

ПРОУЧВАНИЯ ВЪРХУ КАЧЕСТВОТО НА ВОДНИТЕ РЕСУРСИ ОТ БОСНЕШКИЯ КАРСТ С ОГЛЕД УСТОЙЧИВОТО ИМ УПРАВЛЕНИЕ И МОНИТОРИНГ

Надка Игнатова, Николай Джумерски
Лесотехнически Университет, София

Резюме

В доклада "Стратегическа оценка на околната среда" към Оперативна програма "Околна среда 2014- 2020 г." първата приоритетна ос е тази за подобряване на оценката на водния статус. За мониторинг на приоритетни субстанции и специфични замърсители на повърхностни, подземни и питейни води, е необходимо да се подберат най-значимите показатели за качеството на водите в съответствие с Европейските и Националните нормативни документи. От тази гледна точка информацията за качеството на водите от Боснешкия карст в планината Витоша, използвани за питейни нужди, е твърде оскъдна. Поради близостта до столицата, природен парк "Витоша" е най-посещаваната защитена територия в страната, изпитва силно антропогенно влияние и е необходимо устойчиво управление за опазване на водните тела от замърсяване. Целта на настоящата разработка е да се предложи модел за управление на състоянието на водните тела от Боснешкия карст по физикохимични показатели за качество, в съответствие с Рамковата Директива за водите 2000/60/ЕС и свързаните с нея Национални нормативни документи. За тази цел са изследвани 6 водни тела от Боснешкия карст по рН, електропроводимост, съдържание на разтворен O_2 , Биохимична потребност от кислород (БПК₅), Перманганатна окисляемост, съдържание на неразтворени вещества, Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , $N-NH_4^+$ и $N-NO_3^-$, Pb, Cd и Mn. Установено е, че по преобладаващата част от изследваните показатели водните тела са в отлично състояние, но има замърсяване с органични вещества, азотни форми и олово над пределните норми на всички изследвани карстови води. Направени са препоръки за успешно управление на качеството на водите и свързаните с него мониторингови изследвания.

Ключови думи: карстови води, мониторинг, устойчиво управление, хидрохимия.

Key words: karst water, monitoring, sustainable management, water chemistry.

JEL: Q00.

Увод

Въпреки активното използване на водните ресурси в планината Витоша, проучванията върху техния хидрохимичен и хидробиологичен статус са твърде оскъдни и се отнасят най-вече за повърхностните води [3, 4, 5, 16, 17], състоянието им е оценявано по вече неактуални нормативни документи [11, 12, 13] или се отнася само за главните повърхностни водни тела [6, 7].

Изворните води в този район се подразделят на 3 основни групи: подпочвени, карстови и термални. От около 40 извора, водите на 33 се използват за питейно-битово водопотребление. Те са хлоридно-хидрокарбонатни калциеви, ултра пресни и меки, често с твърдост по-малка от 1 mg eqv.dm^{-3} . Преобладаващата част от каптираните извори за чешми (до х. „Алеко“, х. „Селимица“, х. „Еделвайс“, х. „Звездица“, до лифт „Бай Кръстю“ и др.) се характеризират с кисели води, чиито стойности на рН варират от 5,07 (м. Коняника) до 6,28 (х. „Алеко“) при пределни норми от 6,5 до 9,5 рН единици [8]. По-кисели от нормите са и водите от чешми, захранвани от някои речни водохващания, с диапазон от 6,24 до 6,38 рН единици („Меча поляна“, „Офелиите“, „Селимица“, „Кумата“ и др.). Органично замърсяване не се наблюдава, за което свидетелстват ниските стойности на БПК₅ и Перманганатната окисляемост на водите от водохващанията за питейно-битово водопотребление (по-малко от 1 mg.dm^{-3}), много често по-ниски от границите на

откриваемост, по данни на „Софийска вода“ АД [14]. Карстовите води са съсредоточени в Боснешкия карст и се характеризират с неутрална реакция, ниска твърдост (около 2 mg eqv.dm^{-3}) и ниска електропроводимост ($100-600 \mu\text{S.cm}^{-1}$) [5].

Въпросът за оценка на риска от замърсяване на водните тела от Боснешкия карст, които са елемент от водоснабдителната система с чисти природни води, придобива изключителна важност за устойчивото им управление. При управлението на водните ресурси се налагат решения, които са резултат от сблъсъка на множество различни интереси, а чрез оценката на риска се разкрива, организира, анализира и интерпретира информация за даден проблем по начин, който улеснява процеса на вземане на решение по отношение на риска от замърсяване на околната среда и в частност на водите.

Целта на настоящето изследване е да се определи и оцени състоянието на водните тела от Боснешкия карст на територията на Природен парк „Витоша“ по физикохимични показатели за качество в съответствие с Рамковата Директива за водите 2000/60/ЕС и свързаните с нея актуални национални нормативни документи [1, 8, 9, 10, 15].

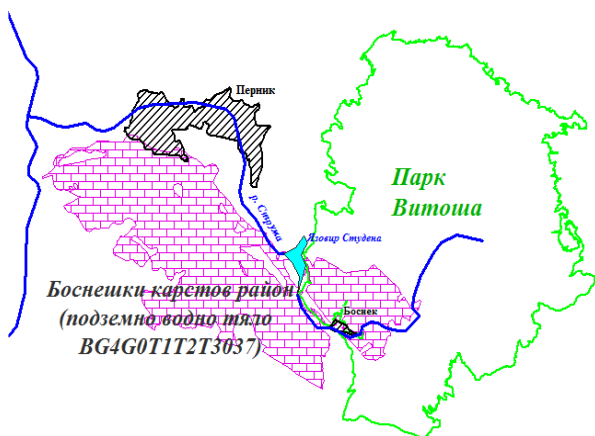
От тази цел произтичат следните по-важни задачи:

- Оценка на карстовите водни тела на територията на ПП „Витоша“ по физикохимични показатели за качество;
- Оценка на замърсяването на карстовите води с тежки метали;

- Избор на най-характерните показатели за мониторинг на състоянието на водите от Боснешкия карст, с оглед устойчивото им управление.

1. Обекти и методи на работа

Водните обекти на проучването са разположени на територията на Природен парк „Витоша“ и са част от Боснешкия карст във водо-сборната област на р. Струма (Фиг. 1). Избрани са 6 представителни карстови извори, които се използват за питейно-битово водопотребление („Врелото“, „Попов извор“, „Джераница“, „Горен Боснешки извор“, извор в „Чуйпетлово“ и „Живата вода“) (Фиг. 2). Преобладаващата част от тях са каптирани за хранване на чешми, а извор „Врелото“ е включен във водоснабдителната система за гр. Перник (Фиг. 3).



Фиг. 1. Местоположение на Боснешки карстов район

От всеки карстов извор са вземани по три водни проби, две от които за определяне на разтворен кислород, наситеност с кислород и биохимична потребност от кислород, а в третата са определени останалите показатели. На терена са измервани координатите и надморската височина с GPS/GIS Controler LT 30, температурата, рН и електропроводимостта на водата (Combo, Hanna Instruments), и са фиксирани взетите в една от двойките кислородни шишета водни проби с 40% MnSO₄ и 40% KOH за свързване на разтворения кислород в момента на пробовземането. Съдържанието на разтворен кислород и Биохимичната потребност от кислород (БПК₅) са определени по метода на Винклер, Перманганатната окисляемост по Кубел, съдържанието на неразтворени вещества тегловно след филтриране през 0,45 μm, съдържанието на хлориди по Мор, сульфати и фосфати спектрометрично (Perkin-Elmer, USA), амониеви и нитратни йони по Келдал (Tekator, Kelteck), Pb, Cd, Mn, Ca, K, Mg, Na с атомно-абсорбционен анализ (Perkin-Elmer, USA) [2].

От получените резултати е определена сумата от базичните катиони (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺) и сумата от киселите йони (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻), както и тяхното съотношение.



Карстови води: 18 – Врелото; 19 – Попов извор; 20 – Джераница; 21 – Горен Боснек; 22 – Чуйпетлово; 23- Живата вода

Фиг. 2. Контролни пунктове за вземане на водни проби от Боснешкия карст



Фиг. 3. Боснешки карстови извори „Живата вода“ (ляво) и „Врелото“ (дясно)

Състоянието на карстовите води по изследваните физикохимични показатели за качество и пригодността им за питейни цели е оценена по Наредба 9/2001 с последно изменение от 2011 г. (ДВ, бр. 1/2011) [8], а по съдържание на неразтворени вещества по наредба 12/2002, 2012 [9].

2. Резултати и дискусия

Изследваните карстови водни тела се отнасят към Екорегиян EP 7 (Източни Балкани) и се формират в Беломорски водосборен басейн. Разположени са на надморски височини от 974 до 1224 m. Температурата им в момента на пробовземането зависи от тази на околната среда и варира от 12.3 до 14.5 °C (Табл. 1)

Карстовите води са с неутрална киселинност от 7,26 до 7,75 рН единици и електропроводимост от 176 μS.cm⁻¹ („Горен Боснешки извор“) до 586 μS.cm⁻¹ („Живата вода“). Те се характеризират с високо съдържание на разтворен кислород и ниска обща твърдост, дължаща се на калциевите и магнезиеви соли (от 0,54 mgeqv.dm⁻³ за извор „Джераница“ до 2,17 mgeqv.dm⁻³ за „Живата

вода”, при норма 12 mgеqv.dm^{-3}), като съдържанието на калция (от $13,89$ до $32,3 \text{ mg.dm}^{-3}$) е значително по-високо от това на магnezия (от $4,95$ до $6,60 \text{ mg.dm}^{-3}$). Само във водите от извор Джераница, концентрациите на тези два елемента са от сходен порядък ($5,6 \text{ mg.dm}^{-3}$ за Са и $3,14 \text{ mg.dm}^{-3}$ за Mg).

Съдържанието на неразтворени вещества варира между 4 mg.dm^{-3} за извора „Чуйпетлово“ и 14 mg.dm^{-3} за „Попов извор“ (Табл. 2). Значително под пределните норми за питейни води е и съдържанието на натрий (от $1,08$ до $1,94 \text{ mg.dm}^{-3}$, при норма 200 mg.dm^{-3}), нитрати (от $1,81$ до $3,77 \text{ mg.dm}^{-3}$, при норма 50 mg.dm^{-3}), сулфати (от $0,75$ до $9,75 \text{ mg.dm}^{-3}$, при норма 250 mg.dm^{-3}) и фосфати (от $0,0018$ до $0,0020 \text{ mg.dm}^{-3}$ и норма $0,5 \text{ mg.dm}^{-3}$) (Табл. 3).

Прави впечатление, че водите на всички изследвани карстови извори не отговарят на изискванията за питейни цели по съдържание на амониев йон (от $0,56 \text{ mg.dm}^{-3}$ в извор „Джераница“ до $2,26 \text{ mg.dm}^{-3}$ в извор „Врелото“ при норма $0,5 \text{ mg.dm}^{-3}$), (Табл. 3). Като се има предвид, че водите на р. Струма участват активно в подхранването на изследваните карстови извори, а в нейните води е установено наличие на органична материя и амониев азот над пределните норми за умерено състояние по Наредба Н4/2011, 2014 [10], това е вероятният антропогенен източник на отклонение в качествено състояние на карстовите води. Високите стойности на амониев азот се дължат на активни разграждащи процеси на органична материя, попаднала във водите с битово – фекалните отпадъчни води от хижите, вилите и почивните станции, както и от пашуването на животни във водосборната област на Боснешкия карст [3]. Съдържанието на нитрати е значително под пределните норми за питейни води (50 mg.dm^{-3}) и се движи в границите от $1,81 \text{ mg.dm}^{-3}$ в „Горен Боснешки извор“ до $3,77 \text{ mg.dm}^{-3}$ в извора „Чуйпетлово“. В този аспект Биохимичната потребност от кислород и съдържанието на амониеви йони са подходящи показатели за системен мониторинг на състоянието на карстовите води.

Всички изследвани карстови извори не съответстват на изискванията за питейни води и по съдържание на олово, чиито стойности варират от $0,34 \text{ mg.dm}^{-3}$ („Чуйпетлово“) до $1,18 \text{ mg.dm}^{-3}$ („Живата вода“) при норма $0,01 \text{ mg.dm}^{-3}$. Измерените стойности многократно превишават нормата, поради което оловото може да се смята за един от най-характерните замърсители на изследваните карстови извори от Боснешкия карст. Водите на „Попов извор“ и „Джераница“ не съответстват на нормите за питейни води ($0,005 \text{ mg.dm}^{-3}$) и по съдържание на кадмий ($0,009 \text{ mg.dm}^{-3}$), а тези на извор „Врелото“ и по съдържание на манган ($0,07 \text{ mg.dm}^{-3}$ при норма $0,05 \text{ mg.dm}^{-3}$). Измерените стойности за концентрацията на манган във водите на „Попов извор“ и „Джераница“ са равни на нормата от $0,05 \text{ mg.dm}^{-3}$, поради което и този показател трябва да бъде обект на мониторингови изследвания (Наредба № 9, 2001, 2011) (Фиг. 4).

Всъщност, водите на извор „Джераница“ съществено се отличават почти по всички показатели от останалите изворни води, даващо основание да се предположи, че те нямат карстов произход (рН е $6,69$, електропроводимостта $74 \mu\text{S.cm}^{-1}$, Ca^{2+} - $5,6 \text{ mg.dm}^{-3}$, Mg^{2+} - $3,14 \text{ mg.dm}^{-3}$, твърдостта $2,17 \text{ mgеqv.dm}^{-3}$, NH_4^+ - $0,56 \text{ mg.dm}^{-3}$, съдържанието на PO_4^{3-} е почти 10 пъти по-високо от останалите извори, а това на SO_4^{2-} е най-ниско – $0,75 \text{ mg.dm}^{-3}$ и т.н.) (Табл. 2 и 3).

Изследваните карстови води имат много добра буферна способност срещу кисляване, тъй като сумата от базичните катиони е по-висока от сумата на киселите йони в тях. Най-добре защитени от кисляване са водите от „Врелото“ и „Живата вода“, където съотношението между базичните и киселите йони е $4,05$ и $3,90$, но и сумата на базичните катиони има най-високи стойности ($35,68$ и $40,46 \text{ mg.dm}^{-3}$). С най-нисък буферен капацитет са водите от „Горен боснешки извор“ и „Чуйпетлово“, в които съотношението между базични и кисели йони е едва $1,39$ и $1,78$, дължащо се на по-ниските суми на базичните катиони ($20,49 \text{ mg.dm}^{-3}$ и $26,14 \text{ mg.dm}^{-3}$) (Табл. 4).

Таблица 1. Контролни пунктове за пробовземане от карстови извори в ПП „Витоша“, Април, 2015 г.

№	Водно тяло	Дата, час	Температура, °C	Координати	Над. вис., m
1	Врелото	20.04.2015; 13,50	12,9	423055.4; 230937.1	974
2	Попов извор	20.04.2015; 12,40	13,5	4230.401; 2309.448	993
3	Джераница	20.04.2015; 10,15	12,3	4229.844; 2312.909	1150
4	Горен Боснешки	20.04.2015; 11,20	12,6	4229.694; 2311.772	975
5	Чуйпетлово	20.04.2015; 9,20	14,2	4712195.222; 191666.502	1227
6	Живата вода	20.04.2015; 15,10	14,5	4231.451; 2312.112	1095

Таблица 2. Физикохимична характеристика на карстови извори в ПП „Витоша“, Април, 2015 г.

№	Водно тяло	pH	Електропроводимост $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Неразт. в-ва, mg.dm^{-3}	Калций mg.dm^{-3}	Магнезий mg.dm^{-3}	Твърдост, mgeqv.dm^{-3}
1	Врелото	7,38	307	12	28,4	5,9	1,91
2	Попов извор	7,55	253	14	21,4	5,6	1,54
3	Джераница	6,68	74	12	5,6	3,14	0,54
4	Горен Боснешки	7,47	176	7	13,89	4,95	1,10
5	Чуйпетлово	7,75	250	4	18,5	5,7	1,71
6	Живата вода	7,26	586	8	32,3	6,6	2,17
Норма	Наредба 9 [8]	6,5–9,5	2000	25 [9]	150	80	12

Таблица 3. Съдържание на кисели йони и натрий в карстови извори в ПП „Витоша“, mg.dm^{-3} , Април, 2015 г

№	Водно тяло	Натрий	Амониев йон	Нитрати	Фосфати	Сульфати
1	Врелото	1,38	2,26	2,04	0,0002	4,50
2	Попов извор	1,66	2,04	2,26	0,0002	7,00
3	Джераница	1,08	0,56	1,95	0,0018	0,75
4	Горен Боснешки	1,65	1,59	1,81	0,0002	4,25
5	Чуйпетлово	1,94	1,17	3,77	0,0002	9,75
6	Живата вода	1,56	0,72	2,90	0,0002	6,75
Норма	Наредба 9, 2011	200	0,5	50	0,5	50

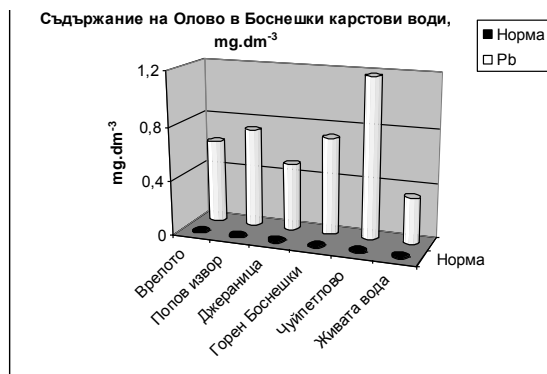
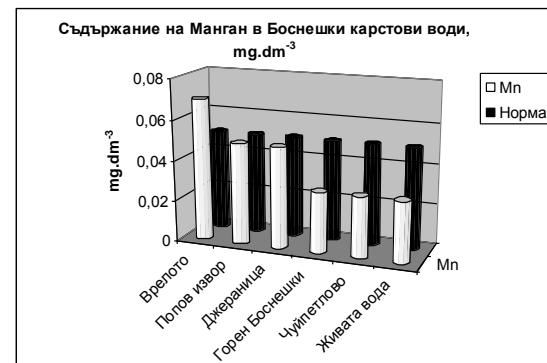


Таблица 4. Съотношение между сумата базични и сумата кисели йони (mgdm^{-3}) в карстови извори от Боснешкия карст.

№	Водно тяло	Сума кисели йони	Сума базични йони	Сума базични / сума кисели йони
1	Врелото	8,8	35,68	4,05
2	Попов извор	11,3	28,66	2,54
3	Джераница	3,2	9,82	3,07
4	Горен Боснешки	7,65	20,49	1,39
5	Чуйпетлово	14,69	26,14	1,78
6	Живата вода	10,37	40,46	3,90



Фиг. 4. Съдържание на Олово (горе), Кадмий (средата) и Манган (долу) в Боснешки карстови води, mg.dm^{-3}

Водите на извор „Джераница“ са по-защитени от кисляване от водите на „Горен боснешки извор“ и „Чуйпетлово“, въпреки значително пониската сума на базични катиони ($9,82 \text{ mg.dm}^{-3}$), но и сумата от киселите йони е най-ниска ($3,20 \text{ mg.dm}^{-3}$) (Табл. 4).

Следователно, по преобладаващата част от определените показатели, в съответствие с поставената цел, всички изследвани водни тела от Боснешкия карст, отговарят на изискванията за питейни води по физико-химични показатели за качество, като киселинност по pH, електропроводимост, твърдост, съдържание на неразтворени вещества, натрий, калций, магнезий, нитрати, сульфати и фосфати. Тъй като стойностите на тези показатели са значително под пределните норми за питейни води, и няма основания да се очаква те да се повишат, може да се препоръча те да не са обект на постоянен системен мониторинг върху качеството на карстовите води от изследвания Боснешки карст.

За разлика от тях, показателите за органично натоварване (БПК и амониевы йони) и замърсяване с тежки метали (особено олово, но също така кадмий и манган) трябва да имат приоритет при определяне на мониторинговата политика за устойчиво управление на водите от карстовите извори.

Заклучение

Поради специфичните особености на карстовите води е необходимо провеждане на научно- обоснована политика на управление на опазването им от замърсяване с цел устойчивото им развитие за задоволяване на все по-нарастващите потребности от чисти природни води.

Получените резултати от проведеното изследване показват, че стойностите на повечето от масово използваните показатели за оценка на състоянието на водите (рН, електропроводимост, твърдост, съдържание на разтворен кислород, неразтворени вещества, базични катиони, кисляващи йони и др.) са значително под пределните норми от Европейската и Националната нормативна база за най-претенциозното питейно-битово водопотребление.

Специално внимание, обаче, трябва да се обърне на превишенията на нормите за амониевы йони, дължащо се на липсата на канализационна система и пречистване на отпадъчните битово-фекални води, формирани във водосборната област на изследваните карстови извори, както и на пашуването на домашни животни.

Необходими са и управленски решения за отстраняване на тежките метали преди използване на водите от карстовите извори за питейни цели, във връзка с установеното съществено превишаване на нормите за олово във всички изследвани водни тела, а в някои от тях и за кадмий и манган.

На базата на тези изводи се препоръчва в програмата за мониторинг да се включи системна оценка на водите от Боснешките карстови извори по биохимична необходимост от кислород, съдържание на амониев и нитратен азот, както и на тежки метали (особено олово, кадмий и манган), а останалите показатели (рН, електропроводимост, твърдост, съдържание на разтворен O₂, неразтворени вещества, фосфати и т.н.) могат да се анализират превантивно с по-голяма периодичност.

Благодарност

Авторите изказват благодарност на Михаил Юлев и Борис Алексиев за съдействието им при теренните измервания и вземането на водните проби за химични анализи.

Литература

1. Закон за водите (чл.135), ДВ, бр. 67/1999 г.
2. Игнатова, Н. (1998). *Опазване на водите*. Издателска къща на ЛТУ, София, 235 с.
3. Игнатова, Н., Митрофанов, К. (2015). *Управление на състоянието на водните тела по физикохимични показатели за качество в ПП „Витоша“*. Устойчиво развитие, 3 (24), с. 94–101.
4. Илчева, (2014). *Отчет по проект N 5103020-11-654 Изготвяне на воден баланс за територията на ПП „Витоша“*. 556 с.
5. Кирова, Ю. (2012). *Настоящо състояние на Витош-кия плутон. Водни ресурси - обосновка, описание, качество и обосновки за съхранение*. (<http://www.voda.bg/news-71/info>).
6. *Междинен преглед на установените значими проблеми при управлението на водите в Дунавски район*. 2014. (www.bd-dunav.org).
7. *Междинен преглед на значимите проблеми в управлението на водите в Западнобеломорски район*, 2014, Приложения 4 и 5. (www.wabd.bg).
8. *Наредба № 9 от 16.03.2001 г. за качеството на водата, предназначена за питейно-битови цели*. (www.moew.government.bg).
9. *Наредба № 12 от 18.06.2002 г. за качествените изисквания към повърхностни води, предназначена за питейно-битово водоснабдяване*. изм. ДВ 15/21.02.2012 г. (www.moew.government.bg).
10. *Наредба № 4 за характеризирание на повърхностните води*, 2012, 2014, ДВ, бр. 79, 23.09.2014. (www.moew.government.bg).
11. *План за управление на речните басейни в Дунавски басейн, р. Искър за 2010–2015 г.* (www.bd-dunav.org).
12. *План за управление на речните басейни в Западнобеломорски басейн, том 2. р. Струма за 2010–2015 г.* (www.wabd.bg).
13. *План за управление на ПП „Витоша“– 2004–2014 г.* (арх. Станоева, Агролеспроект, БАН и ЛТУ, 2004);
14. *Проекти за Санитарно-охранителните зони, 2011. „Софийска вода“ АД*.
15. *Рамковата Директива за водите 2000/60/ЕС*.
16. Русев, Б. (1961). *Хидробиологични изследвания на някои Витошки реки*. Изв. Зоол. Инст., БАН, 10: 211-265.
17. Blaskova, S, Iordanova, L. (2007). *Precipitation and river quality at the highest part of the Vitosha Mountain*. Proceedings of the Intern. Conf. "Alpine Meteorology, 4–8 Lune 2007, Chambery, France (<http://www.cnrm.fr/icam2007/short/150.html>).

INVESTIGATIONS ON THE WATER QUALITY OF BOSNEK KARST SOURCES FOR THEIR SUSTAINABLE MANAGEMENT AND MONITORING

**Nadka Ignatova, Nikolay Djumersky
University of Forestry, Sofia, Bulgaria**

Abstract

In the "Strategic Environmental Assessment report" of Operational Program "Environment 2014-2020" the first priority axis is the improvement of the water status assessment. For the monitoring of priority substances and specific pollutants in surface, ground and drinking water it is necessary to select the most important water quality parameters concerning the European and Bulgarian legislation. From this point of view still very little is known about the water quality from Bosnek karst area in the Vitosha Mountain used for drinking water supply. Closely situated to the capital Vitosha Natural Park is the most visited protected area in the country and because of the great anthropogenic impact sustainable management is needed in order to protect water bodies against pollution. The main objective of this study is to propose the model of the management the quality of the karst water bodies in the Vitosha Natural Park after physicochemical properties in accordance with the Water Framework Directive 2000/60/EC and related National Legislation. For this purpose 6 karst water sources have been analyzed for electro- conductivity, temperature, pH, Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, as well as the concentration of Dissolved Oxygen, Suspended Particle Material, Cl⁻, SO₄²⁻, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, Pb, Cd and Mn. It has been found that for the majority of the parameters studied the quality of water is perfect, but there is pollution by organic matter, nitrogen and lead for all water bodies which quality does not correspond to the norms. Recommendation is given on successful management of water quality and monitoring investigations.