

УДК: 556.314

## ХИДРОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ИЗВОРОТ СОЛЕНИЦА

Билјана ГИЧЕВСКИ<sup>1</sup>, Славчо ХРИСТОВСКИ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ИД „Урсус спелеос“-Скопје, biljana\_speleo@yahoo.com

<sup>2</sup>Институт за биологија, Природно-математички факултет  
Архимедова 3, Скопје

### ИЗВОД

Во трудот се анализирани хидрохемиските карактеристики на водата на изворот Соленица, кој се наоѓа во близина на селото Слатина (Македонски Брод). Изворот е лоциран на расед меѓу две тектонски единици: Пелагониски хорст-антиклинориум и Западномакедонска зона, односно меѓу доломитски мермери и шкрилци, метапесочници и кварцити. Направени се месечни анализи на водата (рН, кондуктивност, концентрација на Ca, Mg, Na, K, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) за периодот декември 2011–ноември 2012 година. Добиените резултати покажаа дека потеклото на водата е од големи длабочини. Според типот на вода изворот Соленица му припаѓа на типот Na-Cl, а само еден примерок му припаѓа на типот Ca-SO<sub>4</sub>. Хидрохемиските карактеристики на изворот се претставени на Piper-дијаграм.

**Клучни зборови:** хидрохемија, извор Соленица, Piper-дијаграм

### ABSTRACT

The hydrochemical features of the Solenica water spring (village Slatina, Macedonian Brod) were analyzed. The spring is located on the fault line between two tectonic units: Pelagonian horst-anticlinorium and Western Macedonian zone i.e. between dolomite marble and schists, metasandstone and quartzite. The analyses of the water (pH, conductivity, concentration of Ca, Mg, Na, K, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) were performed once a month in the period December 2011 - November 2012. The results showed that the water has origin from deep layers of the crust. The water of Solenica spring belongs to Na-Cl type (only one sample belonged to Ca-SO<sub>4</sub> type). Hydrochemical features of the Solenica water spring are represented by Piper-diagram.

**Key words:** hydrochemistry, Solenica water spring, Piper diagram

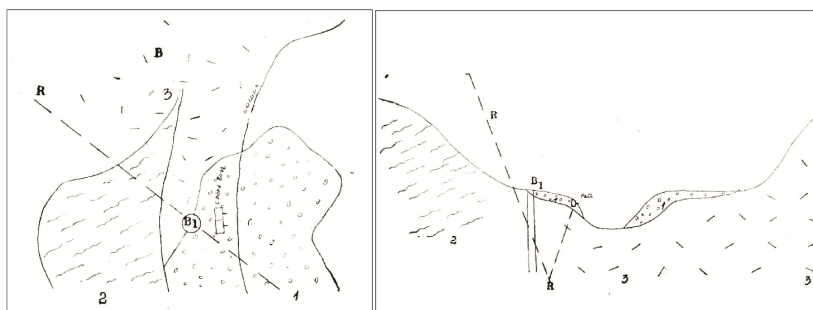
## ВОБЕД

Интеракцијата меѓу подземните води и карпите, низ кои се движат водите, може да се интерпретира преку хемија на водите. Хемиските карактеристики на подземните води се многу динамични и тие зависат од геолошките и од хидрогеолошките карактеристики на просторот во кои се формирани. Затоа, определувањето на типот на вода е корисен за осознавање на хидрохемиските процеси под површината на земјата, а преку него се добиваат и информации за потеклото на водата. Голем број методи, базирани на различни физички и хемиски карактеристики на водата, даваат можност за класификација, компарација и анализа на подземните води.

Од големиот број методи што се однесуваат на анализата на хидрохемиските карактеристики на подземните води, за потребите на овој труд, е одбран методот на Piper (1944). Овој дијаграм е трилинеарен метод со кој се интерпретираат резултати за еден извор или за група извори. Тој е развиен независно од дијаграмот на Hill (1940), кој, на сличен начин, ги прикажува резултатите. Денес Piper-дијаграмот, со мали промени од оригиналот, е широко прифатен од хидрогеолозите во Европа и во САД.

## ИСТРАЖУВАНО ПОДРАЧЈЕ

Изворот Соленица се наоѓа во атарот на село Слатина, околу 15 km северно од Македонски Брод. Во геолошки поглед изворот е лоциран на раседна зона, која ги двои тектонските единици Пелагониски хорст-антиклинориум и Западномакедонска зона (сл. 1). Првата е изградена од прекамбриски доломитски мермери во кои се јавуваат прослојки од калцитски и калцитско-доломитски мермери, а втората – од: палеозојски шкрилци, метапесочници и кварцити (Думурџанов и др., 1979).



Сл. 1. Геолошки приказ на изворот Соленица – без размер (според Јенко, 1956):  
1. чакал, 2. шкрилци, 3. доломит, R-расед; Fig. 1 Geological view of the Solenica spring  
1. gravel, 2. schists, 3. dolomite, R-fault

Издашноста на изворот Соленица е тешко е да се измери, бидејќи неговата вода се акумулира во две каптажи (кладенци) и од нив истекува во тенки млазеви. Сепак, преку равенство за издашност и специфична спроводливост меѓу изворот и површинскиот водотек на Марковска Река во кој изворот Соленица партиципира приближно е определена издашноста на изворот на околу 50 – 100 g/sec.

## МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Примероци на вода за анализа (1,5 l) се земани од едната каптажа на изворот Соленица. Водата е собирана во чисти пластични шишиња. Специфичната спроводливост и рН се мерени на терен со користење на теренски кит. Хемиските карактеристики на водата се анализирани во Институтот за биологија при Природно математички факултет – Скопје. Теренските и лабораториските истражувања се спроведувани еднаш месечно, во период од декември 2011 до ноември 2012 година. За месеците февруари и септември 2012 година не се земени примероци вода.

По земањето на примероците вода за анализа на терен, тие беа чувани во фрижидер на температура од +4°C и беа анализирани во текот на наредните 2 – 3 денови.

1. Точно 400 ml вода беа искористени за определување на катјоните и на фосфорот, по претходно концентрирање. Концентрирањето беше вршено со додавање на 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и со загревање на електрично решо, сè до мал волумен на растворот (околу 5 ml). Добиениот концентрат беше согоруван со додавање на 5 ml HNO<sub>3</sub> и 0,5 ml HClO<sub>4</sub> и со загревање на песочно купатило. Согорениот материјал беше растворен со дестилирана вода во тиквички од 25 ml и беше чуван во пластични епрувети на температура од +4°C. Определувањето на катјоните (Ca, Mg, Na, K) беше извршено на атомски апсорпциски спектрометар Agilent 55Z. Вкупниот фосфор беше определен по методот на Fiske and Subarow (1925).
2. Околу 250 ml вода беше филтрирана со бавна филтрација со филтерна хартија Whatman, сина лента. Хлоридите (Cl<sup>-</sup>) беа определени со аргентометриска микротитрација по методот на Mohr (SZZZ, 1990). Сулфатите (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) беа одредувани по методот на Dévai et al. (1973). Бикарбонатите (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) беа пресметувани по формула CaCO<sub>3</sub>/1,22. Вкупно растворените материи беа пресметани по формула 0,64×кондуктивност.

Графичкото презентирање на хидрохемиските карактеристики на водата е прикажано со Piper-дијаграм. Вкупните концентрации на катјони и анјони се изразуваат во meq·l<sup>-1</sup> или mg·l<sup>-1</sup> и тие се прикажуваат на два одделни триаголници. Проекциите на прикажаните точки од

триаголниците се нанесуваат во централното поле во форма на ромб, кое го покажува типот на вода.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

### Квалитет на вода

Податоците за квалитетот на вода на изворот Соленица се прикажани во табела 1. Сите примероци на вода се алкални, со рН-вредност во интервал од 7,6 до 8,3. Специфичната спроводливост, која говори за степенот на минерализација, осцилира во интервал меѓу  $3000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  и  $8300 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Ваквите вредности посочуваат на висока концентрација на јони. Вкупно, растворените материи се во корелација со кондуктивитетот, па затоа се евидентирани и повисоки вредности, од 1920 до  $5312 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Вредностите за кондуктивитет и вкупно растворените материи всушност посочуваат на високо растворени карбонати, хлориди, нитрати и сулфати, како и на калциум, водород, магнезиум, калиум и натриум.

$\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  се главни катјони, а  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  се главни анјони во примероците вода. Водата има сложен јонски состав, а  $\text{NaCl}$  е доминантно растворена група поради што и вкусот на водата е солен. Големите концентрации на натриум и хлориди воедно укажуваат дека потеклото на водата е од големи длабочини.

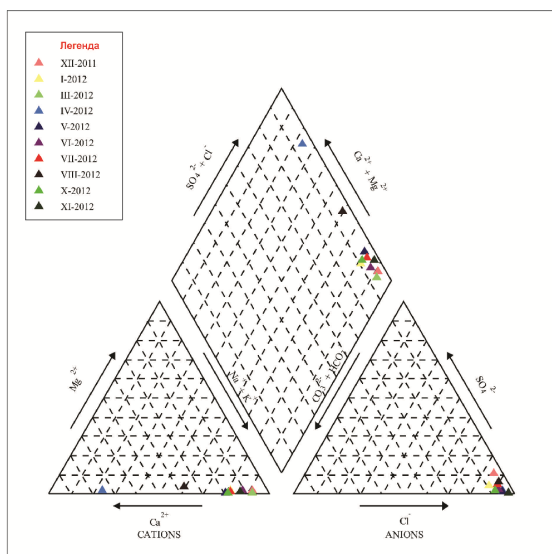
Анализираните примероци вода имаат голема содржина на натриум ( $58,31\text{--}2452,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) и калиум ( $2,72\text{--}11,60 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Збогатувањето на водата со овие елементи е поради присуството на фелдспати (ортокласи и плагиокласи) богати со  $\text{Na}$  и  $\text{K}$ , кои се распаднале под дејство на  $\text{CO}_2$  и други растворливи агенси во водата (Јенко, 1956). Концентрациите на натриум се во корелација со минерализацијата, па поради тоа и вредностите се високо изразени. Хлоридите се карактеристични за подземните води, кои потекнуваат од длабоки водоносни хоризонти. Тие се застапени во интервал од 3 000 до  $7300 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , поради што водата е солена. Сулфатите се силно изразени во водниот раствор и се во концентрација од 65,04 до  $722,08 \text{ mg/l}$ . Нивното потекло е веројатно од распаѓање на гипс и анхидрит или од оксидација на сулфидни минерали. Концентрациите на калциум, бикарбонати и магнезиум се во интервалите  $75,63\text{--}263,88$ ,  $169,19\text{--}598,64$  и  $2,63\text{--}17,23 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , соодветно. Присуството на овие материи во поголеми концентрации укажува на интензивно хемиско распаѓање на карбонати (доломит, варовник), кои се карактеристични за карбонатната серија.

Табела 1. Хидрохемиски карактеристики на изворот Соленица.  
Table 1. Hydrochemical features for the Solenica spring.

дата	pH	ЕС ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TDS	катјони (mg/l)				анјони (mg/l)		
				Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
03.12.2011	8,0	3000	1920	95,63	14,45	1412,5	8,23	4090,0	722,08	244,52
08.01.2012	8,0	3200	2048	263,88	17,23	1452,5	8,36	4160,0	298,21	598,64
24.03.2012	8,2	4100	2624	173,88	11,78	2452,5	7,53	5410,0	261,90	395,90
15.04.2012	8,3	8300	5312	166,63	2,63	58,3	2,72	7300,0	173,42	350,29
06.05.2012	7,8	4200	2688	238,25	6,95	1122,5	6,80	6820,0	120,34	511,57
22.06.2012	7,6	3000	1920	134,48	12,70	1171,2	11,60	3160,0	108,81	318,25
21.07.2012	7,9	3200	2048	119,81	4,88	665,0	5,80	3400,0	245,49	261,91
25.08.2012	8,0	3850	2464	76,83	4,93	139,0	6,83	3000,0	286,47	174,00
02.10.2012	8,0	7380	4723	231,64	6,03	1162,5	9,19	4820,0	117,24	494,93
23.11.2012	7,9	8300	5312	75,63	4,23	602,5	4,95	5400,0	65,04	169,19
Minimum	7,6	3000	1920	75,63	2,63	58,3	2,72	3000,0	65,04	169,19
Maximum	8,3	8300	5312	263,88	17,23	2452,5	11,60	7300,0	722,08	598,64
Ср.Вред.	7,9	4853	3105	157,66	8,58	1023,8	7,20	4756,0	239,9	351,92

### Тип на вода

Со користење на аналитичките податоци добиени од хидрохемиските анализи за изворот Соленица е изработен Piper-дијаграм (сл. 2). Дијаграмот ја покажува зависноста меѓу типот на карпа и составот на водата, односно може да се определени типот на вода и потеклото на водата. Девет примероци вода графички му припаѓаат на десниот агол од ромбот во Piper-дијаграм што покажува дека водата е *солена* (Hounslow, 1995). Исто така, девет анализирани примероци му припаѓаат на десниот агол од двата триаголници, кои ги претставуваат катјоните и анјоните, односно посочуваат дека водата му припаѓа на типот Na-Cl и укажуваат на морска вода. Нивното потекло е од длабоки подземни води. Еден анализиран примерок на вода, кој графички е прикажан приближно во левиот агол од триаголникот за катјони, му припаѓа на типот на вода Ca-SO<sub>4</sub>. Тој е со потекло од подземни води, кои се во контакт со гипс.



Сл. 2, Piper-дијаграм; Fig. 2, Piper diagram.

## ЗАКЛУЧОК

Резултатите од хидрохемиските анализи на изворот Соленица покажуваат дека неговата вода е алкална. Изворот има висока минерализација како резултат на високо растворени: карбонати, хлориди, нитрати и сулфати, како и: калциум, водород, магнезиум, калиум и натриум. Главните процеси што го контролираат квалитетот на вода е распаѓањето на силикатни и карбонатни минерали. Овие минерали се карактеристични за некарбонатната и карбонатната серија, кои се одвоени со расед, а вдолж, кој е формиран изворот. Изворот има солена вода поради поголемото присуство на натриум и на хлориди. Овие елементи истовремено покажуваат и дека водата потекнува од големи длабочини. Хидрохемиските карактеристики на изворот Соленица се претставени графички со Piper-дијаграм. Според типот на водата изворот му припаѓа на типот Na-Cl, а само еден примерок му припаѓа на типот Ca-SO<sub>4</sub>.

## ЛИТЕРАТУРА

- Dévai I., Horváth K., Dévai Gy.(1973): Sulphate content determination of natural waters and description of a new photometric procedure (in Hungarian). Acta. Biol. Debrecina, 10-11, 129-142
- Думуриџанов Н., Стојанов Р., Петровски К. (1979): Толкувач на листот Крушево К 34-91, Белград, 58.
- Fiske C.H., Subbarow Y. (1925): The colorimetric determination of phosphorus. J BiolChem 66, 375-383.
- Hill R.A. (1940): Geochemical patterns in Coachella Valley, California. Transactions of the American Geophysical Union, v. 21, 46-53.
- Hounslow A. W. (1995): Water Quality Data: Analysis and Interpretation. Lewis publishers, Boca Raton, New York, 397 pp.
- Јенко К. (1956): За појавите на слана вода во Сланско и Слатино кај Брод Македонски, околија Кичевска. Труд. на геолошки завод 5, Скопје, 245-250.
- Piper A.M. (1944): A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Transactions of the American Geophysical Union, v. 25, 914-923.

## HYDROCHEMICAL FEATURES OF THE SOLENICA WATER SPRING

Biljana GIČEVSKI, Slavčo HRISTOVSKI

## SUMMARY

The hydrochemical features of the Solenica water spring (vilage Slatina, Makedonski Brod) were analyzed. The spring is located on the fault between two tectonic units: Pelagonian horst-anticlinorium and Western Macedonian zone. The first one is consisted with dolomite marble with pre-Cambrian age and the second one with schists, metasandstone and quartzite with Paleozoic age.

The analyses of the water (pH, conductivity, concentration of Ca, Mg, Na, K, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) were performed once a month in the period December 2011 - November 2012. According to the pH index the water belongs to the water group characterized by alkaline reaction. The spring has a high mineralization. Major process controlling the water quality is the silicate and carbonate weathering. These minerals are characterized with noncarbonate and carbonate rocks which are separated by fault line. The spring has salt water because of Na and Cl<sup>-</sup> content. The water has origin from deep layers of the crust. Hydrochemical features of the Solenica water spring are represented by Piper-diagram. The water belongs to Na-Cl type (only one sample belonged to Ca-SO<sub>4</sub> type).