основној крашкој маси и обурваног материјала у појединим деловима Вјејтренице, по М. С. Радовановићу (6).

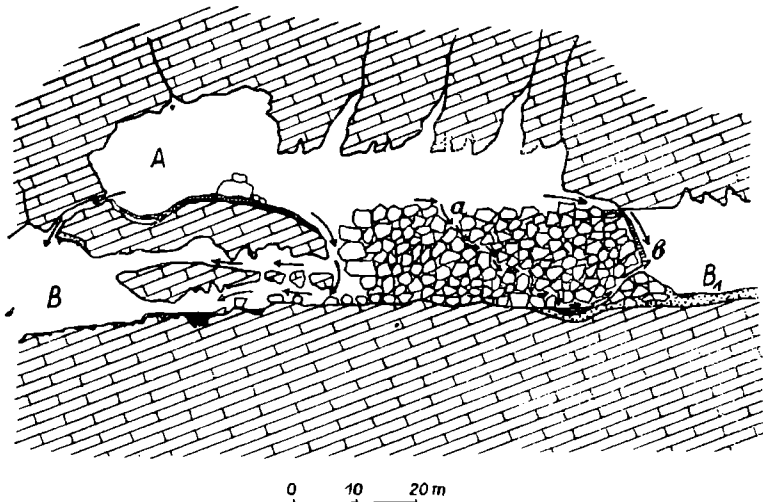
Примери асиметричног, бочног обурвавања тачанице, појединачног обурвавања, делимично и знатно испуњених канала, суперпозиције различитог акумулативног материјала, гомила које су маскиране (покривене), и на којима су образована језерца и пећински калцитни стубови.

По А. Шерку (26), у Великој дворани Таборске Јаме у Доленској огромне одваљене стене образују неку врсту насипа. Сличне врсте насипа срећемо у многим пећинама чији су делови делимично затрпани обурваним материјалом. Изразита гомила обурваног материјала, која затрпава за око 60 м доњи део Главног канала Вјетренице око Цвијићеве дворане, по М. С. Радовановићу (6), служи као основа једном издуженом гребену од обурваног материјала, чије су једне стране знатно стрмије, местимично готове окомите. А у предњим деловима истог канала налазе се дебље гомиле које су маскиране глиновитим и бигреним покривачем тако да се добија утисак да је ту канал одувек био незнатне висине.

По *М. С. Радовановићу* (6), Главни канал Вјетренице, око 2,70 км далеко од улаза, до тавана је зачепљен гомилама блокова и комада који потпуно онемогућују даљи пролаз. По *А. Лазићу* (14), обурвани материјал затрпава потпуно задње делове канала Вицентијево и Мркоњине Јаме. Уска и вертикална јама Нови Жан, на дубини од 163 м готово је потпуно зачепљена обурваним и осућим материјалом (17). По *П. С. Јовановићу* (21), обурвањем је потпуно затрпан кратак леви крак Шпеле Возгуни. По *А. Шерку* (26), потпуно је затрпан обурваним материјалом већи део бочног рова Тартарус, који је некада спајао Горње и Доње канале Постојинске Пећине; али се у Доње канале, којима тече Пивка, може ући другим бочним каналима и улазима.

Лавиринти шупљина

Посебне облике најнеправилнијег изгледа граде шупљине између обурваних блокова. Оне могу бити мање или више усамљене и опкољене уским процепима и пукотинама. Али се могу удруживати, укрштати и прелитати на најнеобичније начине, како у хоризонталном тако и у вертикалном правцу, проширујући се или стешњавајући до ми-



Ск. 10. Асиметрично срасћање нижег Великог десног канала $B-B_1$ и вишег Главног канала Вјетренице A , услед обурвања, по *М. С. Радовановићу* (6).

Лавиринт шупљина у обурваном материјалу има и један извијен, скроз проходан пролаз ($a-b$).

нимума. Удружене шупљине изграђују извијене и изломљене пролазе кроз обурване гомиле, који каткада доспевају и до некадашњих страна затрпаних канала, до њиховог некадашњег дна и подземних токова и језера, те имају обележје *слепих њролаза*. Њима може на појединим местима да се прође и кроз цео обурвани грохот и да се доспе у непознате делове подземних ходника. Слепи и *скроз њроходни њролази*, вијугајући се, раздвајајући се или спајајући се, граде у обурваним гомилама *лабиринтне шупљина*.

Лавиринти шупљина су веома опасни за изучавање. Због најнеправилнијег изнијања, преплитања и скретања, и зато што на сваком кораку мењају изглед без икакве одређене правилности, они омогућују да се у њима лако залута. Зато што су блокови међусобно мање или више размакнута, а вертикалне шупљине између њих маскиране дебелим или тањим наносима глине и бигра, оне могу лако да се отворе под ногама. Усто, блокови могу бити лабилно размештени, а пролажење кроз шупљине може изазвати померање и стешњавање или потпуно затварање пролаза, што може потпуно онемогућити повратак из лавиринта или заглављивање.

Па ипак поједини скривени делови пећина познати су нам захваљујући испитивањима лавиринта шупљина. Тако је *П. С. Јовановић (21)*, пролазећи кроз разграпати лавиринт шупљина између блокова који потпуно затрпавају леви крак Шпеле Бозгуни, успео да установи пространство тог крака у основној кречњачкој маси. Типичан пример лавиринта шупљина са скроз проходним каналом, који вијуга и који се ломи како у вертикалном тако и хоризонталном правцу, изучио је *М. С. Радовановић (6)* у Вјетреници. Он пролази кроз већу масу блокова и допире на њеном дну до подземног језерца. Он везује Главни канал те пећине са нижим Великим десним каналом.

III. ОСНОВНИ ВИДОВИ ОБУРВАВАЊА И ЊИХОВИ ОБЛИЦИ

Ретка су непосредна проматрања процеса подземног обурвавања у красу, а и она се односе готово искључиво на пропадање појединих делова површине крашких области или одваљивање појединих мањих комада кречњака са пећинских таваница и страна. И поред тога ми смо у стању да са много поуздања извршимо доста подробну реконструкцију начина на који се тај процес одвија, да издвојимо различите фазе његовог настајања и нестајања. То пре свега омогућује чињеница што су у разним јамама и пећинама облици старих обурвавања изражени на најразличитије начине.

Уствари, најразличитији облици тог процеса условљени су разноврсним условима који преплићући се омогућују и одређују начине његовог развитка. Они су условили да се тај процес у разним деловима краса одвија различитом брзином и до различитога износа.

Мада се са правом може рећи да сваки од тих облика има због посебних услова и различити начин развитка, ипак се сви случајеви могу распоредити у неколико основних група изражавања тог подземног процеса; а затим се, на основу истих морфолошких обележја, може добити јасна претстава и о односима између обурвавања и осталих крашких процеса са којима се он у унутрашњости крашких терена среће. Тим питањима је посвећен овај одељак.

Два основна и супротна вида процеса

Обурвавање се првенствено јавља као ерозиони процес, јер проширује подземну иницијалну шупљину насталу ерозионим деловањем подземне воде. Ерозионо деловање обурвавања усмерава се пре свега ка таваници, где је кречњак јаче поткопан, а делом и ка боковима шупљина, нарочито ка вишим, нестабилнијим деловима страна. Зато подземно обурвавање има одлике *асцендијног* и *бочног* ерозионог процеса. Ерозија обурвавања може да се изрази само у случају постојања иницијалне ерозионе шупљине, која је створена другим процесима, те је оно зато *накалемљени* и *накнадни* ерозиони процес.

Међутим, обурвавање мења облик иницијалне шупљине или га потпуно уништава, те зато има обележје *йосебног* ерозионог процеса. У крајњој линији, као асцедентни процес, обурвавање тежи да вертикално прошири подземне шупљине све до површине крашке масе, а бочним деловањем, све до ивица крашке масе, те, и поред својих посебних обележја, претставља део осталих ерозионих процеса са којима *сарађује*, или са којима се *йрејлиће* у тежњи да потпуно уништи крашку масу.

Откинати материјал се скупља на дну канала, или у процепима, и тиме тежи да затрпа иницијалну ерозиону шупљину. Према томе а к у м л а ц и ј а обурвавања такође мења облике настале иницијалном ерозијом и јавља се као *накнадни* процес. И она ствара *йосебне* облике и *сарађује* у затрпавању са осталим акумулационим процесима крашког подземља.

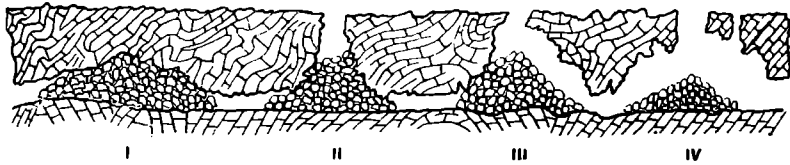
Међутим, пошто затрпа иницијалну ерозиону шупљину, акумулирајући се и даље, обурвани материјал затрпава и шупљину насталу ерозијом обурвавања. Због тога се ерозиони и акумулациони вид обурвавања *сукобљавају*, супротстављају, један другог омогућују или онемогућују.

Пре свега се у односима између ерозионог и акумулационог дејства обурвавања запажа да откинати материјал мора да заузима *већи йросйтор* на месту нагомилавања, но што га је имао у примарном лежишту. То је сасвим разумљиво с обзиром да обурвани комади и блокови неправилно налажу на дно и да су неправилно набацани једни преко других и издвојени шупљинама најразличитијих величина.

Због тога ће обурвани материјал заједно са међушупљинама моћи у току обурвавања да *исйуни* и иницијалну шупљину и шупљину која је настала обурвавањем. Допирући до страна и таваница он ће морати да *йодуйре* необурване делове основне кречњачке масе, па и лабилније блокове и тако ће *ономогућити* даље обурвавање. На тај начин, због преовлађивања акумулационог над ерозионим деловањем, *обурвавање ствара у йоку свог развийка услове за заусйављање даљег йроцеса*, негира своју еволуцију.

То основно обележје процеса подземног обурвавања, када делује самостално, истицали су и други научници. Тако *Ј. Цвијић* (1, 83) каже: „Гомила стења, која је постала услед стрпоштавања таваница, заузима због своје растреситости више простора, но што је заузимао првобитни материјал тавански. Отуда наступа овај случај, да услед увећаног волумена цео се празни простор пећине тако испуни, да је даље стрпоштавање немогућно, оно се не простире до површине и тако површина земљишта остане недирнута“.

Такође је *Ј. Цвијић* (1, 85) подвукао да се стрпоштавање може пренети до површине ако испод танког пећинског тавана сув пећински простор има велике димензије. Простор се тада не може испунити стрпоштаним материјалом и тако постаје отворена веза између површине и пећине, ствара се отворено природно окно. Али ако је количина материјала кроз пробијене таванице већа но што је простор у који се стрпоштао, мора бити испуњен не само пећински ходник, већ и један део окна посталог проваљивањем таванице. Тада окно нема отворену везу са пећином, већ изглед затпване вртачaste или јамасте депресије.



Ск. 11. Различити односи између величине шупљине, њене таванице и материјала од обурвавања.

- I. обурвавање није продрло до површине услед зачепљивања подземне шупљине, напр. у задњи делу Главног канала Вјетренице.
 - II. обурвавањем је пробијена таваница пећине, али је обурвани материјал зачепио и подземну шупљину и део пробоја у таваници, напр. у рову Тартарус у Постојни.
 - III. обурвавањем је пробијена таваница, али је обурвани материјал зачепио само једно крило подземног канала, напр. Падирак у Француској.
 - IV. обурвавањем је пробијена танка таваница велике подземне шупљине, али обурвани материјал није успео да затвори ни један крак пећине, нпр. Шкоцјанска Јама.
- Ако у пећини постоји сталан или повремен подземни ток, онда се ту могу из првог случаја развити поступно сви остали.

Различит интензитет обурвавања

Подземно обурвавање се најчешће не одвија на целом простору пећина и јама као сталан процес. То пре свега показује чињеница да се у унутрашњости краса срећу старе, врло простране дворане, у којима се тај процес није развио или у којима се развио само делимично, као и млади уски канали у којима је он добио изразитије, каткад катастрофалне размере, али још више они канали у чијим деловима, исте старости постанка, налазимо најразноврсније варијације интензитета овог процеса, од места где нема трагова обурвавања, до делимично и потпуно затрпаних делова.

У јамама и пећинама налазе се тако мањи или већи комади кречњака који су међусобно удаљени, а често и потпуно усамљени. На много места може се видети да ти усамљени комади нису страног порекла. Нису унети са површине кроз поноре и одаке који доспевају до таваница и пећинских страна, јер су већи од тих шупљина, или се налазе у оним деловима пећине чије шупљине на таваници уопште не комуницирају са површином. Даље, види се да ти комади нису донети подземним токовима из слепих долина, јер и када се налазе на флувијалним наносима нису обрађени, већ су ограничени површинама неправилног облика. Па и поједини обрађени комади на дну речних пећина не могу се увек сматрати као алогени, унет материјал, било због својих циновских размера, било што се изнад њих, на таваници, још увек налазе шупљине које и обликом одговарају усамљеном комаду, као ђалуп отиску. Сви ти усамљени комади доказ су да се обурвавање може изразити као *местимичан*, *расширен* и *повремен* процес, уметнут у остали дуготрајни, искључиво мирни период.

По подацима С. М. Милојевића (4), мањи блокови и комађе од обурвавања растуруни су по поду при улазу у пећину Поламаницу. Поједине мање или више издвојене и појединачно разбацане комаде налазимо сам у Петничкој; Равничкој, Дубочкој Пећини, затим у многим мањим пећинама Ваљевског краса. На скицама појединих делова Вјетренице приказао је М. С. Радвановић (6) поједине издвојене и усамљене одваљене комаде, а такве сам приметио и у предњим деловима исте пећине.

Међутим, као што је речено, нису никаква реткост ни разноврсне гомиле материјала, хаотично набацаног и удруженог са масом осталог унетог или овде образованог другог материјала. Такве гомиле су могле постати на разноврсне начине и показују разне могућности изражавања процеса подземног обурвавања.

Пре свега оне су могле постати у току дуготрајног вишеструког обурвавања у ужој зони пећине, било да се оно одвијало као *учештани* процес откидања мањих комада и осипања, било да су се ту смењивале фазе *наглог обурвавања* са фазама мировања. На овакав закључак упућује чињеница што се такве гомиле могу састојати при дну од старијих или ерозијом знатно обрађених комада, а у вишим деловима од комада који су још увек задржали свежину. Даље, нижи комади гомила могу бити уваљани, измешани или потпуно затрпани глином коју доноси понирућа вода, или калцитом, док виши могу бити потпуно чисти, свежи; или пак изнад обурваних гомила могу се наћи таванице потпуно покривене глином или калцитом, а само на појединим местима проваљене шупљинама, које као нови „прозори“ откривају основну кречњачку масу и сведоче о поновном и подмлађеном обурвавању таванице.

Сукцесивно смењивање фаза обурвавања и мировања показују затим стеновите гомиле које су данас само делимично затрпале канале и дворане, које су превучене дебелим покривачем глине и бигра, са кога израстају сталактити и пећински стубови. Како се изнад таквих гомила налазе пространи и испуцали сводови, каткад већ избушени видљивима, разумљиво је да ће ту, посл: данашње фазе мировања,



Ск. 12. Различити интензитет обурвавања и заштивања у задњим деловима Главног канала Вјећенице, по М. С. Радовановићу (6).
А. Делови канала где нема трагова обурвавања. В. Готово затрпана циновска Цвијићева дворана. С. Зачепљен и непролазан задњи део Главног канала.

подземно обурвавање моћи поново да се обнови у већој или мањој мери, одједном или у више наврата.

Међутим, има и у унутрашњој структури подземних брегова, сипара и пречага доста доказа да су они могли постати у току сукцесивних смењивања фаза обурвавања и мировања. Наиме, види се како су њиховом саставу млађе и старије фазе и зоне обурвавања одвојене међузонам глинине, флувијалних наноса, бигрених наслага у облику салива и фосилних покрива, комадима одломљених стубова, сталактита и сталагмита итд., који су сведоци мирнијих фаза.

Мада и таквим, учестаним, појединачним или сукцесивним обурвавањем могу бити затрпани поједини делови пећина, има и таквих више мање једноличних маса обурваног стења, које потпуно затрпавају делове канала и које су могле бити обурване одједном, у целини.

В. С. Радовановић (27), у купи која се диже 8 м са дна провалењене дворане Сеоске Вилинске Дупке, издваја и вршак, који је одозго покривен великим блоком од пакета слојева, сасвим свеже одваљеног. *С. М. Милојевић (16)*, у другом делу понора Провалије, нашао је блокове, комаде и одломке изнад којих се на тавану, покривеном глином и бигром, налазе шупљине — прозори, као сведоци свежег обурвавања. *П. С. Јовановић (21)* је на сипару који се ослања на задњи део десног крака Шеле Бозгуни, нашао бигрене наслага и мањи пећински стуб, као сведоке фазе мировања: Много већа маса бигра, глинине и много изразитији сталактити и цинови стубови дижу се са Велике Горе у највећој дворани Постојне, као што је то приказао *А. Шерко (26)*. Суперпозиција обурваних, глинених, бигрених и других „слојева“ обурвавања и мировања види се на многим местима у Вјетреници, као што је приказано у скицама *М. С. Радовановића (6)*.

Разни набројани видови претстављају само основне начине изражавања тог процеса. Међутим, и они се могу комбиновати на разне начине, појединачно обурвавање са сукцесивним или пак сви могу претходити дефинитивном, наглом обурвавању и затрпавању.

Свакако да ће различити видови изражавања зависити првенствено од преовладавања и комбиновања оних фактора обурвавања које смо напред приказали. Појединачна обурвавања ће бити условљена већом чврстином основне крашке масе и оним поступним и лаганим чиниоцима који ту чврстину ремете: проширивањем пукотина ерозијом подземних вода, хидростатичким притиском, температурним променама, нарастањем бигра итд. Сукцесивна или катастрофална обурвавања пре могу да се развију услед тектонских, сеизмичких и других потреса, али и она ће се нарочито моћи изразити тек у дворанама са широко поткопаним пространим сводовима који су дубље рашчлањени укрштеним пукотинама.

Најзад, у унутрашњости краса постоје услови и за *обурвавање обурваног материјала*; било зато што се обурвани материјал прво зауставио у вишим сужењима и процепима или на избочинама понора и пећинских канала, било зато што је при проваљивању тавана нижих система пећина, обурвани материјал виших пећина повучен у ниже канале. Али он може и да се вишеструко слеже, због растварања и испирања које врше подземни токови, провлачећи се кроз доње делове обурваних гомила.

Гомиле обурваног материјала кроз које се провлаче подземни токови приказао је *М. С. Радовановић (6)* на више места у Вјетреници, а, по *Ј. Цвијићу (1, 17)*, такве веће гомиле се налазе и на дну Требишке Јаме, испод понора Падирак у Француско

итд. По М. С. Радовановићу (6), стрма страна гребена од обурваног материјала који се пружа дуж једног дела Главног канала Вјетренице настала је услед тога што је са те стране било јаче испирање тока који испод те гомиле протиче бочно.

Обурвавање и хемиско-механичка ерозија подземних вода

Мада је у самом процесу обурвавања јасно изражена *шешња* ка његовом замирању, он у крашким областима не може да се дефинитивно заустави. Пре свега зато што се ту обурвавање не јавља као једини подземни процес, већ се оно мора да удружује са ерозионим радом понирућих вода. Због тог удруживања, као што је и на почетку истакнуто, подземно обурвавање има услова да се *развија до краја*, до уништења крашке масе. Зато ерозија подземних вода не само да претставља основни предуслов за појаву подземног обурвавања у красу, него има и одлучујући значај за његов даљи развитак.

До тог закључка су дошли и раније други испитивачи краса. Тако *Ј. Цвијић (1)*, говорећи о могућностима стропштавања и пробијања пећинских тавана, каже да се те појаве могу развити нарочито онда кад пећином протиче каква река која односи порушени материјал, тако да се стропштавање може пренети до површине. У Кучају, недалеко од места где из подножја једног 8 м високог кречњачког отсека истиче поток, нашао је он над његовим подземним током једну виглед, која се за три године проматрања ширила и постојала дубља. По његовом мишљењу овде је по свој прилици било стропштавање тавана, а удубљивање је потпомогнуто одношењем стропштаног материјала подземним током, те није искључено да ће се та депресија у току времена, када буде већи део нанетог материјала однет, претворити у виглед.

И *М. С. Радовановић (6)* подвлачи да обурвавање само дотле док је комбиновано са хемиском и механичком ерозијом водених токова има велики утицај на дубљење и проширивање пећинских канала. Чим нестане услова за њихов комбинован рад, обурвавање има дијаметрално супротну улогу: настаје постепено или нагло затрпавање пећинских канала.

Али у односима између ерозионог ушлицаја подземних вода и ерозионог и акумулационог вида обурвавања могу се јавити најразноликији компликовани узајамни односи. То је разумљиво с обзиром на различите могућности интензитета развитака обурвавања, комбиновања појединачног, сукцесивног, делимичног и тоталног обурвавања и њиховог сукобљавања са ерозијом понирућих вода и понорница, која, без обзира на флукуације њене снаге, делује као сталан, али лагани ерозиони и транспортни процес.

Наиме, мада обурвавање мења облик некадашњих ерозионих шупљина, те промене се дешавају у условима даљег ерозионог дејства понирућих вода. Зато се та два процеса удружују у разарању крашке масе и моделовању подземних облика. Понируће воде и даље сарађују у проширивању и преображавању лика канала и подземних дворана. Оне могу глатчати некадашње крхотине, шупљине, ртове и друге микробрелике настале обурвавањем, полирати стране и таванице канала и најзад, у условима дуготрајног заустављања обурвавања, потпуно уништити и изменити лик некадашњих облика обурвавања. То се још више огледа код вигледи, оцака, понора и других вертикалних канала чије ивице могу бити уобљене ерозијом понируће воде. Најзад, површинска флувијална ерозија и денудација такође мењају изглед циновских котлова, прерастати и клисура, проширују их, и потпуно уни-

штавају и последње трагове на основу којих би се могло рећи сигурно да су некада припадали крашком подземљу.

Па ипак постоје знатне разлике у основнијим тенденцијама деловања ерозије подземних вода и ерозије подземног обурвавања. Наиме, док је ерозија подземних вода првенствено усмерена у десцендентном правцу и изражава се у продубљивању дна пећина и делом у његовом бочном проширивању, дотле обурвавање има највећу снагу и износ у развијању таванице, у проширивању горњих делова страна дворана, у асцендентном правцу.

Према томе, крајња тенденција ерозије подземних вода, нарочито подземних река, је продубљивање канала до доње ерозионе базе, или до непропустљивих стена у подини кречњака, док је крајња тежња асцендентне ерозије подземног обурвавања у порасту пећина у висину, све до површине крашких терена. Мада су супротног смисла, оне се удружују у тежњи да разоре крашку масу од површине до дна.

У односима између ерозије подземних вода и акумулационог материјала обурвавања такође постоје различити односи. Мање обурване комаде могу реке одмах да захвате, нарочито при појединачном обурвавању, да их уобљују, ударајући их о стране и ваљајући их по дну, да их ситне и најзад да их наслажу по преиздубљеним деловима дна, или да их из пећине изнесу као материјал коме су дале флувијално обележје.

Крупније блокове подземне воде не могу да померају. Оне усредсређују своју снагу на њихове шупљине с тежњом да их уситне. Или до висине највећег водостаја подземне реке урезају у њих своје ерозионе бразде, глачају њихове стране и растварајући их смањују њихову величину. А прокапавајућа вода урезаје у темена и стране блокова бразде и шупљине у облику подземних шкрапа и чашка. У крајњој линији, и под повољним условима, подземне реке су у стању да савладају и највеће блокове, па и највеће гомиле блокова и комада, и да их уситњене изнесу из пећине.

Шкрапасте облике на одваљеним блоковима запазио је М. С. Радовановић (6) у Вјетреници, нарочито у Високом Каналу, где су шкрапе оштрих чебаља и дубоких жљебова и где су поједини блокови кроз пробушени дејством воде прокапнице.

Да подземне воде могу да изнесу потпуно и веће комаде и блокове има доста поузданих доказа. По С. М. Милојевићу (16) испод удубљења четвртастог облика посталих обурвавањем читавих блокова, дно понора Црнуље је потпуно голо, материјал од обурвавања је однет. Сличне појаве налазимо на дну сувих пећина. Тако је велики део дна највеће дворане Петничке пећине го и углачан, мада се налази испод пространог танког свода који је остао после обурвавања, и који је делом избушен вилгедима. Највероватније је да је тај материјал био изнет још у време када је том двораном протицао подземни ток, који се, међутим, данас спустио у ниже ходнике. Али растварање обурваних блокова мора се одвијати и у сувим пећинама, створеним водом која прокапава кроз пукотине, јер се и та подземна ерозија, маколико да је слаба, наставља непрекидно у крашкој маси. Најзад, да подземним ерозијом могу бити потпуно однете и велике масе обурваног материјала и да тако могу бити уништени његови сведоци, показује дно великих продора и циновских котлова Шкоцјанске Јаме, где се и поред проваљивања великих делова некадашње моћне таванице, не налазе изразитији трагови обурваног материјала.

Мада у току ерозије подземних вода не постоје услови за дефинитивно замирање подземног обурвавања, однос између поступне и лагане ерозионе снаге подземних вода и различитог износа обурвавања, омогућује да се тај процес развија на различите начине.

М. С. Радовановић (6) у том погледу издваја три случаја: 1. где је утицај хемиске и механичке ерозије био у надмоћности над процесом обурвавања и где није дошло до затрпавања канала, већ су се на дну одржале само мале гомиле, 2. где се процес обурвавања врши брже и интензивније од хемиско-механичке ерозије, па настаје делимично испуњавање пећинских канала блоковима и 3. где је обурвавање интензивно и где дном канала не протичу никакви подземни токови, или се вода јавља само у стагнатном стању може настати потпуно затрпавање.

Из тих разлога у случајевима крућења и повремених обурвавања ситнијег материјала, нарочито ако се оно врши споро и ако су подземне реке знатне, обурвавање се може вршити непрекидно све до површине. Међутим, у случајевима где се јављају нагла обурвавања катастрофалних размера, може доћи, и поред постојања подземног тока, до зачепљивања канала, до заустављања тог процеса. Али он ће бити само привремено заустављен, док се не створе и обнове шупљине услед одношења и снурања гомила под утицајем доцније ерозије. При вишеструком катастрофалном обурвавању може доћи до вишеструког сукцесивног смењивања фаза потпуне затрпаности, загушености и стабилности са фазама делимичне или потпуне отчепљености и испражнености сала и дворана и нестабилности њихових таваница.

Међутим, треба одмах истаћи и то да обурвавање утиче и на интензитет изражавања подземне ерозије, да се оно са њом сукобљава. Обурвани материјал претставља страни материјал за речну ерозију. Његовим уношењем подземне воде морају да одвајају део своје снаге који су раније користиле за десцедентну ерозију и морају да тај део сада троше на саглађивање, ситњење, растварање и транспорт обурваног материјала. Тако обурвавање успорава десцедентну ерозију, а потстиче асцедентно проширивање канала.

Затим обурвани материјал ремети облике уздужних профила подземних река. Разбија њихову снагу стварајући препреке и раздвајајући њене токове у низ мање више извојених кракова. Или стварајући препреке и бране обурвани материјал утиче на ујезеравање подземних токова и акумулацију, и образовање подземних брзака и слапова, бигрених брана итд. Најзад, он заграђивањем може изазвати скретање воде у бочне пукотине и канале, а самим тим преовладавање акумулативног над ерозионим процесом у напуштеним каналима.

Загат обурваног и другог материјала налази се пред језером у најдубљим деловима Главног канала Раваничке Пећине. Вероватно да је образовање слапа и језера Дегурићке пећине условљено образовањем травертинске бране око обурваних блокова.

Обурвавање и остали акумулациони процеси

Као што је познато, у унутрашњости краса осим разних ерозионих процеса делују и различити акумулациони процеси. У подземне шупљине понирућа вода уноси материјал са површине или нагомилава у њима глину осталу при растварању успутних пукотина и канала. Али је од још већег значаја унутрашње нагомилавање бигра у облику сталактита, сталагмита, стубова, пећинских завеса и салива.

Тај се материјал нагомилава по таваници и странама шупљина и тако *покрива* и *маскира* крхотине, испуњава шупљине и удубине.

Саливи, глиновите навлаке и други продукти акумулације зачепљују мање или више одаке, кубета, ходнике и дворане и мењају општи изглед и величину некадашњих дворана, сала и осталих облика створених обурвавањем.

Такође, тај се материјал нагомилава по дну и мења облике обурваних блокова и комада. Поједини комади буду уваљани или обложени глином или калцитом. Они личе каткад на подземне столове, прекривене набораним калцитним чаршавима, са којих су израсли сталагмитски свећњаци. Још сложенији односи настају између обурваних гомила и осталог акумулационог материјала крашког подземља. Налазе се гомиле које су делимично или потпуно прекривене дебелим корама бигра. Или је у њима најнеправилније измешан материјал обурвавања са унетим песком и шљунком, глином од распадања и бигром. Или су различити продукти подземне акумулације потпуно затрпали и уравнили старе гомиле обурвавања. Или се наилази на суперпозицију разноликог материјала.

Сви поменути акумулациони процеси делују још у току обурвавања, и у току постојања подземних река. Зато сви ти облици акумулације могу такође да буду изложени обурвавању, да буду измењени или уништени. Обаљују се сталактити и саливи, пуцају пећински стубови заједно с блоковима на којима леже и укључују се заједно са тим блоковима у грохоте и гомиле које су изложене ерозији подземних река.

Међутим, по нестанку подземних река сав се тај материјал и сви се ти процеси акумулације удружују у тежњи да *исцуне и зачепе канале и дворане* и међушупљине између блокова. Тако остали акумулациони процеси мање или више убрзавају зачепљивање те тиме потпомажу тежњу да се закочи даље обурвавање. Срастањем сталактита и сталагмита губи се њихов даљи значај за откидање блокова, образују се дебели стубови који подупиру таваницу. Саливи помажу ту стабилизацију испуњавајући шупљине.

Најзад треба истаћи да поједини канали и дворане, који су образовани у отпотнијим деловима масе и који нису изложени тектонским и другим потресима, могу доста дуго да се одупру обурвавању. У том случају нарастањем салива, сталактита и сталагмита и осталим страним акумулационим материјалом може да се образује у унутрашњости густа калцитно-глиновита маса и она може потпуно да зачепи канале пре но што је уопште дошло до обурвавања, то јест да уопште *онемогући* развитак овог крашког процеса.

Најразличитији односи између обурваног и осталог акумулационог материјала запажени су у разним нашим пећинама и јамама. По *П. С. Јовановићу* (20), дно дворане пећине Присојнице покривено је масом блокова, а са појединих великих дижу се сталагмити. А у унутрашњости Змејовице налази се велика шупљина испуњена масом блокова, а затим пећинским бигреним стубовима предвојена у више мањих делова. Блокови на дну су већином прекривени бигреним превлаком. У трећем делу пећине Поламанице, по *С. М. Милојевићу* (4), обурвани блокови и комади, слеplени и прекривени бигром и калцитом, изграђују ступњевито дно. Појединачне бигрене стубове запазили су на обурваном материјалу *П. С. Јовановић* (21) у пећини Шпела Бозгуни и *М. С. Радоавновић* (6) у Вјетреници. Последњи је подробно приказао низ различитих односа између обурваног материјала, глиновитих и бигрених наслага, који се срећу у појединим деловима Вјетренице.

Међутим, најизразитији пример такве гомиле, састављене од мешовитог материјала, претставља свакако Велика Гора, брег висок 45 м, који се диже са дна Калварије, највеће Постојинске сале. По *А. Шерку* (26), она је састављена од масе обурваног материјала који је затрпан сигом, покривен сталактитима и диновским стубовима високом по 10 м, од којих су неки преломљени и оборени, те личи на окамењену подземну пращуму.

Обурване комаде и блокове који су прекривени глином од распадања и земљом унетом споља из вртаче, нашао је *А. Лазих* (5) у пећини Батло, а затим у њеним дубљим деловима и обурване комаде који су цементовани у бречу. Обурване комаде у више бигровито-глиновитих нивоа, који испуњавају дно Парске Голубине, приказао је *С. Бродар* (30). Дебље наслагани обурвани материјал потпуно прекривен глиненем наносима установио је *М. С. Радвановић* (6) у предњем делу Главног канала Вјетренице, а у Доњој Вјетреници приказао је и један фосилни канал, сав зачепљен глином у којој су овде-онде разбацани комади од обурвавања.

IV. ЗОНЕ ОБУРВАВАЊА И ЊИХОВ РАЗВИТАК

Разни видови обурвавања, преплићући се са разним видовима осталих подземних и површинских процеса, омогућују да процес обурвавања у појединим деловима крашких области достиже различити износ развоја или умрвљености. Па ипак различита израженост овог процеса и његове разноврсне појаве, могу да се групишу у неколико основних зона. Појава, распоред у крашкој маси, развитак и нестајање тих зона, сасвим разумљиво, условљени су еволуцијом крашке хидрографије и рељефа, која може бити веома сложена захваљујући разним модификујућим чиниоцима. Због тога и развитак тих основних зона обурвавања може бити у већој или мањој мери модификован, па ће се и у овом поглављу указати на нека изразитија отступања.

Површинска и потенцијална зона прекрашке фазе

У прекрашкој фази, када је кречњачка маса покривена непропустљивим наслагама, или доцније, када ерозија делује само на површини кречњачке масе, било што је она еродована до базе ерозије, било што је загађена непропустљивим стенама, у њеној унутрашњости неће моћи да се развија подземно обурвавање.

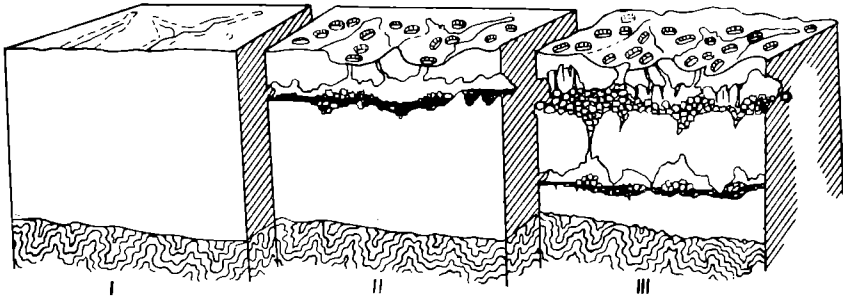
Сасвим супротно, уколико и постоје подземне пукотине, фосилни канали или шупљине тектонског порекла, оне ће бивати зачепљиване, било нагомилавањем речног и другог материјала који површинске воде понирући у њих уносе, било сабирањем резидијалне глине и калцита, било нарастањем обурваног материјала. Процес акумулације ће се спорије или бржи завршити, те ће се од површине до дна крчњачке масе простирати *стабилна кречњачка зона*.

Она ће бити изложена ерозионим силама само у површинском делу, те ће се ту јавити *зона површинског распадања* стена. Међутим, кречњачка маса испод површинске зоне неће увек остати стабилна. Она ће раније или доцније бити издигнута, ослобођена површинског, непропустљивог покривача или ободног загата, што ће омогућити понирање воде, подземну крашку ерозију, образовање јама и пећина и обурвавање. Као што је познато, понирање и обурвавање ће у крајњој линији

моћи да се спусти до непропустљивих стена у подини кречњака. Због тога ће се у прекрашкој фази налазити испод површинске зоне и потенцијална зона, тј. зона будућег обурвавања, која се протеже све до непропустљивих базалних стена.

Три зоне обурвавања монофазног крашког рељефа. Појава зоне активног обурвавања

Понирање крашке воде у дубину не мора се вршити одједном до непропустљивих стена, већ се оно може зауставити у горњим деловима крашке масе, саображавајући се према новом нивоу ерозионе базе и загата. Због тога се, при првом издизању и оголићавању, у вишим деловима крашке масе могу образовати системи и мреже речних пећина, који се саображавају према ерозионој бази и који су са површином везани системима или мрежама издуха и јама, којима пролази понирућа вода.



Ск. 13. Шемајски њриказ развијка и њремешњања зоне обурвавања.

I. површинска и потенцијална зона прекрашке фазе. II. површинска, активна и потенцијална зона монофазног подземног рељефа. III. површинска, привремено умртвљена, активна и потенцијална зона полифазног подземног рељефа.

У току проширивања и саображавања тих система пећина и јама почиње обурвавање. Јављају се крхотине, шупљине, поједини блокови и комади. А затим, у току даљег развитка подземних канала образују се подземним обурвавањем дворане и сале са сводовима и торњевима и са гомилама различитог облика, од сипара до грхота. Подземне воде растварају и ситне обурвани материјал и износе га из пећина. Због тога се процес подземног обурвавања врши поступно или сукцесивно у тежњи да асцедентно пробије пећинске таванице све до крашке површине. Зато од дна пећинских канала па готово до површине кречњака маса припада зони активног обурвавања.

Изнад те зоне активног подземног обурвавања на површини крашке масе развија се и даље површинска ерозија заједно са појавама распадања стена и обурвавања отсека и падина, те се ту и даље одржава површинска зона.

А у нижим деловима крашке масе, испод пећина са токовима и испод саобразних профила и загата, тамо где се подземне воде слабо

крећу, или се уопште не крећу, акумулира се унети или обурвани материјал, зачепљују се евентуалне шупљине и настаје стабилизација, те се ту и даље одржава потенцијална зона.

Четири зоне полифазног крашког рељефа. Појава зоне привременог умртвљавања

Познато је да се у крашкој маси померање воде у дубину може одвијати у више наврата, сукцесивно, са међуфазама стабилизације доње ерозионе базе крашке ерозије. Познато је, такође, да се то померање у дубину не мора вршити продубљавањем дна старог канала до висина нове ерозионе базе, већ да се у красу највећма обавља премештањем воде и понирањем токова у ниже системе пукотина. Зато се такве полифазне крашке области одликују вишеспратним системима и мрежама канала, од којих су виши суви јер су их напусрatile реке, а дубљи су изложени ерозији повремених и сталних токова.

У сувим¹ пећинама на тај начин престаје или се веома јако смањује изношење обурваног и другог акумулационог материјала. Због тога ту настаје поступно или нагло затрпавање пећина и јама, било обурваним и акумулационим материјалом, било само једним од њих. То доводи до подупирања осталих делова крашке масе и утиче на заустављање овог подземног процеса. Зато се у тим сувим каналима и у кречњачкој маси изнад и око њих јавља зона *умртвљавања*.

Међутим, то је зона у којој процес обурвавања само привремено замире. Наиме, испод тих сувих пећина и канала налази се доњи систем канала којим циркулише вода и врши подземну ерозију. Ту се активни процес обурвавања усмерује навише, према зони умртвљавања, с тежњом да је раније или доцније захвати.

Изнад зоне умртвљавања делује и даље активно површинска ерозија, која такође тежи да продре наниже у мање више стабилизовану крашку масу.

Најзад, испод свих тих зона, налазе се све до непропустљивих стена кречњаци у којима се крашка ерозија своди на минимум, а усто и делови крашке масе у које вода још није успела да се спусти, те ту преовлађује акумулација. Ту су очувани мањи или већи остаци некадашње моћније потенцијалне зоне.

Четири зоне обурвавања (површинска, привременог умртвљавања, активна и потенцијална) претстављају највећи број основних зона, које се уопште могу развити у крашким областима.

Максимални број основних зона обурвавања јавља се већ при образовању двоспратног система канала, јер је већ у том двофазном подземном рељефу могуће постојање виших сувих канала и нижих речних пећина.

Мада се доцнијим сукцесивним спуштањем могу образовати нови нижи спратови канала, појава трофазног, четворофазног и другог ви-

¹ Уствари ни ти канали нису сасвим суви. Кад их напусте реке они подижу утицајима лаганог подземног денудационог процеса због деловања кишнице и сочнице која прокапаваљује кроз ту пролазну зону.

пешазног система подземних канала неће моћи да изазове појаву зоне у којој би подземно обурвавање добило нове квалитативне одлике. Уствари, само ће се повећати број сувих спратова и тиме ће се зона привременог затрпавања и замирања проширивати према дубини, на рачун активне зоне, и пратиће њено спуштање на рачун потенцијалне зоне.

Међутим, максимални број основних зона моћи ће се одржавати само дотле док се сукцесивно спуштање активне зоне врши у крашкој маси мање или више изнад непропустљивих стена, јер се спуштање тих зона врши на рачун потенцијалне зоне која у свакој следећој фази постаје све тања.

Уништавање зона подземног обурвавања

Померајући се у дубину подземне воде теже да се спусте све до непропустљивих стена. Од момента када то постигну и када подземна циркулација воде отпочне да се развија у бази кречњачке масе, настаје уништавање зона обурвавања. То пре свега долази одатле што од тог момента не постоје услови да се у базалним, непропустљивим стенама померање воде у дубину и даље врши у облику сукцесивног образовања нових нижих спратова канала. Уствари, када се подземне реке спусте на непропустљиве базалне слојеве, оне ће моћи да се у њих само „нормално“ урезају, у тежњи да изграде саобразне профиле. Према томе, у моменту спуштања подземних вода на непропустљиве слојеве и образовања подземних токова на базалним стенама, нестаје потенцијална зона обурвавања. Остају само три зоне: површинска, привремено умртвљена и активна зона подземног обурвавања.

У моменту спуштања, а и у краћем или дужем следећем периоду, ерозија подземних вода на непропустљивим базалним стенама одвијаће се као подземна ерозија, јер ће подземне реке бити покривене нераствореним кречњачким кровом. Целокупна енергија подземних вода сводиће се на продубљивање и бочно проширивање подземних канала. Зато ће, од момента када подземне воде почну да се крећу по базалним слојевима, све више да се интензивирају и јачају услови за обурвавање нерастворених и необурваних делова кречњачког крова, нарочито за асцендентну ерозију обурвавања.

Захваљујући заустављању активне зоне обурвавања на базалним непропустљивим слојевима, асцендентно обурвавање продире у све више делове крашке масе, на рачун више пролазне зоне. Обурвавањем пешинских тавана нижих пећина, отварају се дна виших умртвљених канала, а самим тим се захвата и стари обурвани материјал који их је мање или више затварао заједно са бигром и осталим продукција акумулације. Подземно обурвавање достиже све веће размере, захвата редом више спратова старих умртвљених канала и пробијајући се асцендентно најзад доспева до површине, образујући вигледи, оцаке, циновске котлове, клисуре и прерасти или пак потпуно отвара некадашње подземне шупљине.

У истом моменту када је заустављено даље подземно померање због базалних непропустљивих стена, и површинска ерозија, маколико да је спора, почеће да се приближава десцендентно према устаљеној

активној зони у дубини. Притом она ће се развијати на рачун горњих делова умртвљене зоне с тежњом да одозго продре и отвори мање или више затрпане суве канале.

Приближавајући се једна другој, активна подземна асцедентно, површинска ерозија десцедентно, оне ће захватити део по део канала пролазне зоне, све док се не додирну у њој. У том моменту нестаће на месту додира суве, умртвљене зоне и остаће само активна подземна и површинска зона.

Најзад, подземни и површински процес удруженим силама морају да отворе пећине и остале подземне шупљине. Они их тиме претварају у депресије површинског рељефа и самим тим их излажу искључивом дејству површинске ерозије. Захватајући прво вигледи и оцаке, доцније диновске котлове и пропасти, најзад клисуре и прерасте, површинска ерозија превлада потпуно над подземним процесом обурвавања.

Мада су изнети случаји образовања зона и њиховог нестајања приказани у основним линијама и уопштено, многи примери пећина и јама везаних у једносратне или вишесратне системе и мреже, који су запажени и испитани у нашим и другим крашким областима, показују да се све те зоне на овакав начин могу развити како у типичним и пространим крашким областима, тако и у мањим крашким масама. То показују например монофазне и полифазне пећине у мањим крашким областима, као што су Петничка Пећина у Ваљевском красу и друге мање (Баћина Пећина, Рибничка Пећина, Тмуша), или пак Велика Пећина, Церемошња, Преконошка Пећина и друге усечене у крашке оазе источне Србије. Три или четири зоне обурвавања јављају се и у типичним крашким областима Динарског краса, као што су Шкоцјанска Пећина монофазног типа, или пак Постојна и Вјетреница, пећине са вишесратним сувим и речним каналима, које су полифазног типа.

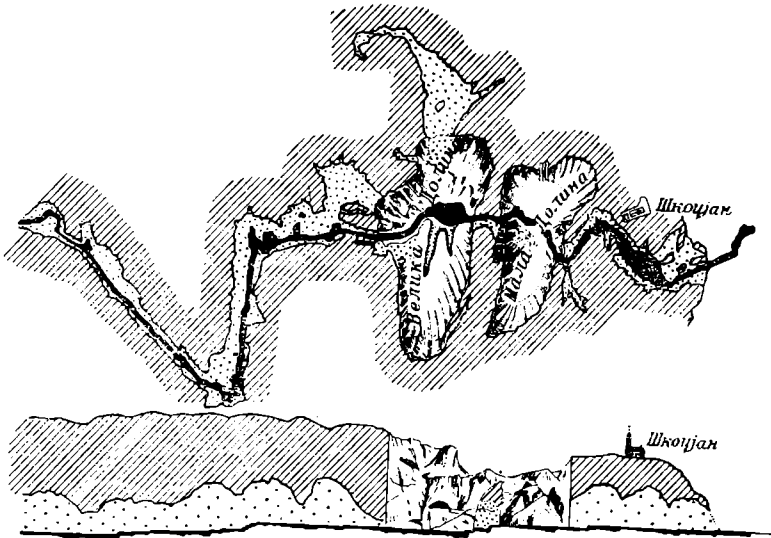
Поремећаји нормалног развитака зона обурвавања

Из претходног поглавља видели смо да се постојање и нестајање зона у најповољнијим условима врши овим редом: *постојање* од потенцијалне, преко површинске до активне, *нестјање* од потенцијалне, суве и активне до површинске. Притом, овакав развитака зона обурвавања јавља се уколико проматрамо крашке области у вертикалном пресеку.

Међутим, примери из наших области, и они из крашких предела других земаља, показују врло изразито, да такав развој може бити поремећен у најнеобичнијим видовима, тако да се распоред и развијеност тих зона мења не само у разним крашким областима, већ и у суседним деловима исте кречњачке масе. Зато приказани развитака максималног броја крашких зона претставља основни вид њихове еволуције, док отступања можемо сматрати као посебне случајеве, који настају због разних чиниоца који успоравају или убрзавају или на другачије начине ремете општу еволуцију хидрографије и рељефа у појединим деловима крашких области.

Пре свега многи примери показују да вертикални развитака зона обурвавања може бити поремећен због тога што се *доња ерозиона база* крашке ерозије може краће или дуже задржати у било којој фази изградње зона обурвавања. У случају дугог заустављања, у току изградње монофазног подземног рељефа, када у дубини постоји само активица

зона обурвавања, асцедентним радом могу делимично или потпуно да буду отворене пећине, а активна зона да буде уништена и пре но што се уопште развије сува зона. Дуготрајна стабилизација може да се јави и после образовања полифазног крашког рељефа, те у том случају могу бити уништене и сува и активна зона, пре но што се подземне



Ск. 14. План и уздужни пресек почетног дела Шкоцјанске Јаме, по Ф. Милеру (17). Пример модификације развитка зона обурвавања у монофазном подземном крашком рељефу. Услед пробијања таванице у почетном делу Шкоцјанске Јаме образоване су циновске пропасте и прерасти, односно површинска ерозија се пробила у подземље пре но што је уопште образована зона замирања и пре но што је уништена потенцијална зона обурвавања.

воде спусте до базалних непропустљивих стена, односно пре но што је уништена потенцијална зона. Или, у крајњој линији, заједничким силама подземног обурвавања и ерозије, као и површинским ерозионим процесима, крашка маса може у горњим деловима да буде потпуно уравниена, претворена у површ, испод које је очуван мањи или већи део потенцијалне зоне. Притом, у истој крашкој маси могу зоне обурвавања да се развијају и уништавају у више наврата.

Различити вертикални распоред тих зона још се више може компликовати због свих оних фактора који изазивају селективну ерозију. Због тога што се оживљавање крашке ерозије у свакој новој фази може да врши у условима кад су узајамни односи између старих зона одмакли до разног износа еволуције, када су стари канали делимично зашли обурвавањем једни у друге, делимично затрпани, или су се делимично пробили до површине, итд.

Различите варијације у распореду крашких зона подземног обурвавања срећу се на сваком кораку. Тако је на пример у првом делу Шкоцјанске Пећине пробијена

таваница и пре но што је образована зона умртвљености овог процеса, и пре но што је уништена потенцијална зона. Или је у каналима Вјетренице местимично дошло до спајања виших сувих и нижих активних канала, и пре но што је дошло до уништења потенцијалне зоне. Или је пак у случају Вратњанске Пећине, дошло готово до дефинитивног обурвавања таваница пре но што се развила „сува“ зона и пре но што је уништена потенцијална зона.

Међутим тај развитак може бити поремећен и другим страним утицајима. То су пре свега они *шекџонски њоремећаји* који крашку масу могу да спусте испод базе ерозије и да изазову тиме акумулацију страног материјала како у њој, тако и преко ње. Било да крас покрију водене масе и њихове наслагае, било да га потпуно затрпају флувијални наноси, то ће прекинути даљи развој зона обурвавања у било ком стадијуму њихове еволуције.

Има много примера да се данашње пећине налазе у кречњачким масама које су некада биле потпуно засечене површима, или које су некада биле покривене заједно са старим крашким рељефом наслагама абразионог порекла. Пећина Присојница, по подацима *П. С. Јовановића* (20), усечена је например испод површи покривене неогеним наслагама. По *М. Лујовцу* (28), око Иванградске котлине налазе се у кречњацима и вишеспратни канали испод површи покривених неогеним наслагама. Затим, по *Ј. Цвијићу* (19), у области Лелићког (Ваљевског) краса, налазе се фосилне вртаче са остацима неогених наслага, као сведоци прејезерске крашке фазе. Али у крашким областима има и старих фосилних крашких облика, који су покривени како терцијарним, тако и мезозојским наслагама, па су тек сада поново мање или више откривени.

Сличне последице могу изазвати и *климајска колебања*. У случају надирања сувог, пустињског климата у крашке области у којима је владао плувијални или плувио-нивални режим, престаће даље продирање подземних вода и измениће се развитак зона обурвавања. Подземне крашке шупљине које наслеђује пустињски рељеф, биће изложене бржем или споријем обурвавању, као да се све налазе у зони умртвљавања, с том разликом што ће се ту сада подземни процес обурвавања развијати највећма као самосталан процес, без уношења глине, без нагомилавања сталактита, сталагмита и осталих бигрених облика, евентуално само са уношењем пустињског песка.

А у случају да преовлада интензивни глацијални климат, настаће замрзавање подземних вода, нагомилавање унетог и подземног леда, који ће сам, или заједно са обурваним блоковима, затрпати и зачепити подземне шупљине и тако зауставити даљи процес обурвавања у било којој етапи развитака зона обурвавања.

Међутим, сви ти и други слични утицаји заустављања даљег развитака обурвавања претстављају само *привремене* појаве. Познато је да су некада трансгредоване и покривене кречњачке масе биле затим поново уздигнуте, откривене, и да се на њима процес ерозије обновио, извршио ексхумацију фосилних облика, образовао нове облике и омогућио поновно образовање зона обурвавања. Познато је, такође, да су крашки предели, који су били изложени пустињском климату и покривени пустињским песком, поново изложени ерозији понирујућих вода. Такође је познато да су крашке области које су биле изложене интензивној глацијацији, и чије су јаме биле испуњене ледом, поново дошле у зону топлијег климата, па су ледене масе у тим фосилним пећинама мање или више отопљене, или су се очувале као сведоци накадашњих затрпавања.

Зато се може рећи да, сем у случају дефинитивног замрзавања или дефинитивног преовладања пустињског климата, или дефинитивне стабилизације земљине коре, заустављање развитка подземног обурвавања у кречњачким теренима може бити само привремена појава.

Многе пећине које се налазе у данашњим изразито пустињским областима, као у Јудеји и Сахари, а које помиње *Ј. Цвијић* (1) на основу страних испитивања, показују како се у тим областима пустињског рељефа могу наћи фосилни наслеђени облици некадашње крашке ерозије и активног обурвавања. Сличне наслеђене пећине налазе се и у глацијалним областима, као у Тенским Планинама и другим пределима који су припадали алпској глацијалној области. По *Ј. Цвијићу* (17), неке од највећих претстављају облике које је наследио глацијални рељеф од претходног крашког рељефа топлијег климата, а истовремено су и накалемљени облици у данашњем топлијем флувијално-нивалном климату и подложни су дефосилизовању и поновном оживљавању процеса. Сличне облике обурвавања, накалемљене на некадашњи пустињски рељеф, налазили су страни испитивачи нарочито у Аустралији. Наиме, ту се пећине са појавама обурвавања налазе у кречњацима који су покривени пустињским песком и остацима дина, или се чак налазе и у песковитим наслагама диновите структуре.

Због различитог комбиновања и сукобљавања фактора обурвавања, услова еволуције и других чинилаца, облици и зоне обурвавања могу да се комбинују и распоређују на најразноврснији начин у крашкој маси, како у вертикалном, тако и у бочном правцу. Међутим, различити чиниоци и начини модификација облика и еволуције подземног обурвавања, појава већег или мањег броја фаза и зона, и различити начини њиховог распореда, како у хоризонталном тако и у вертикалном правцу, излазе из оквира овога чланка. Они могу бити предмет непосредних проматрања и закључака при изучавању одређених пећина и крашких области. Основни фактори обурвавања, основни видови његове еволуције и основни начин развитка и настојања зона обурвавања, који су прегледно сређени у овом чланку, надамо се да ће потстакнути и по-дробније изучавање тих посебних појава, и да ће омогућити њихово лакше запажање.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Ј. Цвијић*: Карст. 1895.
2. *В. С. Радовановић*: Гипсани рељеф Косовраста у долини Радике више Дебра. Гласник Српског географског друштва 18, 1932.
3. *П. С. Јовановић*: Жеденска пећина Дона Дука. Гласник Српског географског друштва 11, 1925.
4. *С. М. Милојевић*: Пећина Поламаница. Гласник Српског географског друштва 19, 1933.
5. *А. Лазих*: Пећина Ђатло. Гласник Српског географског друштва 21, 1935.
6. *М. С. Радовановић*, Пећина Вјетреница, 1929.
7. *М. Маргеић*: Нове јаме и пећине средње Далмације. Гласник Српског географског друштва 11, 1925.
8. *Ј. Данеш*: Пећине у кањону Праче и околини Гласничког Поља. Гласник Српског географског друштва 5, 1921.
9. *Б. Ж. Милојевић*: О пећинама у кањону Увца, у атару доњих Лопижа. Гласник Српског географског друштва 5, 1921.
10. *Ј. Цвијић*: Пећина Обод и извор Црнојевића Ријеке. Гласник Српског географског друштва 3—4, 1924.
11. *Ј. Цвијић*: Пећина у Потпећи. Гласник Српског географског друштва 3—4, 124.

12. *J. Цвијић*: Хаџи-Проданова Пећина у селу Рашчанима код Ивањице. Гласник Српског географског друштва 3—4, 1924.
13. *С. М. Милојевић*: Пећина Голубњача код села Жегара, Далмација. Гласник Српског географског друштва 11, 1925.
14. *А. Лазић*: Неколико сувих пећина херцеговачког карста. Гласник Српског географског друштва 16, 1930.
15. *J. Цвијић*: Петњичка Пећина. Гласник Српског географског друштва 1, 1912.
16. *С. М. Милојевић*: Неколико пећина и јама Поповог Поља. Гласник Српског географског друштва 13, 1927.
17. *J. Цвијић*: Геоморфологија II, 1926.
18. *Б. П. Јовановић*: Петњичка Пећина. Зборник радова Географског института Српске академије наука 1, 1949.
19. *J. Цвијић*: Пећине и подземна хидрографија у Источној Србији. Глас Српске академије наука 46, 1895.
20. *П. С. Јовановић*: Карсне појаве у Поречу. Гласник Скопског научног друштва 4/1, 1928.
21. *П. С. Јовановић*: Шпела Бозгуни. Гласник Скопског научног друштва 4/1, 1928.
22. *Б. П. Јовановић*: Велика Пећина код Дубоке. Зборник радова Географског института Српске академије наука 1, 1949.
23. *Ч. С. Милић*: Пећина Церемошња. Зборник радова Географског института Српске академије наука 7, 1954.
24. *Б. Ж. Милојевић*: Високе планине, 1927.
25. *J. Цвијић*: Преконошка Пећина. Геолошки анали Балканског Полуострва 3, 1891.
26. *А. Шерко — И. Михлер*: Постојнска Јама. 1952.
27. *В. С. Радовановић*: Холокарст Хуме под Кожухом. Гласник Скопског научног друштва 9/3, 1921.
28. *М. Лујовац*: Иванградска котлина (Рукопис).
29. *J. Цвијић*: Лелећки карст. Гласник Српског географског друштва 1, 1912.
30. *S. Brodar*: Prispevek k stratigrafiji kraških jam Pivške kotline. Parška golobina. Geografski vestnik 24, 1952.
31. *J. Cvijić*: Hydrographie souterraine et évolution morphologique du Karst 1918.
32. *С. М. Милојевић*: Појави и проблеми крша. Ободска Пећина. Посебна издања Српске академије наука 123, 1938.

Résumé

Branislav P. Jovanović

LES ÉBOULEMENTS SOUTERRAINS DANS LE KARST

L'auteur de cet article a essayé de présenter les lignes fondamentales des conditions et des raisons des éboulements souterrains dans le karst, les formes essentielles et les aspects sous lesquels s'exprime et se développe ce processus et, enfin, les zones fondamentales d'éboulement dans la masse karstique et il a cherché de déterminer la manière dont celles-ci apparaissent, se déplacent, s'ordonnent et disparaissent.

Il y montre cet éboulement souterrain comme un processus naturel spécifique aux régions karstiques qui, dans ces régions, se développe de manières différentes en dépendance tout d'abord avec le climat dans lequel elles se trouvent. L'auteur s'étend avec plus de détails sur les facteurs suivants des éboulements souterrains: érosion chimico-mécanique et pression hydrostatique

des eaux souterraines, diverses particularités structurales des terrains, accumulation souterraine, érosion superficielle, variations de la température et glaciation souterraine, secousses tectoniques, sismiques et autres.

Les formes des éboulements souterrains sont partagées en deux groupes. Parmi les formes fondamentales trouvées sur les lieux d'arrachement mêmes, l'auteur met à part: les saillies et les niches de tout genre, les salles formées par éboulement sélectif ou par soudure de canaux, les voûtes, les dômes, les toits et les tours, les cheminées et percées, les abîmes, les ponts naturels et les gorges. Cependant les matériaux d'éboulement forment dans les fonds de canaux et d'abîmes différents amas de pierres desquels on peut mettre à part comme fondamentaux les suivants: morceaux et blocs d'aspects divers, cônes d'éboulis souterrains, monticules et crêtes, cloisons et amas de débris qui obstruent en partie ou complètement des tronçons de canaux. Un groupe particulier est formé par les diverses cavités isolées pouvant se trouver entre des blocs ou morceaux arrachés ou bien reliées en labyrinthes plus ou moins ramifiés dans les impasses et les passages.

L'auteur, ensuite, considère les rapports existant entre les formes d'arrachement et les formes d'accumulation du processus d'éboulement souterrain et l'importance de leur mise en présence les unes des autres pour le développement ou bien l'arrêt du processus. Il montre également les diverses intensités de manifestation de ce processus et ses divers rapports avec l'érosion chimico-mécanique, due aux eaux souterraines, et avec les autres processus accumulateurs souterrains. Ensuite, il présente quelques modifications assez importantes des formes fondamentales de l'éboulement souterrain.

Dans la dernière partie de son travail, l'auteur présente à part les quatre zones fondamentales d'éboulement: 1. la zone d'éboulement et d'érosion superficielles; 2. la zone d'affaiblissement temporaire avec comblement; 3. la zone d'éboulement active et 4. la zone potentielle. Il les présente dans l'ordre de leur formation et de leur disparition. Il consacre une attention particulière aux causes qui pourraient provoquer quelque changement dans le développement de ces zones fondamentales et conditionneraient une position et une intensité spécifiques de l'évolution de ces zones dans les diverses régions karstiques et dans les diverses parties d'une même masse karstique.