СПИСАНИЕ НА БЪЛГАРСКОТО ГЕОЛОГИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО, год. 58, кн. 2, 1997, с. 115—121
REVIEW OF THE BULGARIAN GEOLOGICAL SOCIETY, vol. 58, part 2, 1997, p. 115—121

Характеристика на по-големите извори в Настан-Триградския карстов басейн по режима на дебитите им

Алексей Бендерев[1], Деляна Гъбева[1], Петър Стефанов[2], Борислав Великов[3]

[1] Геологически институт, БАН, 1113 София, E-mail: aleksey@geology.acad.bg; deliana@geology.acad.bg
[2] Географски институт, БАН, 1113 София; [3] Минно-геоложки университет, 1156 София

A. Benderev, D. Gabeva, P. Stefanov, B. Velikov. 1997. *Characteristics of large springs in the Nastan-Trigrad karst basin by their discharge regimes. Rev. Bulg. Geol. Soc., 58,* 2, p. 115—121.

Abstract. The Nastan-Trigrad basin is one of the largest and atractive karst basins in the Rhodopes. The ground water is formed in the marbles of the Dobrostan Formation and is drained along the Vucha river and its tributaries as well as by karst springs. At 7 of these springs daily observations are being carried out on their discharges and these data is used to describe water movement in the rock mass. A comparison was made of the discharge regimes of the springs based on the statistical parameters and the corresponding classifications proposed by different authors. Besides, the depletion curves were analysed. They were interpreted as composed of separate curves characterising the heterogeneity of the filtration medium. For the purpose the software products TIMEROW and TIMESTEP were designed and used. After comparing the results obtained about the above-mentioned springs, it was found that the Gubata spring, which probably drains the saturated part of the aquifer, has the steadiest discharge regime. The Vrissut and Bedenski springs are more changeable than the Gubata one, but have steadier discharge regimes than the others. They have the lowest calculated parameters and coefficients whose values are relatively similar. Both springs drain a large saturated zone with a well-karsted upper part. The Mougla and Syuvriev Kaynak springs drain an independent part of the Nastan-Trigrad basin and are characterised by a considerably more variable discharge regime determined by the high degree of karsting and a relatively small saturated zone. The Ribarnika and Zhrebevo springs are the most changeable. Their hydrographs approximate to the highest extent those of a surface river. At these springs the basic water movement takes place along karst channels, whereas the role of the smaller joints is minimal. The discharge regime of the Ribarnika spring is the most variable one. Here a turbulent water movement is taking place periodically. The analysis of the results obtained shows that the different statistical indices used have similar trends of change, therefore very often, when comparing values, only one of them can used. The classifications proposed by the individual authors are subjective and sometimes contradictory. Of particular interest is only the comparison of the quantitative values obtained about each spring combined with the depletion rates. In this way it is possible to estimate the hydrodynamics in the rock mass, which is of special significance for solving hydrogeological and hydroecological problems.

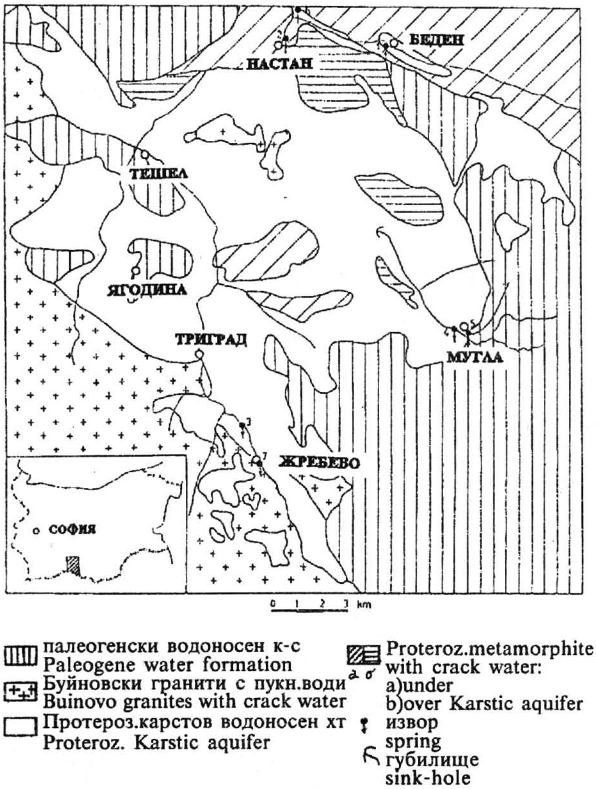
Key words: ground water, recession curves, karst, marbles, Dobrostan Formation, Rhodopes

Въведение

Настан-Триградският басейн е един от най-големите в Родопите. Той е типичен планински карстов басейн и затова бе избран като еталон при разработването на тема НИ-217/92 "Хидрогеохимия и уязвимост от замърсяване на карста", финансирана от фонд "Научни изследвания" при МОНТ. За изясняване на движението на подземните води и формирането на техния химичен състав и условията за замърсяването им бяха използвани публикувани данни от режимните наблюдения на ГУХМ за по-големите извори в района. При липса на сондажни данни това е един от най-приложимите методи за описание на карстовите извори.

Хидрогеоложки бележки

Настан-Триградският карстов басейн е отделен от Антонов и Данчев (1964), но е изследван от редица автори (Яранов, 1959; Томов, 1968 (Настан-Триградски карстов басейн. Арх. НИС-ВМГИ, дог. 21); Бецински и др., 1972; Панайотов, 1978б; Hristova and Petrov,1989; Gabeva et al., 1995). Басейнът е разположен в Централните Родопи, в горното течение на р. Въча при надморска височина от 700 до 2190 m (фиг. 1). Границите му се определят от разкритията на мраморите на Добростанската свита (Кожухаров, 1984) и водосборите на реките, вливащи се в нея. В тези граници басейнът е 637 km^2. Дебелината на свитата тук достига 1600 m. Долен водоупор на интензивно окарстените мрамори са разнообразни гнайси, а отгоре лежат различни по възраст и състав скали. Тектонският строеж на тази част на Родопите (Кожухаров и др., 1992; Кожухаров и Димитрова, 1992) определя сложните хидрогеоложки взаимодействия между водоносния хоризонт и останалите по-слабо водопропускливи скали. На места мраморите са процепени и от гранитни интрузии. Всичко това определя наличието на прагове, както и на отделни райони със свои хидрогеоложки особености (Яранов, 1959;



Фиг. 1. Хидрогеоложка карта на Настан-Триградския карстов басейн

Fig. 1. Hydrogeological map of Nastan-Trigrad karst basin

Бецински и др., 1972).

Карстовите води се подхранват от валежите — от 680 до 900 mm годишно (по данни от разположените в района метеороложки станции) и от реките, които с навлизането си в окарстените мрамори губят изцяло или частично оттока си.

Дренирането е от многобройни извори, както и чрез директно изливане на води в коритата на реките в близост до местата с подпор на водите от неокарстени скали. Седем от по-големите извори са включени в Националната хидрогеоложка мрежа (Вриса, Гъбата, Сюовриев кайнак, Мугла, Жребево, Рибарника, Настан) и имат ежедневни наблюдения (фиг. 1, табл. 1), отразени в хидрогеоложки годишници. Всички те дренират окарстените мрамори. Някои проблеми от режима на тези извори са разгледани от Панайотов (1978б), Hristova and Petrov (1989), а само за Вриса при с. Беден — от Pulido-Bosch et al. (1995).

Методика на изследване

За изучаване на карстовия масив е анализирана информацията от изворите. Използвани са статистически показатели и кривите на изтощаване на изворите.

Най-лесният и най-стар метод за изследване днамиката на изворите е предложен от Овчинников (1955) с използване на отношението на максималния към минималния дебит (Q_{max}/Q_{min}). Той е приложим при непрекъснати наблюдения и не дава представа за динамиката на дебита. На базата на този показател изворите се разделят на 5 категории — от твърде постоянни до изключително променливи.

За типовете режими на карстовите извори в Кавказ Гигинейшвили (1979) предлага класификация по условията на подхранване. Той разделя изворите на 3 групи: подхранвани от площна инфилтрация и инфлуация, само от точкова инфлуация и само от площна инфилтрация. В първата група отделя няколко типа, съобразно предложените от него статистически показатели, а именно:

— вътрешно годишно колебание на оттока на карстовия извор (σ%), представено от относителното средно квадратично отклонение на средномесечните от средногодишния дебит;

— регулируемост на оттока, представляваща отношение на показателя на вътрешното годишно колебание на съответния извор към същия показател на еталонна река ($\sigma\%/\sigma_e\%$). Водосборът на еталонната река не трябва да е засегнат от карст и трябва да има сходни условия на подхранване с тези на извора.

Известни са изследванията на Панайотов (1966,1969,1972,1978а,б,1983) върху статистическите показатели на режима на изворите в България. Той предлага два показателя — коефициент на изменчивост и център на вътрешногодишно разпределение на оттока, в който се отчита многогодишната устойчивост. При избор на показатели за характеризиране на извора бе установено, че получените стойности за тези два показателя от Панайотов (1978б) тясно корелират ($r = 0.99$). По тази причина бе избран само един от тях — център на вътрешногодишното разпределение $\sigma_ц$, по стойностите на който авторът (Панайотов, 1983) предлага и класификация. Самият показател е средноквадратично отклонение на тежестните центрове през отделни години от периода на наблюдение.

Анализът на кривите на изтощаване се прилага широко в хидрогеологията. Главно се използва методът на Бусинеск - Майе (Bussinesq, 1904; Maillet, 1905; Castany, 1967; Berkaloff, 1967; Galabov, 1972). У нас той е използван от Ботева и Райкова (1968, 1970) и Райкова и Василева (1973) за по-големите извори. Кривите на изтощаване зависят от типа на токовите линии на подземния поток, взаимодействието между нивото на подземните води и въздуха в ненаситената зона и структурата на филтрационната среда.

За обработка на кривите на изтощаване найчесто се използва добре известната формула на Бусинеск - Майе

$$Q = Q_0 e^{-\alpha t},$$

където Q е дебитът на извора във всеки момент t от началото на "сухия" период, в който той се обезпечава само от запасите на пласта; Q_0 — дебитът в началото на същия период (при $t = 0$);

Таблица 1
Характеристика на по-важните карстови извори в Настан-Триградския басейн
Table 1
Characteristic of some important karst springs in Nastan-Trigrad basin

№	№ по ХМС	Из-вор	Синоним	Местопо-ложение	Приток на река	Морфоло-гично по-ложение	Над-морска височина m	Отн.вис. над ероз. базис	Изпол-зване
1	39	Вриса	"Беденски извор"	0,5 km южно от с. Беден	Широколъшка река	Речно легло ляв бряг (заливна тераса)	785	2	каптирана за рибарник
2	67	Настан	"Настански рибарник"	Североизточен край на с. Настан (Рибарника)	р. Кричим	речно легло десен бряг	709	0	каптирана за рибарник
3	335	Триград	Извор "Жребевски рибарник" "Рибарника"	1,5 km северно от с. Жребево при Жребевските рибарници	Кестенска река	речно легло десен бряг (заливна тераса)	1220	1,0	каптирана за рибарник
4	336	Мугла	"Дяволската воденица"	с. Мугла	Мугленска река	речно легло ляв бряг	1337	2,0	питейно-битов водоизточник
5	347	Сюнриев кайнак		с. Мугла източен край	Мугленска река	речно легло ляв бряг (заливна тераса)	1358	3,0	питейно-битов водоизточник
6	696	Гъбата		1 km североизточно от с. Настан (при ВЕЦ "Девин")	р. Кричим	речно легло десен бряг(залят от водата на ВЕЦ "Девин")	707	0	питейно-битов водоизточник
7	699	Жребево		център с. Жребево	Кестенска река	речно легло ляв бряг	1255	0	каптирана за рибарник

α — коефициентът на изтощаване на извора.
За плоско паралелната филтрация коефициентът на изтощаване е

$$\alpha = 4a/\pi^2 l^2,$$

където a е нивопредаване на пласта, а l — дължина на филтрационния поток.

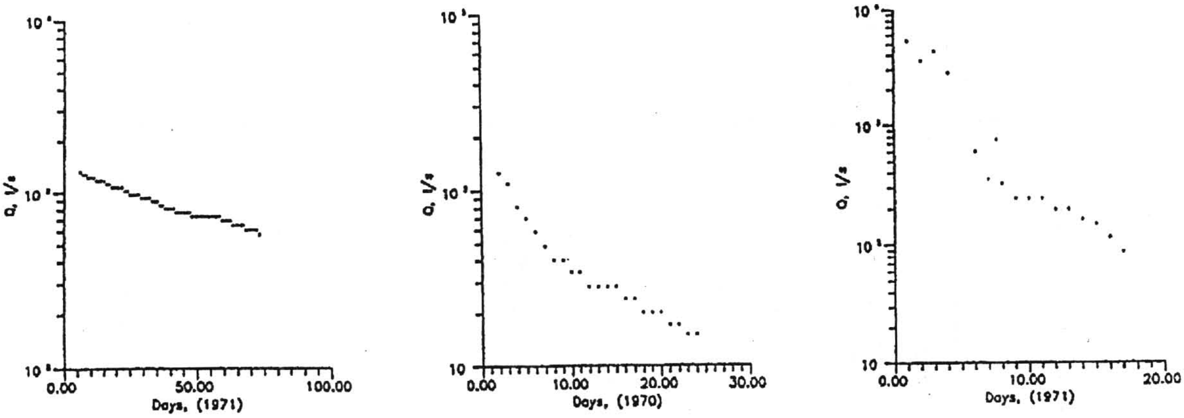
Напоследък широко се използва вариант на метода, при който кривите на изтощаване са получени чрез наслагване на няколко уравнения, дължащо се на значителна нееднородност на карстовите резервоари (Schoeler, 1967; Kullmam, 1980 и др.). Първоначално се изтощава водата от големите пукнатини и карстови форми, след което започва дрениране на микропукнатините. В този момент настъпва рязка смяна в наклона на кривата на изтощаване, т.е. тя може да е получена от наслагването на две или повече линии, описани с експоненциални уравнения при различни стойности на коефициентите α. С увеличаване на времето ролята на едното уравнение постепенно затихва, като полученият дебит асимптотично клони към 0. От физическия смисъл на коефициента α е ясно, че в случая той характеризира по-голямата скорост на движение на водата в по-широките карстови канали. Коефициентът на изтощаване на другото уравнение характеризира движението на водата в по-малките канали и пукнатини. Изчисляването на тези коефициенти дава информация, позволяваща сравняването на хидродинамичните особености на изворите в района.

При климатичните условия в България трудно може да се намери продължителен период без валежи, поради което липсват продължителни периоди на изтощаване. Ефектите на кондензационно подхранване и изпарение от нивото на подземните води се наблюдават в крайните моменти на изтощаването. Дълбокото ниво на подземните води не дава основание да се очаква изпарение.

Коефициентите на изтощаване могат да се определят с различни методи, по-важни от които са графичният и аналитичният. При настоящото изследване бе избран графичния метод, защото той дава възможност определянето на началния момент, от който започва "чистото" дрениране (началото на "сухия" период, за който е в сила формулата на Бусинеск - Майе). На този начален момент съответствува и дебитът Q_σ

Определянето на α по графичния начин предполага наличието на ежедневни измервания на дебита през сухия период, въз основа на които се построява зависимостта между $\lg Q$ и t. Тя може да има различен вид според характера на филтрационната среда (фиг. 2):

а) На обикновен ламинарен режим на изто-



Фиг. 2. Типове криви на изтощаване

Fig. 2. Kinds of recession curves

щаване (еднородна филтрационна среда), при който е валидна формулата на Бусинеск - Майе,

б) Случай с наслагване на няколко различни ламинарни режима на течение при разнородна филтрационна среда, като кривата на изтощаване, математически се изразява с формулата:

$$Q_t = Q_{01}\, e^{-\alpha 1t1} + Q_{02}\, e^{-\alpha 2t2} + ... + Q_{0n}\, e^{-\alpha ntn.}$$

в) Случай на турбулентен режим на течение в комбинация с ламинарен, който е възможен при силно окарстени и напукани зони, където подземните води се движат бързо, по широки канали.

За определяне типа на кривите на изтощаване и съответно на коефициентите на изтощаване при различните режими на движение на водите от Д. Гъбева бяха разработени програмите TIMEROW и TIMESTEP, написани на алгоритмичен език QBASIC и предназначени за работа с 16-битови компютри.

Програмата TIMEROW изчислява коефициента на изтощаване α за ламинарен режим по формулата на Бусинеск - Майе.

Коефициентите α_1 и α_2 при различни ламинарни течения (за филтрационна среда с двойна порестост) и за турбулентен режим на филтрация се изчисляват с програмата TIMESTEP.

Разработените програми са приложени за определяне на коефициентите на изтощаване, получени от кривите на изтощаване на карстовите извори Вриса, Гъбата, Сюовриев кайнак, Мугла, Настан, Жребево, Рибарника в Настан-Триградския карстов басейн. Периодът на изследване е 1969-1973г. Използувани са ежедневни измервания на по-горе посочените карстови извори.

Резултати и обсъждане

Основната цел на настоящето изследване е да се сравнят по режимни показатели изворите в Настан-Триградския карстов басейн. За целта са използвани данни от един и същ период за всички изследвани извори. Избраният период е от 11 години между 1969 и 1979 г., тъй като след 1979 г. отсъстват публикувани данни (Хидрогеоложки годишници, 1969-1979). За времето на изследване всички извори имат пълни редици с ежедневни данни, с изключение на извор Гъбата, който има наблюдения до юли 1979 г. и извор Сюовриев кайнак, за който липсват измервания в периода юни 1970-юни 1971 г. За еталонна е избрана р. Буйновска, тъй като оттокът й се формира в неокарстяващите се Буйновски гранити при близки климатични условия с тези в границите на разпространение на мраморите от Добростанската свита. Използвани са данните от станция Попина Лъка за същия период от време. Избраният период е средно влажен — отклонението от нормата на валежите в басейна е само 1.7%. Режимът на валежите е преходен с два изравнени максимума (май-юни и ноември-януари) и минимуми през август-септември. Съотношението на пролетно-летните към есенно-зимните валежи е около 1.00 (Велев и др., 1994 — Сравнителна геодинамика на карстови геосистеми в Предбалкана и Западните Родопи, отчет по проект НЗ-3/ 1991 г. на Геогр. институт БАН с НФНИ-МОНТ, 96 с.), което показва равномерното разпределение на валежите през годината.

При анализа на резултатите (табл. 2) са използвани определените от съответните автори класификации (табл. 3). Получените данни за центъра на вътрешногодишното разпределение не се различават особено от получените от Панайотов (1978б), но за друг период (разликата е от 2 до 5%). Изключение прави само извор Сюовриев кайнак, за който разликата е над 30%. Това се дължи на липса на част от данните за периода, в който е изчисляван от нас този показател. Въпреки по-краткият период на наблюдение, резултатите, получени за извор Гъбата са използваеми, поради малките изменения на дебита на извора.

При сравняване хидрограмите на изворите, както и тази на еталонната река (р. Буйновска в местност Попина Лъка) се вижда, че между тях има както прилики, така и различия (фиг. 3). Съвсем естествено е р. Буйновска да реагира на всеки по-значителен валеж и топене на снегове, т.е. в хидрограмата й да има и най-много пикове. Влиянието на окарстяването и хидродинамичните особености се изразява в намаляване броя на пиковете в

Таблица 2
Показатели, характеризиращи режима на изворите

Table 2
Parameters describing springs' regime

№	Извор	N ХМС	Qmax dm^3/s	Qmin dm^3/s	Qmax/Qmin	σ%	σ/σ_e	$\sigma_ц$	$\sigma_ц$ по Панайотов	пикове извор/еталонна река %
1.	Вриса	39	2813	361	7,8	29,8	0,5	0,44	0,45	10
2.	Настан	67	1604	205	7,8	16	0,3	0,51	0,45	10
3.	Рибарника	335	9950	4	2487	114	4,8	1,36	1,33	65
4.	Мугла	336	1925	46	42	39	0,6	0,7	0,67	40
5.	Сювриев кайнак	347	2650	8	331	27	0,4	0,9	0,57	40
6.	Гъбата	696	37	15	2,4	5	0,1	0,11	0,096	1
7.	Жребево	699	2500	3	833	53	0,9	1,18	1,15	50

Таблица 3
Характериктика на режима на изворите по получените резултати

Table 3
Characteristic of the spring's rate from the obtained results

№	Извор	по Овчинников	по Гигинейшвили	по Панайотов
1.	Вриса	променлив	значително устойчив	средно устийчив
2.	Настан	проминлив	значително устойчив	средно устийчив
3.	Рибарника	изключително променлив	неустойчив	силно изменчив
4.	Мугла	изключително променлив	значително устойчив	изменчив
5.	Сювриев кайнак	изключително променлив	значително устойчив	силно изменчив
6.	Гъбата	променлив	изключително устойчив	много постоянен
7.	Жребево	изключително променлив	със съхранен зонален характер	силно изменчив

сравнение с еталонната река, както и известното закъснение. Затова бе определено отношението на броя пикове в съответния извор спрямо този на р. Буйновска в проценти (табл.2).

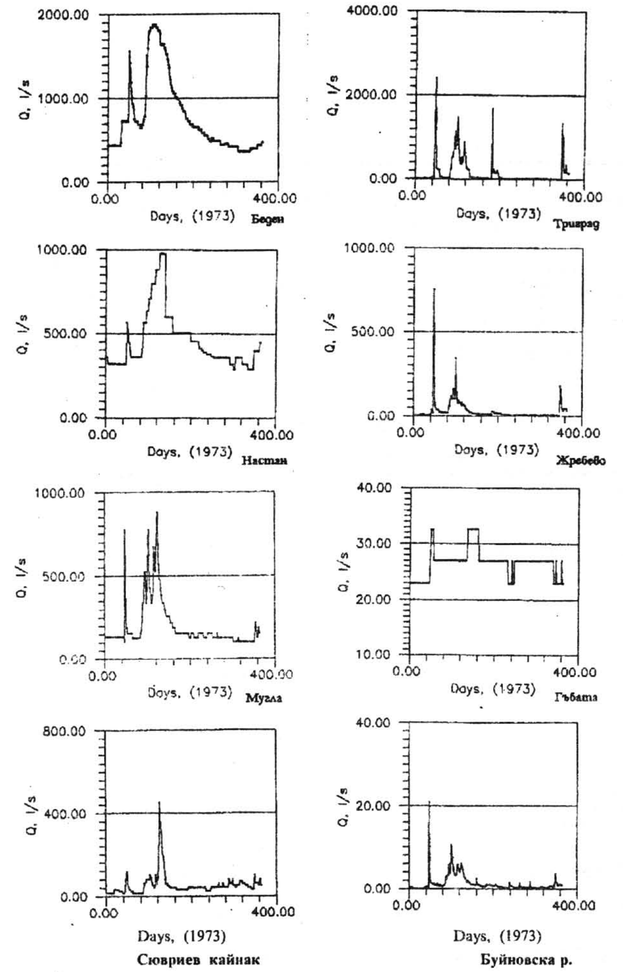
След анализа на хидрограмите на изворите бяха подбрани участъци от тях за изчисляване на коефициентите на изтощаване. За целта се търсеха периоди, в които след рязко увеличение на дебита на изворите да следва неговото намаляване (т. е. да няма в този период ново залпово подхранване на подземните води след валежи или рязко топене на снеговете) или ако има, влиянието му да е минимално. Освен това избраният период трябва да бъде достатъчно дълъг, за да позволява статистическа обработка. Данните от хидрограмите бяха обработени с програмите TIMEROW и TIMESTEP за всички извори с изключение на извор Гъбата, който има относително постоянен дебит.

Почти всички разгледани криви на изтощаване могат да се разделят на 2 участъка, съответно с коефициенти α_1 и α_2 (фиг. 2), като за извор "Триград" в 3 от случаите се отделят участъци, характеризиращи турбулентен режим на движение. Тъй като получените коефициенти на изтощаване за един извор се различават, освен техните граници на изменение бе определена и средната им стойност (табл. 4), а също и съотношението $\alpha_1:\alpha_2$ за всеки избран период. От таблицата са изключени единичните стойности за коефициентите, които рязко се отличават от останалите за съответния извор. Вижда се, че α_2 се изменя в по-широки граници от α_1, и явно зависи от моментното подхранване.

На основата на получените резултати (табл. 2, 3, 4) бяха сравнени режимите на отделните извори. По тяхната изменчивост те могат да се разделят на следните групи:

— Извор Гъбата е с най-постоянен дебит. Всички получени стойности за него са най-ниски. Това, че според класификацията на Овчинников той се определя като променлив, се дължи на несъвършенството ѝ. Устойчивият дебит на извора не позволява определянето на коефициентите на изтощаване. Може да се предполага, че той дренира по-дълбока част от наситената зона на карстовия масив.

— Изворите Вриса и Настан се характеризират с по-променлив режим от извор Гъбата, но значително по-устойчив от другите извори. Хидрограмите им се характеризират основно със сезонни промени на дебита, с голям пролетен максимум и много редки епизодични пикове само след дълги интензивни валежи. Всички изчислени показатели за двата извора са относително близки. По-променлив е Беденският извор (Врисът). Получените коефициенти на изтощаване тук са най-ниски и са сравнително близки, като това дава основание дасе предполага, че тези извори дренират една и съща добре оформена наситена зона — буфер, който изглажда кривите на изменение на дебитите в сравнение с прекъснатото им подхранване. Това се потвърждава и от проведените от Яранов (1959) индикаторни опити. Относително високите разлики



Фиг. 3. Хидрограми на изворите и р. Буйновска (средно влажна година)
Fig. 3. Hydrograms of the springs and Bujnovska River (average humid year)

между a_1 и a_2 сочат, че зоната на сезонно колебание на водоносния хоризонт е най-добре окарстена.

— Изворите Мугла и Сюввриев кайнак са разположени един до друг и дренират отделна самостоятелна част от Настан-Триградския карстов басейн. Въпреки, че по класификацията на Панайотов (табл. 3) попадат в различни групи, те са сходни помежду си. Хидрограмите им са с близък характер, като броя на пиковете в тях почти съвпадат. Коефициентите на изтощаване са близки и са значително по-високи от тези в Настан и Вриса. Получените резултати и особеностите на хидрограмите дават основание да се предполага наличие на не голяма по обем наситена зона, поради отсъствието на повечето от пиковете, дължащи се на по-слаби валежи и ясно изразените пикове след по-интензивни валежи и снеготопене. Относително високите стойности на коефициентите α_1 и α_2, свидетелстват за високата степен на окарстеност на тази част на басейна (табл. 4).

— Изворите при Рибарника и Жребево се характеризират с най-променлив режим на дебита си. Двата извора имат високи стойности на всички показатели. Интерес представлява сравнението и на хидрограмите им. И в двете се забелязва, че дори и по-малки валежи се отразяват върху дебитите им. Това се дължи на добре развитата канално-галерийна мрежа и активно поглъщащи повърхностни карстови форми. За това се съди и по отношението α_2:α_1, което при много от случаите е близко до 1.

В по-голямата си част водата вероятно тече свободно в карстови канали. Това е по-характерно за извора Триград, при който в 3 от наблюдаваните периоди е установен турбулентен режим на движение. Ролята на по-малките пукнатини и каверни тук е минимална.

От получените данни се вижда, че ако се използват предложените от Овчинников, Гигинейшвили и Панайотов класификации, често един и същи извор попада в различни групи (табл.3). Например изворите Вриса и Настан по Овчинников са променливи, по Гигинейшвили са значително устойчиви, а по Панайотов — средно устойчиви, т. е. отделянето на група в класификациите е субективно. Не е така с числовите стойности. От табл. 2 се вижда, че с нарастване на стойността на който и да е показател се забелязва тенденция за нарастване на останалите показатели. Известни разлики има при показателите на Гигинейшвили за извора Сюввриев кайнак, което може да се дължи на по-късата серия от наблюдения. Интерес представлява и нарастването на средната стойност на коефициента на изтощаване α_1 с увеличаването на $\sigma_ц$ (респективно на останалите показатели). Това показва, че всички тези показатели зависят от конкретните хидродинамични условия и степента на окарстеност и са удобни за сравняване на карстови извори. С известни резерви може да се разглежда показателя на Овчинников поради това, че той се базира само на две величини — максимален и минимален дебит, които могат да имат случаен характер.

Заключение

Използването на статистическите показатели за охарактеризиране и сравнение на дебитите на по-големите извори в Настан-Триградския карстов басейн позволи те да бъдат степенувани количествено и групирани съобразно хидродинамичните им особености. Това позволява да се доизясняват условията за движение на водите в карстовия масив, което е необходимо при оценката условията на замърсяване и защитеността им. Установено бе, че изворите Гъбата, Вриса и Настан дренират една голяма по обем наситена зона, която би забавила евентуално попадналия в нея замърсител, като концентрацията му би се намалила многократно. В останалите извори движението на водите е значително по-бързо. Най-уязвими от замърсяване са водите в извора Рибарника при гр. Триград.

Таблица 4
Коефициенти на изтощаване на изворите
Table 4
Coefficient of recession of the springs

№	Извор	N ХМС	брой криви	α_1 [d^{-1}]		α_2[d^{-1}]		$\alpha_1 : \alpha_2$	брой криви с
				диапазон	средно	диапазон	средно		турбо-лентен характер
1.	Вриса	39	15	0,0092 - 0,0674	0,0314	0,0897 - 0,374	0,251	3,2 ÷ 8,1	-
2.	Настан	67	4	0,0049 - 0,02	0,0145	0,023 - 0,15	0,0715	2,7 ÷ 7,5	-
3.	Рибарни-ка	335	15	0,0975 - 0,327	0,282	0,269 - 1,4	0,517	1,1 ÷ 3	3
4.	Мугла	336	9	0,045 - 0,289	0,113	0,11 - 1,21	0,57	2,2 ÷ 5,9	-
5.	Сювриев кайнак	347	9	0,023 - 0,327	0,174	0,077 - 1,13	0,534	1,4 ÷ 5,5	-
6.	Гъбата	696	-	-	-	-	-	-	-
7.	Жребево	699	10	0,042 - 0,325	0,191	0,17 - 0,93	0,438	1,2 ÷ 4,0	-

Литература

Антонов, Х., Д. Данчев, 1964. Основни типове подземни води в България. —*Тр. науч. сесия ВМГИ*, 258—700.

Бецински, П., Т. Панайотов, И. Ненов. 1972. Влияние на карста върху оттока в горното поречие на р. Въча. — *Изв. ИХМ, 20*, 103—132.

Ботева, К., Б. Райкова. 1968. Върху режима на Искрецкия карстов извор. - *Хидрол. и метеорол., 6*, 35—43.

Ботева, К., Б. Райкова. 1970. Върху режима на големите карстови извори в горното течение на река Вит. — *Хидрол. и меторол.*, 3, 27—38.

Гигинейшвили, Г. 1979. *Карстовые воды большого Кавказа и основные проблемы гидрологии карста.* Тбилиси, Мецниереба, 224 с.

Кожухаров, Д. 1984. Литостратиграфия докембрийских метаморфических пород Родопской супергруппы в Центральных Родопах. —*Geologica Balc., 14*, 1, 43—88.

Кожухаров, Д., Р. Димитрова. 1992. *Геоложка карта на България М 1:100000. Картен лист Девин.* Обяснителна записка. КГМР и Геология и геофизика, С., 52 с.

Кожухаров, Д., Р. Маринова, Н. Кацков, Е. Кожухарова. 1992. *Геоложка карта на България М 1:100000. Картен лист Смолян.* Обяснителна записка. КГМР и Геология и геофизика, С., 49 с.

Овчинников, А. 1955. *Общая гидрогеология*. М., Недра, 372 с.

Панайотов, Т. 1966. Устойчивост на вътрешногодишното разпределение на оттока.—*Хидрол. и метеорол., 4*, 21—25.

Панайотов, Т. 1969. Център на вътрешногодишното разпределение на оттока. —*Хидрол. и метеорол., 5*, 35—42.

Панайотов, Т. 1972. Изменчивост на вътрешногодишното разпределение на оттока, хидроложки фази и хидроложки сезони на реките в България. — *Изв. Инст. по хидрол. и метеорол., 20*, 59—82.

Панайотов, Т. 1978 а. Особености в режима на карстовите извори. —*Хидрол. и метеорол., 1*, 57—61.

Панайотов, Т. 1978 б. Вътрешногодишно разпределение на водите от карстовите извори в горната част на поречие Въча.—*Хидрол. и метеорол., 4*, 9—18.

Панайотов, Т. 1983. Класификация на карстовите извори според устойчивостта на отточния им режим. —*Сб. материали ЕРСК*, 327—333.

Райкова, Б., Л. Василева. 1973. Режим на изворите в Опицвет-Безденския карстов басейн и опит за прогнозиране на дебита им. —*Хидрол. и метеорол., 5*, 57—65.

Яранов, Д. 1959. Карстовата хидрогеология на поречието на горното течение на р. Кричим. — В: *"Карстовите подземни води в България"*, С., "Техника", 52—65.

Berkaloff, E. 1967. Limite de validite des formules courantes de tarissement du debit. — *Chronique d'Hydrogeologie, 10*, mars, 31—41.

Boussienesq, M. 1904. Recherches theoriques sur l·ecoulement des nappes d·eau infiltrees dans le sol et sur le debit des sources. — *Journal de mathematiques, 5 serie, 10*, 1.

Castany, G. 1967. Introduction a l·etude des courbes de tarissement. — *Chronique d'Hydrogeologie, 10*, mars, 23—30.

Hristova, N., P. Petrov. 1989. The karst spring regime in Mursalitza ridge of the West Rodopes. — *Geogr. Rodop., 1*, 106—111.

Gabeva, D., A. Benderev, K. Spasov, P. Stefanov, B. Velikov. 1995. Characteristics of recharge and discharge of Nastan-Trigrad karst basin. — *XV Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, September, 17-20*, Athens, Greece, 885—889.

Galabov, M. 1972. Sur l'expression mathematique des hydrogrammes des sources et le pronostic du debit. —*Bull. BRGM, 2 (III)*, 2, 51—57.

Kullman, E. 1980. L'evaluation du regime des eaux souterraines dans les roches carbonatiques du Mesozoique Carpates Occidentales per courbes de tarisment des sources. — *Zapadne Karpaty, Ser. Hydrogeologia a inziniorska geologia, 3*, 7—60.

Maillet, E. 1905. *Essais d·hydraulique souterraine et fluviale.* Paris, Herman, 218 p.

Pulido Bosh, A., A. Padila, D. Dimitrov, M. Machkova. 1995. The discharge variability of some karst springs in Bulgaria studied by time series analysis. —*Journal des Sciences Hydrologiques, 40*, 4, 517—532.

Schoeller, H. 1967. Hydrodynamique dans le karst (Ecoulement et emmagasinement). — *Chronique d'Hydrogeologie. 10*, mars, 7—21.

(Постъпила на 25. 04. 1996 г.)