

ИНТЕНЗИТЕТ ХЕМИЈСКЕ ЕРОЗИЈЕ У СЛИВУ НИШАВЕ

Садржај: Слив Нишаве захвата површину од 4068 km². Сходно различитим физичко-географским карактеристикама тог простора, постоје и разлике у интензитету ерозије. Механичка водна ерозија у сливу Нишаве износи 302,4 m³/km²/год., а хемијска 67,2 t/km²/год. Просторне разлике су велике (47,1-115,5 t/km²/год.) и у највећој мери су одређене хидролошким и петролошким карактеристикама простора.

Кључне речи: хемијска ерозија, Србија, Нишава.

Abstract: The Nisava catchment comprehends the area of 4068 km². There are differences in erosion intensity due to different physical-geographical characteristics of that area. Mechanical water erosion in the Nisava catchment is 302,4 m³/km²/yr and chemical erosion is 67,2 t/km²/yr. Space differences are large (47,1-115,5 t/km²/yr) and are mostly determined by hydrological and lithological characteristics of that area.

Key words: chemical erosion, Serbia, Nisava.

Увод

Нишава је најдужа и водом најбогатија притока Јужне Мораве. Њен слив захвата површину од 4068 km², при чему је један део (26,9 %) на територији НР Бугарске. Управо на том простору, обимним хидротехничким радовима, изворишни делови сливова Нишаве и Височице од 1953. године преведени су у суседни слив Огоште. На тај начин је количина воде која Нишавом доспева на територију Србије смањена у просеку за 22 %, а Височицом за 31 %. И поред тога, Нишава сваке секунде уноси у Јужну Мораву просечно 34 m³ воде (Оцокољић М., 1987).

Локалном становништву добро је позната чињеница да након јаких киша вода Нишаве и њених притока постаје мутна и са изразитом жутом или црвеном бојом, у зависности од реке, односно дела слива. Тада је и лаику јасно да “вода нешто носи”, тј. транспортује извесну количину песка, глине и муља. Мерењем концентрације тих честица и тренутног протицаја, преко низа формула, долази се до сазнања о интензитету механичке водне ерозије. Према тумачу Карте водне ерозије (Лазаревић Р., 1983) механичка водна ерозија у сливу Нишаве износи 302,4 m³/km²/год.

У летњим месецима и при стабилним водостајима, Нишава и њене саставнице имају претежно бистру воду. Због тога би се могло да претпостави како у тим тренуцима нема ерозије. Међутим, и тада вода односи стеновити материјал, само се он оком не може да примети: стене су у води хемијски растворене. Утврђивањем концентрације појединих елемената и истовремених протицаја, стичу се услови за изра-

* Др Предраг Манојловић, редовни професор, Географски факултет, Београд. Рад примљен 24.05.2002. г.

чунавање интензитета хемијске ерозије. Она у сливу Нишаве просечно износи 67,2 t/km²/год.

Истраживање интензитета хемијске ерозије у сливу Нишаве вршена су у периоду 1986-2002. године. Захваљујући разумевању и љубазности локалног становништва, узорци воде из река узимани су на сваких 7-15 дана. Анализом је обухваћено 9 профила, и то: Нишава код Димиртовграда, Пирота, Беле Паланке и Ниша, Височица код Височке Ржане и Станичења, Дојкиначка река код Височке Ржане, Јерма код Сукова и Кутинска река код Прве Кутине. До ових проучавања у сливу Нишаве систематска осматрања хемијског састава вода, у наведеном временском периоду нису вршена. Аутор се посебно захваљује Каменовић Љубомиру из Височке Ржане, Антић Горану из Беле Паланке, Златковић Валентини из Пирота и Тодоровић Круни из Станичења, на савесном и редовном узимању узорка вода. **Теренска истраживања током 2002. године вршена су у оквиру пројекта Географског факултета у Београду, под насловом "Географске основе развоја Србије" финансираном од стране Министарства за науку, технологије и развој.**

Основне петролошке одлике слива

Слив Нишаве је усечен у планинама Карпатско-балканског лука (Стара планина, Белава, Сува планина, Сврљишке планине, Влашка планина). У току мезозоика, пре минимално 240 милиона година, на том простору постојало је море, на чијем су се дну таложили различити седименти. Издизањем некадашњег морског дна, пре око 70 милиона година, настао је иницијални рељеф, у који је почео да се усеца речни систем Пра-нишаве.

Сходно геолошкој еволуцији овог простора, у грађи слива Нишаве велику површину захватају седиментне стене. Представљене су кречњацима, доломитима, флишом и пешчарима. Највећи део долине Дојкиначке реке, до истоименог села, али и узвишења Копрен и Понор, изграђени су од тријаских седиментних стена. Оне су у вертикалном погледу петролошки јако променљиве, тако да се уз кречњаке налази и на слојеве песковитих кречњака, кречњачких и крупнозрних пешчара. У горњем делу слива Врелске реке, највећу површину захватају метаморфити, представљени дијабаз-филитоидном серијом. Тријаски кречњаци и доломити налазе се у доњем делу слива.

Слив Топлодолске реке највећим делом је усечен у седиментним стенама пермске старости. Између Миџора, Бабиног Зуба и Топлог Дола, дебљина им износи и до 1200 м. Седименти нису хомогени ни у хоризонталном ни у вертикалном правцу. Различити услови седиментације одредили су настанак слабо сортираног материјала, представљеног пешчарима и конгломератима везаним глиновитим цементом, са ситнијим кречњачким конкрецијама (Геологија Србије, П-1, 1975).

Кречњаци и доломити јављају се у непосредном делу слива Височице, између ушћа Дојкиначке и Топлодолске реке. Нешто су веће чистоће јурски кречњаци, на левој долиној страни, од средње-тријаских кречњака и доломита, у десном делу слива. Уз њих, велику површину захватају и пешчари, конгломерати и алевролити, који се у вертикалном профилу с њима смењују. Због тога, тријаске седиментне стене у сливу Височице, од Темске, преко Мале и Велике Лукање, Паклештице, до Росомача и Сенокоса, на површини имају различит петролошки карактер. Како у њиховој структури доминирају пешчари и конгломерати, то је површина које оне захватају у целини приписана групи седиментних стена; у стварности, један део те површине припада кречњацима.

Непосредни део слива Нишаве низводно од Пирота и без Височице, изграђен је, пре свега, од кречњака Суве Планине и Белаве. Они су кредне старости, и по

питању чистоте, могу се поделити на две групе. Прва група је представљена кречњацима неокома. Они леже преко веома чистих титонских кречњака, чија је база представљена лапоровито-песковитим варијететима, који навише прелазе у све чистије масивне кречњаке. Другу групу чине махом чисти ургонски кречњаци, мада се, у виду прослојака, налази и на глинце, лапорце и пешчаре.

Слив Кутинске реке усечен је у Заплању, крају између кречњака Суве Планине и матаморфита Селичевике и Бабичке Горе. Речна долина изграђена је у уској меријанској зони између поменутих структура, која је испуњена неогеним седиментима.

Методологија истраживања

Утврђивање укупне количине хемијски растворених минералних материја (РММ) која је водом изнета из слива, у пракси се своди или на свакодневно мерење сувог остатка или на утврђивање односа између протицаја и концентрације макро-јона, односно укупне минерализације. На данашњем степену развијености проучавања хемијске ерозије, у Србији се као једини економични начин мерења интензитета поменутог процеса намеће други поступак. То значи да се на основу протицаја, као независне променљиве, решавањем система једначина добија формула, помоћу које се, за сваки проучавани профил, процењује концентрација РММ и за дане када вода није непосредно анализирана.

Узимање узорка вода вршено је при различитим протицајима и годишњим добима. Како је досадашњим радовима утврђено да протицаји река највише утичу на промену јонског састава воде (Манојловић П., 1989), то је велика пажња посвећена узимању узорка при свим, а нарочито ниским и високим водама. Због тога је у сливу Нишаве анализиран хемијски састав воде у веома широком распону специфичних отицаја: од $0,8 \text{ l/s/km}^2$ до 217 l/s/km^2 . Велики број анализа, као и различитост физичко-географских фактора у сливовима и субсливовима, омогућу је каснију упоредну статистичку анализу и утврђивање модела хемијске ерозије. На тај начин се формулом, добијеном на основу релативно кратког временског периода осматрања, могу да израчунају просечни дугогодишњи износи хемијске ерозије.

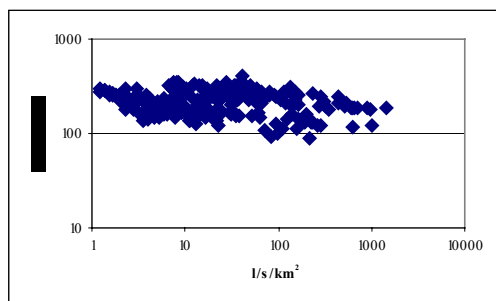
У лабораторији физичке географије Географског факултета ПМФ у Београду, класичним методама аналитичке хемије, вршена је анализа прикупљених узорка вода. Волуметријском методом одређивана је концентрација Ca^{2+} и Mg^{2+} (са EDTA), HCO_3^- јона (са HCl), а Na^+ , K^+ и Cl^- јон селективним електродама. Концентрације SO_4^{2-} , PO_4^{2-} , NO_3^- и SiO_2 утврђиване су спектрофотометријски, и то у узорцима узетим после 1987. године.

Постојећи распоред хидрометријских профила омогућио је поделу слива Нишаве на 14 целина. Оне се међусобно разликују по многим физичко-географским особинама; на овом месту, због истраживања интензитета раставарања стена, од посебног интереса био је петролошки састав. У том циљу, унутар сваке од издвојених хидролошких целина, утврђен је процентни удео седимената, кречњака, седиментних и метаморфних стена. Ти подаци, уз преузете хидролошке параметре (Оцокољић М., 1987; Станковић С., 1968), упоређивани су са резултатима хемијских анализа вода.

Резултати истраживања

Концентрација макро-јона у водама Источне Србије резултат је комплексног деловања низа фактора. Они су садржани у типу стена, карактеру вегетације, количини, типу и интензитету падавина, као и тренутној водности слива. Као мање значајни фактори истичу се годишње доба и температура воде. Промена хемизма вода условљена делатношћу човека представља посебан проблем у проучавању

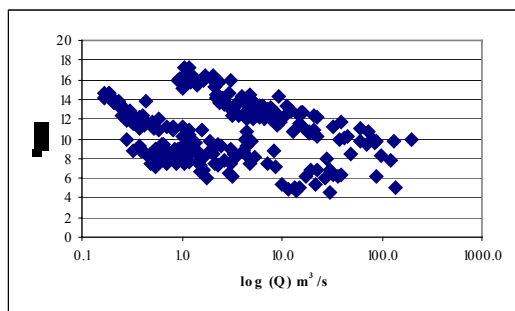
интензитета хемијске ерозије и структуре сувог остатка. Хидрохемијске карактеристике вода слива Нишаве не представљају изузетак.



Ск. 1. Однос између специфичног отицаја и укупне минерализације.

Просечна минерализација Нишаве код Ниша, профила на коме су сумиране све природне и антропогене карактеристике слива, за средњи специфични отицај од $8,85 \text{ l/s/km}^2$ износи $240,6 \text{ mg/l}$. Та је вредност карактеристична за готово све Европске реке. Највећу минерализацију имају аутохтоне воде непосредног слива Нишаве низводно од Беле Паланке, а без слива Кутинске реке, од 552 mg/l . То је резултат, пре свега, веома мале водности слива ($3,74 \text{ l/s/km}^2$), односно највећег удела неогених седимената у односу на све остале хидролошке целине. Дојкиначка река, са највећим средње годишњим специфичним отицајем у сливу Нишаве, одликује се и најмањом минерализацијом воде - свега 123 mg/l . Под утицајем пре свега променљивих протицаја, односно специфичних отицаја, укупна минерализација текућих вода у сливу Нишаве налази се у распону од 90 mg/l (Дојкиначка река, 217 l/s/km^2) до 410 mg/l (Ниш, $0,95 \text{ l/s/km}^2$).

Однос између специфичног отицаја и сувог остатка обрнуто је пропорционалан; већој водности одговарају мање концентрације растворених минералних материја и обрнуто. Логаритмовањем наведених вредности оне се доводе у линеарни однос. При томе, структура укупне минерализације углавном одговара доминирајућем типу стене у сливу. На то најбоље указује однос између вредности протицаја и укупне тврдоће воде, изражене у немачким степенима. Са графика је очигледно да по том питању настаје дихотомија: горњи низ података везан је за кречњаке и уопште карбонатне стене, док доњи одговара магматско-метаморфном комплексу као и пешчарима и глинцима.



Ск. 2 Однос између протицаја и укупне тврдоће воде.

У структури сувог остатка воде, у свим хидролошким целинама, доминирају јони калцијума, магнезијума и хидрокарбоната. У катјонском делу, калцијум је за 4-7 пута присутнији од магнезијума, што указује да воде у сливу Нишаве припадају

хидрокарбонатно-калцијумском типу. Концентрације SO_4^{2-} јона су у распону 15-35 mg/l, а SiO_2 10-30 mg/l. При томе, свега четири јона: Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- и Cl^- , чине 95 % сувог остатка.

Мултифакторском регресионом анализом, са процентима петролошких типова и специфичним отицајима као независно променљивим вредностима, утврђен је модел који са 98,5 % објашњава варијабилност укупне минерализације (M) вода у сливу Нишаве. Другим речима, утицај свих осталих неукључених фактора у добијени модел износи свега 1,5 %.

$$M=299,7-39,28 \cdot q+2,26 \cdot \% \text{Сд}+0,54 \cdot \% \text{Сс}+5,95 \cdot \% \text{Кр}+1,94 \cdot \% \text{Мт}$$

$$(-1,306) \quad (0,102) \quad (0,071) \quad (0,916) \quad (0,090)$$

Ознаке у формули одговарају легенди у таб. 1.

Таб.1. Основни показатељи хемијске ерозије у сливу Нишаве.

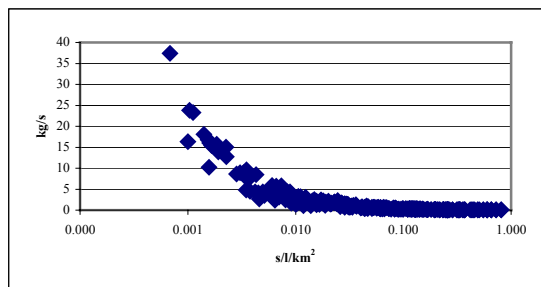
Слив	F (km ²)	% Сд	% Сс	% Кр	% Мт	q	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO	t/km ² /год.
Нишаве										
1. Димитровград	344	6,9	66,8	24,4	1,9	7,64	57,7	9,1	196,6	47,1
2. Пирот	1745	7,3	41,4	32,2	19,1	7,38	82,3	13,6	277,9	64,7
3. Бела Паланка	3087	5,2	39,2	42,9	12,7	9,92	63,3	8,9	216,2	67,7
4. Ниш	3974	10,9	34,2	43,4	11,5	8,85	65,4	9,4	240,6	67,2
Височица										
5. В. Ржана	403	0,0	31,7	54,2	14,1	15,90	49,7	7,9	141,7	71,1
6. Станичење	818	1,5	43,9	47,7	6,9	13,10	45,4	4,7	148,3	61,3
7. Дојкиначка р.	137	0,0	49,4	33,7	16,9	29,72	35,2	5,4	123,1	115,5
остало										
8. Јерма	795	1,5	31,2	26,2	41,1	7,27	82,2	11,8	276,9	63,5
9. Кутинска р.	205	39,4	6,3	26,0	28,3	9,75	57,2	9,7	217,3	66,8
међусливови										
2-(1+8)	606	15,1	40,3	44,5	0,1	7,40	97,6	18,5	326,6	76,3
3-(2+6)	524	3,9	24,5	71,0	0,6	13,41	55,8	6,7	206,7	87,5
4-(3+9)	682	28,1	19,9	50,9	1,1	3,74	97,0	15,2	552,1	65,1
5-7	265	0,0	22,5	64,8	12,7	8,74	75,2	12,3	174,4	48,1
6-5	415	2,9	55,7	41,4	0,0	10,30	39,0	1,0	158,1	51,8

Легенда: F-површина слива у km²; %Сд, %Сс, %Кр, %Мт-процент површине у сливу под седиментима, седиментним стенама, кречњацима и метаморфним стенама; q-средњи годишњи специфични отицај (l/s/km²); Ca²⁺, Mg²⁺, SO - пондерисана средња годишња концентрација калцијума, магнезијума и сувог остатка у mg/l.

У заградама испод регресионих коефицијената су парцијални коефицијенти регресије. Они указују за колико се процената промени укупна минерализација речне воде уколико се одговарајућа независна променљива промени за 1 %. На тај начин је омогућено сагледавање директног утицаја сваког фактора, без обзира што су они изражени у различитим јединицама мере. Генерално посматрано, повећавање протицаја (специфичних отицаја) води смањивању минерализације воде, док повећавање процентног учешћа било ког петролошког типа условљава повећавање минерализације, што је нормално и резултат процеса растварања. Међутим, при једнаким протицајима, различити типови стена не "дају" једнаку минерализацију, што се закључује на основу горњих коефицијената. Најмању вредност сувог остатка у сливу Нишаве имају воде које дренирају комплекс седиментних стена (пешчари, глиници), а највећу воде из кречњака. Уколико се парцијални коефицијенти еластичности индексирају, и то тако да најнижа вредност (седиментне стене, 0,071) добије вредност 1, тада се може да стекне увид у однос између издвојених петролошких комплекса у погледу формирања минерализације воде. Тако, при

једнаким протицајима, седиментне стене имају за 44 %, метаморфити за 27 %, а кречњаци за око 1200 %, односно 12 пута већу минерализацију од вода из седиментних стена.

То је резултат, пре свега, великих површина осматраних хидролошких целина (137-3974 km²) где долази до формирања њиховог просечног хемијског састава. У појединим микро-локацијама њихов утицај је сигурно далеко већи. На то указују до сада извршена експериментална истраживања интензитета растварања стена (Гавриловић Д., 1984; Манојловић П., 1989).



Ск. 3. Однос између специфичне брзине отицаја и проноса хемијски растворених минералних материја.

Највећи интензитет хемијске ерозије је у сливу Дојкиначке реке; то није резултат високе минерализације воде већ велике висине отицаја (специфичног отицаја). Дакле, у нашим климатским, петролошким и вегетацијским условима, одредишни фактор хемијске ерозије је хидролошки. С друге стране, за формирање укупне минерализације воде, као и њене структуре, најзначајни је петролошки фактор.

ЛИТЕРАТУРА

- Геологија Србије, II-1(1975): **Мезозоик**. Завод за регионалну геологију и палеонтологију Рударско-геолошког факултета у Београду, Београд.
- Гавриловић Д., (1984): **Мерење интензитета површинске корозије у красу Србије**. Зборник радова Института за географију ПМФ, св.31, Београд.
- Лазаревић Р., (1983): **Карта ерозије СР Србије са тумачем**. Институт за шумарство и дрвну индустрију, Београд.
- Манојловић П., (1989): **Експериментална истраживања интензитета корозије у красу Источне Србије**. Докторска дисертације, Географски факултет, Београд.
- Оцокољић М., (1987): **Висинско зонирање вода у сливу Велике Мораве и неки аспекти њихове заштите**. Посебно издање Српског географског друштва, књ. 64, Београд.
- Станковић С., (1968): **Режим Височице**. Гласник Српског географског друштва, св. 2, Београд.

PREDRAG MANOJLOVIĆ

S u m m a r y

CHEMICAL EROSION INTENSITY IN THE NISAVA CATECHMENT

The highest chemical erosion intensity is in the catchment of Dojkinac river; it's not the result of a high water mineralization but of a high level of a run off. According to this, in our climatic, lithological and vegetational conditions, the determining chemical erosion factor is a hydrological one. On the other side, for total water mineralization forming, as well as for its structure, the most important factor is a lithological one.

The model which with 98,5% explains the variability of a total water mineralization (M) in the catchment of the Nisava is determined by a multifactoral regression analyzes, with lithological types percentages and specific run offs as independent variable values. In other words, the influence of all other factors not involved in the obtained model is only 1.5%.