

Балнеолошка класификација минералних вода Србије

Оливера Крунић, Станко Сорајић

Департаман за хидрогеологију, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија

КРАТАК САДРЖАЈ

Увод Приказана балнеолошка класификација узима у обзир све основне генетске типове и видове минералних вода независно од њиховог места појављивања и практичног значаја. На примеру минералних вода Србије показана је могућност њене примене, уз бржу, тачнију, једноставнију и, што је најважније, обједињену стручну оцену минералних вода с лековитог аспекта.

Циљ рада Циљ рада је био да се прикажу комплексност и међусобна повезаност свих активности при откривању основне везе и закономерности на релацији хидрогеолошке средине и здравља човека.

Методе рада Сва досадашња дугогодишња детаљна геолошка, хидрогеолошка, хидрохемијска, балнеолошка и бројна друга истраживања мултидисциплинарног типа, са својим специфичним методама и резултатима истраживања, уз њихову анализу и синтезу, послужила су као основа за израду рада.

Резултати Из прегледа досадашњих класификација очигледно је да се њиховим упоређивањем могу наћи заједнички елементи, али не и адекватно искоришћавање при заснивању класификационих схема, из чега проистиче констатација да је мало свеобухватних класификација које одражавају услове формирања, постојања, обнављања и истицања минералних вода, што је основа за примену у балнеологији.

Закључак Применом ове класификације сви који се баве истраживањем и коришћењем минералних вода представљали би их и третирали на јасан, прегледан и обједињен начин, заснован на научно потврђеним основама.

Кључне речи: хидрогеологија; генеза; балнеологија; минералне воде; класификација; Србија

УВОД

Балнеолошка класификација још није доживела одговарајућу примену. Ипак, то не умањује њен значај на садашњем нивоу познавања појава и лежишта минералних, термалних и термоминералних вода.

Најкраће речено, структура класификације подразумева: 1) геохемијску и геолошку средину и типичне комплексе стена у оквиру којих се формирају минералне воде; 2) основни јонски и гасни састав минералних вода, као и поменуте специфичне микрокомпоненте; 3) вероватно, примарно порекло вода; 4) основне и специфичне процесе формирања хемијског састава вода; 5) вероватну температуру различитих типова вода; и 6) геохемијски „немогуће“ типове вода, чије је постојање у одређеним геохемијским условима немогуће или мало вероватно.

ЦИЉ РАДА

Хидрогеологија, због обиља корисних података о маломинерализованим и минералним, термалним и термоминералним водама у резултату свих истраживања, пружа велики број информација који говоре о њиховом неоспорном утицају, како на очување здравља човека, тако и на лечење оболелих особа, које се већ вековима примењује у бројним

бањама Србије. Циљ овог рада био је да се прикаже класификација која узима у обзир све основне типове минералних вода које налазимо у бањама Србије, независно од места појављивања и практичног значаја. У томе је генетска класификација послужила као основа за балнеолошку, што је радом доказано.

МЕТОДЕ РАДА

У свим наукама важи начело да од предмета истраживања зависи и научна метода која је за то погодна, заправо, онај смишљени поступак којем је сврха да се помоћу њега реши постављени проблем. За прочување тако сложених појава као што су минералне воде морају се примењивати многе методе, које су при том и различите, а најчешће се за решавање користи већи број метода заједно, тј. одговарајућа методологија истраживања. Многе од њих развиле су се у оквиру других наука, најчешће су служиле за изучавање проблематике која није у суштини хидрогеолошка, али су имале извесно хидрогеолошко значење, каква је и тема којом се бави овај рад. Избор методологије истраживања био је условљен постављеним истраживачким задатком, а то је: што потпуније упознавање појава и лежишта минералних вода, посебно оних које, с аспекта коришћења у лековите сврхе, заслужују посебну па-

жњу. Радом су обухваћена лабораторијска и теренска истраживања. Пратила су их и одговарајућа теоретска истраживања ради уопштавања постигнутих резултата и одређивање смерница будућих истраживања кроз израду студија, пројеката, графичке документације и сл., као основе за континуирану надградњу у истраживању и проучавању.

Студија је обухватила:

А) Претходна истраживања

- прикупљање, одабир, анализа и реинтерпретација постојеће публиковане и фондовске документације (за више од 300 регистрованих појава минералних, термалних и термоминералних вода Србије);
- прикупљање неопходних подлога и реинтерпретација постојеће публиковане и фондовске литературе;
- неопходне подлоге за даља истраживања (основне и наменске карте);
- дефинисање маршрута за извођење теренских истраживања

Б) Теренска истраживања

- мерење издашности, основни параметри физичких својстава и хемијског састава минералних вода;
- узорковање за израду скраћених и комплетних хемијских анализа минералних вода

В) Лабораторијска истраживања

- израда хемијских, гасних, радиоактивних, бактериолошких, микробиолошких и изотопских анализа минералних вода

Г) Кабинетски рад

- обрада, анализа и интерпретација добијених података у ранијим фазама истраживања.

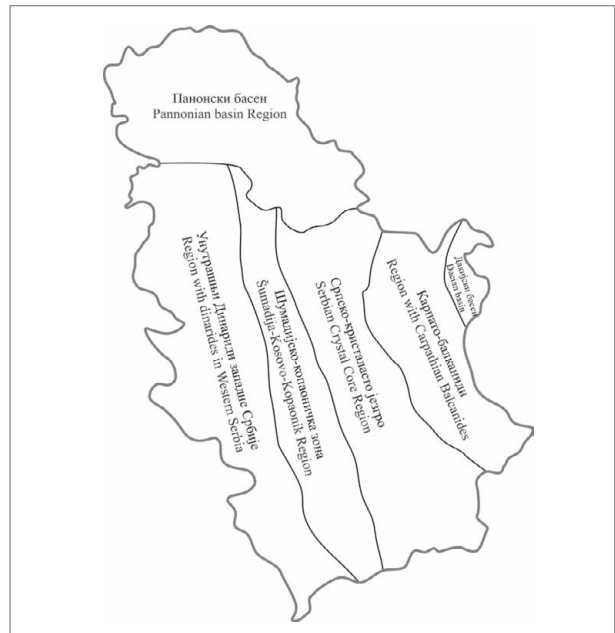
Након ових фундаменталних хидрогеолошких истраживања, која су трајала неколико десетина година, прикупили су се подаци неопходни за формирање класификационе схеме. Применљиви део је у надлежности балнеологије, гране медицинских наука.

РЕЗУЛТАТИ

На територији Србије, у оквиру шест хидрогеолошких рејона (Слика 1), издвојене су одређене класе и поткласе минералних вода на основу анјонског и катјонског састава, као и групе, подгрупе и типови минералних вода с балнеолошког аспекта, чега досад у пракси није било. Класификација Иванова [3, 4] применљива је и прилагођена нашим искуствима и потребама (Табела 1).

Рејон Дакијског басена (1)

Досад нису регистроване појаве природног истицања минералних, термалних и термоминералних вода, мада се у раду Лека и сарадника [5] помиње извор минералне воде са 9,408 g/l сувог остатка који је изградњом Хидроелектране „Ђердап“ потопљен.



Слика 1. Хидрогеолошки рејони Србије
Figure 1. Hydrogeological regions of Serbia

Табела 1. Основне балнеолошке групе вода [4]
Table 1. General balneologic groups of water [4]

Групе Groups		Основне подгрупе према гасном саставу Basic subgroups on the basis of gas composition	
A	Без специфичних компонента и својстава Containing no specific components and characteristics	a	Азотне Water containing nitrogen
		b	Метанске Water containing methane
B	Угљокиселе (CO_2) Carbonated (CO_2)	a	Угљокиселе Carbonated
V	Сулфидне (H_2S, HS) Water containing hydrogen sulfide (H_2S, HS)	a	Азотне Water containing nitrogen
		b	Метанске Water containing methane
		v	Угљокиселе Carbonated
G	Гвожђевите (Fe), арсенске (As) и с високим садржајем Mn, Cu, Al, Zn Ferriferous water (Fe), water containing arsenic (As) and water with high content of Mn, Cu, Al, Zn	a	Азотне Water containing nitrogen
		b	Угљокиселе Carbonated
D	Бромне (Br), јодне (I) и с високим садржајем органског материја Water containing bromine (Br), iodine (I) and water with high content of organic matter	a	Азотне Water containing nitrogen
		b	Метанске Water containing methane
E	Радонске (Rn) Water containing radon (Rn)	a	Азотне Water containing nitrogen
		b	Угљокиселе Carbonated
Ž	Силицијумске терме ($H_2SiO_3, HSiO_3$) Thermal water with silicon content ($H_2SiO_3, HSiO_3$)	a	Азотне Water containing nitrogen
		b	Метанске Water containing methane
		v	Угљокиселе Carbonated

Рејон Карпато-балканида (2)

Према гасном саставу, припадају азотној подгрупи, са садржајем од 80% до 90% запремине, осим појаве у Нересници, која припада подгрупи слабо угљокиселих вода. Сулфидних вода (група „В“) практично нема јер није утврђен садржај сумпорводоника и водоник-сулфида већи од 10 mg/l. Припадност вода групи „Г“ је слабо изражена, с вероватноћом за њену појаву у оквиру распрострањења орудњених зона. У групи „Д“ има знатних одступања. Садржаји брома и јода су мањи од 25, тј. 5 mg/l. Према садржају брома, истиче се појава у Нересници. Од халогених елемената, повишени садржај флуора јавља се у: Нересници, Шарбановцу, Сумраковцу и Николичеву. Радонских вода (група „Е“) има у Сокобањи, Нишкој бањи и Миљковцу. Групи „Ж“ или тзв. силицијумским термама, без посебно наглашеног садржаја силицијум-диоксида, припадају воде: Шарбановца, Брестовачке бање (50 mg/l), Сумраковца (45 mg/l), Малог Лаола и Гамзиградске бање, са садржајима 30–50 mg/l (Табела 2) [6, 7].

Минералне воде рејона Карпато-балканида имају минерализацију до 1 g/l, термалне су, с температуром 20–34°C, рН вредношћу 6,5–8,4, претежно хидрокарбонатне класе, калцијумске или калцијумско-магнезијумске поткласе (Табеле 3 и 4).

Рејон Српског кристалног језгра (3)

У овом рејону највећи број појава минералних вода припада групи, односно подгрупи угљокиселих вода – 19, док подгрупи азотних припада десет појава. Нема појава које би се сврстале у групу „В“ (сулфидних вода) зато што је садржај ових компонената низак (<10 mg/l), али је постојање H_2S и HS доказано у Кулинској бањи, Сувој чесми, Туларској бањи, Сијаринској бањи, Врањској бањи и др. У групи „Г“ су, пре свега, појаве минералних вода с наглашеним садржајем гвожђа: Миращевац, Својиново, Ђавоља варош, Туларска, Сијаринска и Бујановачка бања. С повишеним садржајем мангана одликују се воде у Орашју, Миращевцу и Ђавољој вароши. С наглашеним садржајем Al_2O_3 истичу се Паланачки кисељак, Ђавоља варош и Бујановачка бања, док се повишен садржај цинка везује за Ђавољу варош, Велику врбицу и Церовац. У групи „Д“ нема вода с изразито наглашеним садржајем брома, али се повећаним садржајем одликују појаве у Југову, Паланачком кисељаку и Церовцу, али далеко испод предвиђене норме. У групу борних вода, са садржајем већим од 35 mg/l, могу се сврстати и воде у Југову, Паланачком кисељаку, Жарево, Сувој чесми, Вучкој бањи и Сијаринској бањи. Слично је и са садржајем јода, али зато садржај флуора од преко 5 mg/l сврстава их у флуорне воде: Паланачки кисељак, Сува чесма, Врањска и Бујановачка бања. Повишен садржај стронцијума везан је за Југово, Жабаре, Туларску и Сијаринску бању (више од 3 mg/l); вредности 1,23–3,1 mg/l су за садржај литијума – Југово, Ломница, Туларска и Бујановачка бања. Присутност вода

групе „Е“, а радонске посебно, углавном није типичан за минералне воде овога рејона (норма је 185 Bq/l). У групи „Ж“, тј. у силицијумске воде са садржајем SiO_2 већим од 50 mg/l, припадају воде следећих бања: Паланачки кисељак, Орашје, Рибарска, Кулинска, Вичка, Пролом и Врањска бања (Табеле 2 и 3) [6, 7].

Минералне воде Српског кристалног басена су, изузев Ђавоље вароши и Југова, са минерализацијом преко 5 g/l. То су хладне и термалне воде с температуром од 10,5 до 95°C и рН вредношћу од 3,5 (Ђавоља варош, Пролом бања) до 9 (Рибарска и Кулинска бања). Највећи број појава припада класи хидрокарбонатних вода натријумске и калцијумско-магнезијумске поткласе или класи хидрокарбонатно-сулфатних вода, такође натријумске или калцијумско-магнезијумске поткласе (Табеле 3 и 4).

Рејон Шумадијско-копаоничко-косовске области (4)

Више од половине анализираних појава, по основу гасног састава, припада групи угљокиселих вода, док остале појаве припадају азотном типу. За разлику од претходних рејона, у овоме могу да се издвоје сулфидне воде, група „В“. То су минералне воде Матарушке и Бање Слатине. Групи „Г“ припадале би појаве минералних вода са садржајем Fe_2O_3 већим од 20 mg/l: Крушевица, Жарево, Кисела бања, Поклек, Носање, Беланце, Кисела вода. Ситуација са групом „Д“ и садржајем флуора већим од 5 mg/l је следећа: Партизани, Танкосића Слатина и Вреоци. Групи „Д“ припадају воде Кораћичке бање због садржаја јода од 6 mg/l. Више од 35 mg/l HBO_2 имају воде у Селтерсу, Бањи Слатини, Магову, Куршумлијској бањи, Клокоту, Гојбуњи, Носању, Житињу, Баљевцу, па се могу издвојити у борне воде. Изразито радонских вода (група „Е“) у овом рејону нема. Изнад границе од 185 Bq/l налазе се воде у Брајковцу и Понешу. Групи „Ж“, силицијумским водама, припадају воде са садржајем SiO_2 већим од 50 mg/l: Партизани, Оњег, Гараши, Буковичка бања, Врњачка бања – Снежник, Бели извор, Јошаничка, Луковска и Куршумлијска бања, Љушта, Кисела бања, Поклек, Носање, Клокот бања и Кисела вода (Табеле 2 и 3). Треба истаћи да више од 34 појаве одликује повишени садржај ове компоненте, чије су границе 20–50 mg/l. Наглашени садржај стронцијума од преко 5 mg/l одликује воде у Лештанима, Рудовцима, Чибутковици, Житињу и Црнишеви. Више од 5 mg/l литијума специфичне су за Селтерс, Чибутковицу и Буковичку бању [6, 7].

Према томе, 53 појаве овог рејона имају минерализацију мању од 2 g/l, 19 појава минерализацију 2–3 g/l, 11 појава 3–5 g/l, а шест минерализацију већу од 5 g/l. Тридесет појава су хладне воде, 15 има повишену температуру до 20°C, 44 имају температуру 20–35°C, а 10 већу од 35°C. Вредност рН једне појаве је мања од 5,5, 44 појаве су благо киселе воде са рН 5,5–6,8, а 15 појава је у границама неутралних 6,8–7,2; слабо алкалним водама припада 21 појава, а алкалном типу

Табела 2. Одлике најзначајнијих појава минералних вода у Србији
Table 2. Characteristics of the most important springs of mineral waters in Serbia

Бр. No	Појаве Occurrence	Литолошки састав Lithological structure	TDS (g/l)	Основни генетски тип Basic genetic type	Температура (°C) Temperature (°C)	Издашност (l/s) Well yield (l/s)	Степен истражености Level of research
1	Бања Канџижа Kanjiža Spa	S	1.6-4.3	HCO ₃ -Na	27-63	19	U
2	Јунаковић бања Junaković Spa	S	5.8-6.6	Cl-HCO ₃ -Na	46-49	20	U
3	Бечеј Вецеј	S	4.0	Cl-HCO ₃ -Na	65	25	U
4	Врдник Vrdnik	L	1.9	HCO ₃ -SO ₄ -Mg,Ca	33	45	U
5	Бања Селтерс Selters Spa	L	7.2	HCO ₃ Cl-Na	32-60	20	U
6	Паланачки кисељак Palanački kiseljak	L	8	HCO ₃ Cl-Na	50	4	P, U
7	Љиг бања Ljig Spa	S	1.32	HCO ₃ -Na	33	4	U
8	Бања Ковиљача Koviljača Spa	L	1.42	HCO ₃ -Na,Ca,Mg	30	20	U
9	Буковичка бања Bukovica Spa	L	4.32	HCO ₃ -Na	31-34	3	U
10	Горња Трепча Горња Трпча	V	0.57	HCO ₃ -Mg,Ca	27-31	21	U
11	Овчар бања Овчар Spa	L	0.7	HCO ₃ -Ca,Mg	36-38	50	P, U
12	Врњачка бања Vrnjačka Spa	M	2.9	HCO ₃ -Na	36	6	U
13	Матарушка бања Mataruška Spa	V	1.5	HCO ₃ -Na,Mg	25-51	72	U
14	Боготовац Bogutovac	S	0.50	HCO ₃ -Mg,Ca	25	10	R
15	Рибарска бања Ribarska Spa	M, G	0.4	HCO ₃ SO-Na	44	37	U
16	Брестовачка бања Brestovačka Spa	V	0.71	SO ₄ -Na,Ca	20-41	7	U
17	Гамзиградска бања Gamzigradska Spa	L	0.65	HCO ₃ Cl-Na	30-42	10	U
18	Сокобања Soko Spa	L	0.55	HCO ₃ -Ca,Mg	22-46	25	U
19	Прибојска бања Pribojška Spa	L	0.4	HCO ₃ -Ca,Mg	36	70	U
20	Луковска бања Lukovska Spa	L	1.9	HCO ₃ -Na,Mg,Ca	64-67	12	U
21	Нишка бања Niška Spa	L	0.45	HCO ₃ -Ca	37	35	U
22	Јошаничка бања Jošanička Spa	G, M	3.25	HCO ₃ Cl-Na	50-77	19	P, U
23	Куршумлијска бања Kuršumlijska Spa	L, M, V	3.1	HCO ₃ -Na	64	16	P
24	Пролом бања Prolom Spa	V	0.22	HCO ₃ -Na	31	10	U
25	Сијаринска бања Sijarinska Spa	M	4.75	HCO ₃ -Na	61-76	36	P, U
26	Новопазарска бања Novopazarska Spa	L	1.6	HCO ₃ -Na	51	5	P, U
27	Звоначка бања Zvonačka Spa	L	0.42	HCO ₃ -Ca	28	5	N
28	Врањска бања Vranjska Spa	G, M	1.4	HCO ₃ SO ₄ -Na	63-95	80	P, U
29	Бујановачка бања Bujanovačka Spa	S, G	4.8	HCO ₃ -Na	42	7	U
30	Николичево Nikoličevo	V	6.40	HCO ₃ -Na	24	-	R
31	Сува чесма Suva česma	M	4.2	HCO ₃ -Na	24	-	P
32	Шарбановац Šarbanovac	V	3.13	HCO ₃ SO ₄ -Na	29	-	R
33	Миљковац Miljkovac	L	5.86	HCO ₃ -Ca,Mg	33	-	N
34	Звоначка бања Zvonačka Spa	L	4.16	HCO ₃ -Ca	28	-	N
35	Ргошка бања Rgoška Spa	L	5.0	HCO ₃ -Ca,Mg	30	-	R
36	Бања Врујци Vrujci Spa	L	4.6	HCO ₃ -Ca,Mg	27	-	P
37	Богатић Bogatić	L	8.60	HCO ₃ -Na	80	-	P
38	Дубље Dublje	L	9.86	HCO ₃ -Na	50	-	P
Укупно Total						693	

L – кречњаци; S – пескови; G – гранити; M – метаморфити; V – вулканити; N – идентификован локалитет, неоцењен; R – регионална оцена; P – започета детаљна истраживања; U – комерцијално коришћење
 L – limestone; S – sand; G – granite; M – metamorphic rocks; V – volcanic rocks; N – unidentified locality, unevaluated; R – regional evaluation; P – started detailed research; U – commercial use

Табела 3. Генетска и балнеолошка класификација минералних вода Србије према класификацији Иванова [3]
Table 3. Genesis and balneological classification of mineral waters in Serbia according to Ivanov classification [3]

Рејон Region	Локалитет Locality	Формула хемијског састава Chemical formula	T (°C)	Класа Class	Поткласа Subclass	Гасни састав Gas composition	Специфичне компоненте Particular composition	Класификациони индекс Classification index
2	Брестовачка бања Brestovačka Spa	$M_{0,38-0,52} \frac{SO_{61-74}^4 \cdot HCO_{15-30}^3 \cdot Cl_{9-11}}{Ca_{49-68} \cdot Na+K_{28-40} \cdot Mg_{3-9}} Q=13$	17–41	$SO_4 \cdot HCO_3$ (III)	Ca-Na (4)	N_2	Mn, Zn, SiO_2 , Sr;	$\frac{B \text{ II } N_2}{III \text{ 4a } (SiO_2)}$
2	Сокобања Soko Spa	$M_{0,46} \frac{HCO_{81}^3 \cdot SO_{17}^4}{Ca_{66} \cdot Mg_{25}} Q>10$	43	HCO_3 (II)	Ca-Mg (2)	N_2	SiO_2 , Sr, Rn, Ra;	$\frac{B \text{ II } N_2}{III \text{ 2a } (SiO_2)}$
2	Нишка бања Niška Spa	$M_{0,27-0,41} \frac{HCO_{30}^3 \cdot SO_{11}^4 \cdot Cl_9}{Ca_{61} \cdot Mg_{26} \cdot Na+K_{13}} Q>9$	19.5–39.1	HCO_3 (II)	Ca (1)	N_2	SiO_2 , Sr, Rn, Ra;	$\frac{B \text{ II } N_2}{II \text{ 1a } (SiO_2)}$
3	Рибарска бања Ribarska Spa	$M_{0,31} \frac{HCO_{47}^3 \cdot SO_{26}^4 \cdot CO_{19}^2}{Na+K_{93}} Q>20,0$	38–56	HCO_3 (II)	Na (6)	$N_2 - O_2$	F, SiO_2	$\frac{B \text{ I-III } N_2 - O_2}{II \text{ 6b } (F, SiO_2)}$
3	Пролом бања Prolom Spa	$M_{0,17} \frac{HCO_{86}^3 \cdot Cl_8}{Na+K_{90} \cdot Ca_8} Q=0,4$	26.4	HCO_3 (II)	Na (6)	$N_2 - O_2$	Rn, SiO_2	$\frac{B \text{ I } N_2 - O_2}{II \text{ 6a } (SiO_2, Rn)}$
3	Сијеринска бања Sijerinska Spa	$M_{2,5-4,8} \frac{HCO_{71}^3 \cdot SO_{25}^4}{Na+K_{85} \cdot Ca_8 \cdot Mg_7} Q>20,0$	16–75	$HCO_3 - SO_4$ (III)	Na (6)	CO_2	F, Fe, Sr, Li, Rb, Mn, Ra	$\frac{B \text{ I-III } CO_2}{III \text{ 6a } (F, Fe, Sr, Rb)}$
3	Вранска бања Vranjska Spa	$M_{1,3} \frac{HCO_{50}^3 \cdot SO_{42}^4 \cdot Cl_8}{Na+K_{94} \cdot Ca_6} Q>60,0$	63–100	$HCO_3 - SO_4$ (III)	Na (6)	N_2	F, H_2S , Al, Sr, Li, Mn, SiO_2	$\frac{B \text{ I-III } N_2}{III \text{ 6a } (H_2S, SiO_2)}$
3	Бујановачка бања Vujanovačka Spa	$M_{4,95} \frac{HCO_{95}^3}{Na+K_{92}} Q \approx 6,0$	24.5–43	HCO_3 (II)	Na (6)	CO_2	F, Li, Sr, Rb, Cu, SiO_2	$\frac{B \text{ I } CO_2}{II \text{ 6a } (Sr, Rb, SiO_2)}$
4	Бања Селтерс Selters Spa	$M_{7,3-8,0} \frac{HCO_{55}^3 \cdot Cl_{44}}{Na+K_{94}} Q>5,0$	31–57	HCO_3, Cl (VII)	Na (1)	CO_2	F, Br, Li, Sr, Rb, Ba, Ra, HBO_2 , SiO_2	$\frac{B \text{ III } CO_2}{VII \text{ 1b } (F, Br, SiO_2)}$
4	Буковичка бања Bukovička Spa	$M_{2,2-5,0} \frac{HCO_{98}^3}{Na+K_{86} \cdot Ca_8} Q>5,0$	14–31	HCO_3 (II)	Na (6)	CO_2	Ra, F, Li, Sr, Rb, Ba, Rn, SiO_2	$\frac{B \text{ II-III } CO_2}{II \text{ 6a } (Ra, F, SiO_2)}$
4	Љиг бања Ljig Spa	$M_{0,86} \frac{HCO_{93}^3}{Na+K_{76} \cdot Ca_{13} \cdot Mg_{10}} Q>3,0$	30–33	HCO_3 (II)	Na (6)	N_2	F, Li, Sr, Mn, Zn, SiO_2	$\frac{B \text{ II } N_2}{II \text{ 6a } (SiO_2)}$
4	Горња Трепча Gornja treпча	$M_{0,52} \frac{HCO_{93}^3}{Mg_{74} \cdot Ca_{19}} Q>20,0$	31	HCO_3 (II)	Mg-Ca (2)	N_2	Cs, Sr, SiO_2	$\frac{B \text{ II-III } N_2}{II \text{ 2a } (Cs, Sr, SiO_2)}$
4	Матарушка бања Mataruška Spa	$M_{1,39-1,48} \frac{HCO_{87}^3 \cdot Cl_{10}}{Na+K_{57} \cdot Mg_{26} \cdot Ca_{14}} Q>10,0$	21–42.8	HCO_3 (II)	Na-Mg (5)	N_2	H_2S , F, Cs, Sr, Li, Rb, Mn, SiO_2	$\frac{B \text{ II-III } N_2}{II \text{ 5a } (H_2S, F, SiO_2)}$
4	Богutowачка бања Bogutovačka Spa	$M_{0,6} \frac{HCO_{92}^3}{Mg_{43} \cdot Ca_{29} \cdot Na+K_{28}} Q>3,0$	19–25	HCO_3 (II)	Mg- Ca- Na (3)	N_2	H_2S , Ra, F, Sr, SiO_2	$\frac{B \text{ III-IV } N_2}{II \text{ 3a } (H_2S, Ra, Fe)}$
4	Врњачка бања (Топли) Vrnjačka Spa	$M_{1,77} \frac{HCO_{97}^3}{Na+K_{70} \cdot Mg_{19} \cdot Ca_{11}} Q>6,0$	36	HCO_3 (II)	Na (6)	CO_2	Sr, Li, Rb, Ba, Cs, F, SiO_2	$\frac{B \text{ III-V } CO_2}{II \text{ 6a } (Sr, Li, Rb, SiO_2)}$
4	Јошаничка бања Jošanička Spa	$M_{0,3} \frac{CO^3 + HCO_{70}^3 \cdot Cl_{16} \cdot SO_{10}^4}{Na+K_{49} \cdot Mg_{24} \cdot Ca_{24}} Q>30,0$	22–78.5	HCO_3 (II)	Na-Mg-Ca (3)	N_2	H_2S , F, SiO_2	$\frac{B \text{ II } N_2}{II \text{ 3a } (H_2S, F, SiO_2)}$
4	Луковска бања Lukovska Spa	$M_{1,56} \frac{HCO_{87}^3 \cdot SO_{7}^4}{Na+K_{34} \cdot Mg_{32} \cdot Ca_{31}} Q>20,0$	24–61	HCO_3 (II)	Na-Mg-Ca (3)	CO_2	H_2S , F, Sr, Li, Zn, As, SiO_2	$\frac{B \text{ III-V } CO_2}{II \text{ 3a } (H_2S, F, SiO_2)}$
4	Куршумлијска бања Kuršumlijska Spa	$M_{3,12} \frac{HCO_{96}^3}{Na+K_{86} \cdot Mg_7} Q>10,0$	37–68	HCO_3 (II)	Na (6)	CO_2	H_2S , F, Li, Sr, HBO_2 , SiO_2	$\frac{B \text{ III-V } CO_2}{II \text{ 6a } (H_2S, F, SiO_2)}$
4	Новопазарска бања Novopazarska Spa	$M_{1,72} \frac{HCO_{92}^3}{Na+K_{79} \cdot Mg_{10}} Q>3,0$	30–54	HCO_3 (II)	Na (6)	N_2	H_2S , Ra, F, Li, Sr, Rb, Cs, SiO_2	$\frac{B \text{ III-V } N_2}{II \text{ 6a } (H_2S, Ra, F)}$
4	Бањска Banjska	$M_{1,36} \frac{HCO_{74}^3 \cdot Cl_{16}}{Na+K_{70} \cdot Mg_{13} \cdot Ca_{11}} Q>2,5$	31.5–54	HCO_3 (II)	Na (6)	N_2	H_2S , F, Li, Ba, Sr, SiO_2	$\frac{B \text{ II-V } N_2}{II \text{ 6a } (H_2S, F, SiO_2)}$
5	Бања Врдник Vrdnik Spa	$M_{0,89} \frac{HCO_{77}^3 \cdot SO_{16}^4}{Mg_{46} \cdot Na+K_{25} \cdot Ca_{25}} Q>6,0$	33	HCO_3 (II)	Mg-Na-Ca (3)	N_2	F, Sr, Ba, Li	$\frac{B \text{ III-IV } N_2}{II \text{ 3a } (F, Sr, Ba)}$
5	Бања Ковиљача Koviljača Spa	$M_{1,4} \frac{HCO_{79}^3 \cdot Cl_{20}}{Na+K_{41} \cdot Ca_{30} \cdot Mg_{27}} Q>20,0$	15–30	$HCO_3 - Cl$ (VII)	Na-Ca-Mg (3)	N_2	H_2S , Sr, Li, Ra	$\frac{B \text{ III-IV } N_2}{VII \text{ 3a } (H_2S, Sr, Li)}$
5	Радалјска бања Radaljska Spa	$M_{0,18} \frac{CO^3 + HCO_{78}^3 \cdot Cl_{13}}{Na+K_{89}} Q>5,0$	14.5–30	HCO_3 (II)	Na (6)	N_2	H_2S , F, Li, Ra, SiO_2	$\frac{B \text{ I } N_2}{II \text{ 6a } (H_2S, F, SiO_2)}$
5	Овчар бања Ovčar Spa	$M_{0,64} \frac{HCO_{90}^3}{Ca_{60} \cdot Mg_{32}} Q>30,0$	35–38	HCO_3 (II)	Ca-Mg (2)	N_2	H_2S , Sr, SiO_2	$\frac{B \text{ II-IV } N_2}{II \text{ 2a } (H_2S, Sr, SiO_2)}$

5	Прибојска бања Pribojska Spa	$M_{0,45} \frac{HCO_{91}^3}{Ca_{57}Mg_{38}} Q > 50,0$	36.5	$HCO_3(III)$	Ca-Mg (2)	N_2	SiO_2, Ra	$\frac{B \text{ II } N_2}{II \text{ 2a } (SiO_2, Ra)}$
6	Бања Меленци Melenci Spa	$M_{16,5} \frac{Cl_{88}HCO_8^3}{Na+K_{92}} Q = 0,25$	92	$Cl(VIII)$	Na (1)	CH_4	$F, Br, J, Fe, Ra, Sr, Ba, HPO_4$	$\frac{B \text{ III } CH_4}{VII \text{ b } (F, Br, J)}$
6	Бања Кањижа Kanjiža Spa	$M_{1,65-4,3} \frac{HCO_{82}^3 CO_{11}^3}{Na+K_{78}Ca_{12}} Q = 6,0$	27.5–63	$HCO_3(III)$	Na (6)	CH_4	F, Sr, Ba, HBO_2, SiO_2	$\frac{B \text{ III } CH_4}{II \text{ 6a } (F, HBO_2, SiO_2)}$
6	Јунаковић бања Junaković Spa	$M_{5,6-6,6} \frac{Cl_{60}HCO_{39}^3}{Na+K_{96}} Q > 1,0$	25–25.9	$Cl-HCO_3(VII)$	Na (1)	CH_4	HBO_2, SiO_2, Sr, Ba	$\frac{B \text{ III } CH_4}{VII \text{ 1b } (HBO_2, SiO_2)}$

четири појаве са pH већим од 8,5. Према гасном саставу, реч је о угљокиселим и азотним водама. Посебно се истичу кисељаци хидрокарбонатно-натријумског, хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијумског типа и хидрокарбонатно-магнезијумског типа. Класа хидрокарбонатних вода, у оквиру које је поткласа натријумских вода, заузима доминантно место; следи поткласа калцијумско-магнезијумских, натријумско-калцијумских, магнезијумско-натријумских, магнезијум-калцијумских и калцијумских вода. Од осталих класа треба поменути хидрокарбонатно-хлоридне, с натријумском поткласом, уз натријумско-магнезијумске, односно магнезијумско-калцијумске (Табеле 3 и 4).

Рејон Динарида западне Србије (5)

То је рејон у оквиру којег преовлађује азотни тип вода (43 појаве), у односу на угљокиселе, које су регистроване на 22 локалитета. Изразитих представника групе „В“ нема – јављају се, али испод предвиђених граница. У групи „Г“, од свих компонената, истиче се садржај Al_2O_3 у водама у Чечеву и Студеници, са више од 10 mg/l . Исто је и са групом „Д“. Према изразитој заступљености брома истичу се воде у Котроману (више од 35 mg/l). Са садржајем преко 5 mg/l флуора су воде: Рајчиновића бања, Слатински кисељак и Негришори (флуорне воде према класификацији). У групи „Е“ могу да се издвоје неке појаве радонских вода; то су воде Дежаве, Церске слатине и Бање Бадање. У групи „Ж“ неколико појава прелази граничне вредности: Церска слатина, Дубово и Пећка бања. Више од 10 mg/l метаборне киселине имају воде у Котражи, Приличком кисељаку, Рајчиновића бање и Чечеву (Табела 2) [6, 7].

Одлике овог рејона су: минералне воде са минерализацијом мањом од 1 g/l – 37 појава, док је пет појава са минерализацијом већом од 5 g/l . Двадесет појава има температуру до 15°C , а десет температуру већу од 35°C . Природу слабо киселих вода (pX 5,5–6,8) има 20 појава, а благо алкалних 28. На основу гасног састава преовлађује азотни тип вода (43), док су 22 појаве угљокиселе. На основу макросастава највећи број припада хидрокарбонатној класи (60 појава), са доминантним учешћем поткласе натријумских вода и поткласом калцијумско-магнезијумских вода (Табеле 3 и 4) [6, 7].

Рејон Панонског басена (6)

Ово је рејон угљоводоничних вода, иза којих су, према учесталости, воде азотног типа и угљокиселе воде. За овај рејон је типично постојање вода групе „В“ (сулфидне воде), с повишеним садржајем H_2S и HS , у опсегу $2\text{--}11 \text{ mg/l}$. Водама из групе „Г“ (гвожђевите, арсенске) није поклоњена пажња, али се очекује да оне постоје. За разлику од претходне групе, воде групе „Д“ (бромне, јодне, с високим садржајем органских материја) имају много запаженије место. У минералним водама Панонског басена приметне су и тзв. жуте воде из водоносних хоризонта до око 250 метара, које су последица повишеног садржаја органских материја. Најчешће се срећу следеће органске материје: органске киселине (карбоксилна, нафтенска и хуминска), феноли, органска једињења сложеног хемијског састава, минерална уља, масти и полициклични ароматични угљоводоници и аромати. Као пример минералних вода с повишеним садржајем флуора могу послужити воде Бање Русанде и Бање Кањиже. Воде с повишеним садржајем брома јављају се у Кули, Пригревици, Маглићу, Русанди и другим местима. Ово је рејон и јодних вода (Кула, Пригревица, Маглић, Бачки Моноштор). Када су у питању воде групе „Е“ (радонске), посебних истраживања није било, али на основу расположивих података познато је да су и оне заступљене и да је, по правилу, њихов садржај низак да би се издвојиле у посебну групу. Минералне воде групе „Ж“ такође постоје и, према тим параметрима, сврставају се у групу силицијумских вода (више од 50 mg/l): Врбица, Пригревица, Хоргош, Црна Бара, Бачки Моноштор (Табела 3). Ово је и рејон с повећаним садржајима Sr, Li, Ba, HBO_2 и HPO_4 [6, 7].

Минералне воде Панонског басена се одликују минерализацијом од више од 5 g/l . На основу гасног састава, ово је рејон угљоводоничних вода, хидрокарбонатне и хлоридне класе с одговарајућим поткласама, с натријумском поткласом, изузетно с натријумско-калцијумском, односно амонијум-натријумском поткласом (Табела 4). Ове воде имају повишене вредности pH , а у дубљим деловима Панонског басена могу се очекивати воде с температуром већом од 50°C , односно у опсегу $20\text{--}100^\circ\text{C}$ [6, 7]. С балнеолошког аспекта, најважније компоненте лековитих вода Панонског басена су: јод, бром, силицијум, стронцијум, литијум, бор, флуор и органске материје. Метасилицијумска и метаборна киселина чест су пратилац минералних – лековитих вода Панонског басена.

Табела 4. Преглед класа и поткласа минералних вода Србије у оквиру издвојених рејона
Table 4. Review of classes and subclasses of mineral waters in Serbia in the selected regions

Рејон Region	Класа Class	Поткласа Subclass																Σ
		Ca	Ca Mg	Ca Na	Ca Mg Na	Mg Na	Na	Ca Na Mg	Mg Ca	Mg Na Ca	Mg Ca Na	Na Ca	Na Mg	Na Ca Mg	Na Mg Ca	NH ₄ +Na	H Fe	
Рејон Карпато- балканида Region with Carpathian Balcanides	HCO ₃																	
	HCO ₃ -SO ₄	5	13		1									1				
	SO ₄ -HCO ₃						2											
	HCO ₃ -Cl-SO ₄							1					1					
Рејон Српског кристаластог језгра Serbian Crystal Core Region	HCO ₃													1				
	HCO ₃ -SO ₄		7		1		15				1	1						
	SO ₄ -HCO ₃		2				3											
	HCO ₃ -Cl						1											
	Cl-SO ₄						1							1				
	SO ₄																	1
	Cl		1															
Шумадијско- косовско- копаоничка област Šumadija- Kosovo- Kopaonik Region	HCO ₃						1											
	HCO ₃ -Cl	4	7		1	5	30	1	6	1	1	6	4	1	7			
	SO ₄ -HCO ₃						3		1				2	1				
	SO ₄ -Cl				1													
	Cl																1	
Рејон Динарида западне Србије Region with dinarides in Western Serbia	HCO ₃						1											
	HCO ₃ -SO ₄	2	21	2	1		24		2	1		5		2				
	HCO ₃ -Cl											1						
	Cl						2						1					
Рејон Панонског басена Pannonian Basin Region	HCO ₃						1											
	HCO ₃ -Cl						13					1						
	Cl-HCO ₃						3									1		
	Cl						5											
Укупно (%) Total (%)	10	11 (4.53)	51 (20.99)	3 (1.23)	4 (1.65)	5 (2.06)	113 (46.5)	2 (0.82)	9 (3.70)	2 (0.82)	2 (0.82)	17 (7.0)	8 (3.3)	6 (2.47)	7 (2.88)	1 (0.41)	2 (0.82)	243 (100.0)

У већим концентрацијама јављају се у мезозојским, миоценским и понтијским водама. Ове воде веома су цењене у свету и многе европске бање успешно их користе.

ДИСКУСИЈА

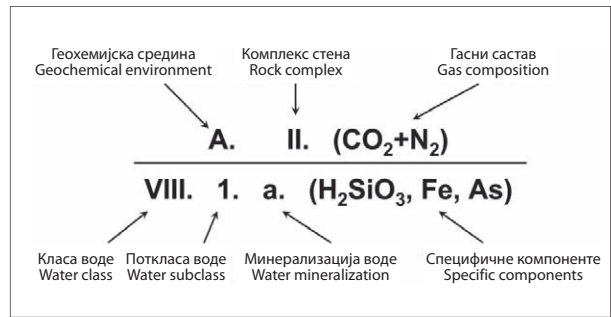
Досадашња балнеолошка пракса код нас користила је класификацију Квентина (*Quentin*) из 1958. године која одражава типизацију минералних вода као лековитих, а сви наведени критеријуми (осим температуре) односе се на минералне воде на месту њиховог коришћења (купатило, чаша, боца, бивета) на дан коришћења, што сматрамо највећим недостатком [2]. Према мишљењу Квентина, све минералне воде се деле у четири групе (А, Б, В и Г), а у оквиру њих издвојене су, на основу јонског и гасног састава, подгрупе. Ова класификација одражава типизацију минералних вода као лековитих. Примери категоризације неких минералних вода на територији Србије на основу класификације Квентина су: Врањска бања – натријум-хидрокарбонатна сулфидна, флуоридна и сулфидна хипертерма; Бања Ковиљача – натријум-калцијум-магнезијум хидрокарбонатна,

сулфидна хипотерма; Бујановачка бања – натријум-хидрокарбонатна флуоридна, сулфидна, угљенокисела хипертерма; Буковичка бања – натријум-хидрокарбонатна, флуоридна, угљено-кисела хомеотерма; Матарушка бања – натријум-магнезијум-хидрокарбонатна, флуоридна и веома сулфидна хипотерма; Бечеј – натријум хидрокарбонатна, хлоридна, јодна и сулфидна хипертерма [2]. Напомињемо да је Квентинова класификација изузетно поједностављена када је у питању сврставање вода у одређене групе на основу макросастава, о чему је било речи. С балнеолошког становишта, критеријуми су прилагођени аутохтоним потребама дате територије.

Резултати досадашњих хидрогеолошких истраживања омогућили су издвајање хидрогеолошких рејона на територији Србије, као и основних генетских типова минералних вода, што је послужило као основа за класификацију вода на основу хемијског састава. На територији Србије, тј. на њених шест издвојених рејона, преовлађују одређене класе и поткласе минералних вода на основу анјонског, односно катјонског састава. Ова подела територије Србије на хидрогеолошке рејоне урађена је имајући у виду следеће елементе: историјско-геолошки процеси, структурно-геолошки

услови, литофацијалне карактеристике, геоморфолошки, физичко-географски, хидрографско-хидролошки, хидрометеоролошки, хидрогеолошки и слични услови средине [1]. Дакле, геолошки и геохемијски услови који постоје у земљиној кори су основа класификације. Њима се објашњава генеза главних типова минералних вода са геохемијским условима средине где се формирају и одређених комплекса стена. Све минералне воде, у зависности од састава, особина, значаја с лековитог аспекта, сврстане су у седам основних балнеолошких група, што је приказано у раду.

Лековита вредност примене разних минералних вода зависи од веома сложених и већином неразајшњених фактора. Према самом хемијском саставу ових вода, она може тек да се наслути за поједине случајеве, а поуздано се одређује на основу практичних искустава, што се кроз дуже време стиче од мноштва болесника на којима лекари балнеолози контролишу дејство употребљене минералне воде. Специфична погодност неке минералне воде за лечење од појединих болести (тзв. специфичне индикације), степен њене лековитости и начин коришћења (пијењем, купањем или лежањем у њој, удисањем њених испарења, мазањем блатом – пелоидом који је њом засићен) могу се одредити само из великог броја статистичких података о стеченим искуствима. Разни табеларни прегледи лековитих компонената минералних вода који се често цитирају у стручној литератури могу да послуже само за начелну оријентацију о могућем лековитом значају појединих састојака, али никако о стварној лекови-



Слика 2. Интерпретација (читање) класификационог индекса
Figure 2. Interpretation (reading) of classification index

ности минералних вода. Предложена балнеолошка класификација узима у обзир све основне видове минералних вода, независно од њиховог места појављивања и практичног значаја. Интерпретација (читање) класификационог индекса дата је на слици 2.

ЗАКЉУЧАК

На примеру минералних вода Србије показана је могућност њене примене, уз бржу, тачнију, једноставнију и, што је најважније, обједињену стручну оцену минералних вода с лековитог аспекта. Истовремено, балнеологија би развила сопствену, јединствену методологију представљања лековитих вода. Прихватањем и одобравањем ове класификације омогућиће се много лакша комуникација, боље разумевање и обједињен став у струкама које се баве минералним водама.

ЛИТЕРАТУРА

- Filipović B, Krunic O, Lazić M. Regionalna hidrogeologija Srbije. Beograd: Institut za hidrogeologiju i Rudarsko-geološki fakultet; 2005.
- Jovanović T, Janjić M, Popović G, Conić S. Balneoklimatologija. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu; 1994.
- Ivanov VV. Genetska klasifikacija mineralnih voda zemljine kore. In: Pitanja iz hidrogeologije mineralnih voda. Tom XXXIV. Moskva: Naučnoistraživački institut balneologije i fizioterapije; 1977. p.206-59.
- Ivanov VV, Nevraev GA. Klasifikacija podzemnih mineralnih voda. Moskva: Nedra; 1964.
- Leko M, Ščerbakov A, Joksimović H. Lekovite vode i klimatska mesta u Kraljevini Srba, Hrvata i Slovenaca sa balneološkom kartom. Beograd: Ministarstvo narodnog zdravlja; 1922.
- Filipović B. Mineralne, termalne i termomineralne vode Srbije [monografija]. Beograd: Udruženje banjских i klimatskih mesta Srbije i Institut za hidrogeologiju; 2003.
- Krunic O. Hydrogeochemical characteristics and their basic types thermomineral waters in Serbia. XXXVIII IAH Congress Groundwater Quality Sustainability. Abstract Book, Volume 1. Krakow, Poland; 2010; p.643-4.

Balneological Classification of Mineral Waters of Serbia

Olivera Krunić, Stanko Sorajić

Department of Hydrogeology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

SUMMARY

Introduction Balneological classification of the main occurrences and deposits of mineral, thermal and thermomineral waters of Serbia is based on the classification by V. V. Ivanov from 1977. This classification after countless and numerous check-ups on the international level has been accepted by the Commission for Mineral Waters of the International Association of Hydrogeology (IAH).

Objective The main goal of this paper is to show the complexity and mutual connections of all activities while distinguishing the main links and regularities of legalities on the relation hydrogeological environment and human health.

Methods As the basis of this study we used all up-to-date long-term detailed geological, hydrogeological, hydrochemical, balneological and numerous other researches of multidisciplinary character with their specific methods and research results, followed by their analysis and synthesis.

Results From the review of up-to-date classifications, it is evident that by their comparison common elements can be found,

but not also adequate application when forming classification schemes, which results in the statement that there are only a few all-encompassing classifications that reflect the conditions of formation, existence, renewal and flowing out of mineral waters, which is the basis for the application in balneology. One such classification is that by V.V.Ivanov that is usable and conforms to our experiences and needs. Results of all previous detailed geological, hydrogeological and numerous other studies with multidisciplinary character represent the basis for these investigations.

Conclusion The suggested classification is recommended for future application in balneological sciences, because by the application of this classification all those involved in the research and usage of mineral waters would represent and treat them in a clear, distinct and unified manner based on scholarly confirmed foundations.

Keywords: hydrogeology; genesis; balneology; mineral water; classification; Serbia

Примљен • Received: 04/11/2011

Прихваћен • Accepted: 10/05/2012