



Hydrogeological and geophysical investigations for localization of the river recharge of the ground waters of the Bosnek Karst Region

Boyka Mihaylova, Asen Mitev, Aleksey Benderev, Stefan Shanov

Geological Institute, BAS, 1113 Sofia, Bulgaria, Acad. G. Bonchev str., bl. 24; E-mail: boyka@geology.bas.bg; asenvm@geology.bas.bg; aleksey@geology.bas.bg; s_shanov@geology.bas.bg

Key words: karst, hydrogeology, geophysics, surface water, groundwater

Abstract. The karst and the karst waters in the Bosnek Karst Region have been formed inside the Triassic carbonate rocks. The region is separated at two independent hydrogeological systems by tectonically elevated terrigenous rocks of Lower Triassic age. The potential zones for draining and recharge of the karst ground waters have been identified along the river bed of Struma River on the base of geological information and analysis of the position of the caves with underground rivers. The hydrometrical studies were performed during the 25th and the 26th of June 2005 using the standard SEBA hydrometrical propeller. The measurements have been repeated the 15th of July 2006. The geophysical studies were made on two sites selected after the hydrometrical results. They were located near the river bed. Dipole profiling with direct current was done using the

scheme of the Middle Gradients. The used distance between the power electrodes was 50 m, and the distance between the potential electrodes was 5 m. As a result, two different types of fractured zones have been determined — of high and of low resistivity. On the base of the chosen methodological approach it has been proven that the regime of the waters inside the both karst systems is of high dynamism, and the role of Struma River for their recharging is important. But the recharge zones are concentrated at the nearest vicinity of the cave systems with galleries below the river bed. Under bed current exists inside the alluvial sediments, and it is directed inside the karst system by sub-vertical channels when reaching the karstified rocks. The horizontal cave galleries direct the waters towards the springs in the area.

Хидрогеоложки и геофизични изследвания за локализиране речното подхранване на подземните води в Боснешкия карстов район

Бойка Михайлова, Асен Митев, Алексей Бендеров, Стефан Шанов

Въведение

Изясняването на взаимодействието между повърхностни и подземни води има съществено значение при оценка ресурсите на подземните води и на интензивността на карстовите процеси в планинските райони. Преминаването на река през областта на подхранване на карстовите води, най-често е свързано с интензивно губене на нейният отток и насочването му към големи карстови извори. Целта на предложената раз-

работка е да се приложи комплексна методика за локализиране местата на такова подхранване и неговата количествена оценка. Като експериментален район е избран Боснешкият карстов басейн, през който преминава р. Струма.

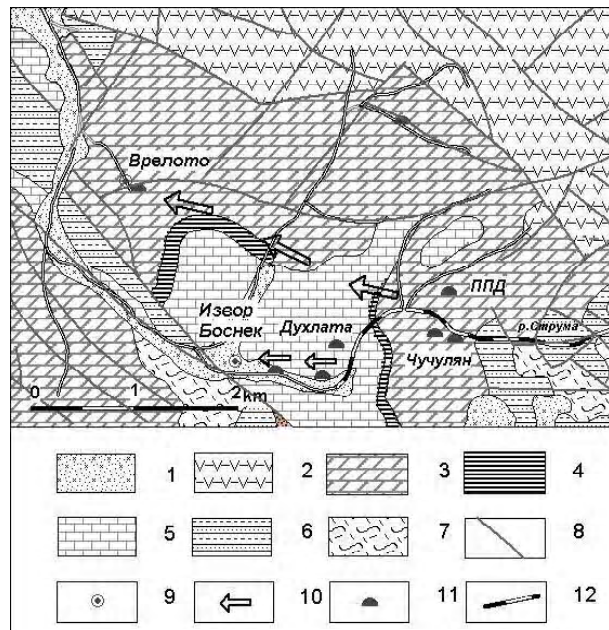
Характеристика на района

Боснешкият карстов район е разположен в горното течение на река Струма и заема планината Голо бърдо и част от южните склонове на Вито-

ша. Карстът и карстовите води в него са били обект на изследване на Методиев (1983); Benderev, Shanov (1997) и др. Релефът му е планински, с надморска височина от 800 m до повече от 1400 m. Река Струма формира оттока си от подземните води в изветрителната зона на скалите на Витошкия плутон под Черни връх и от стичащи се валежни и топящи се снежни води. Поради високотриаските условия годишна сума на валежите тук е по-висока от средната за страната — до 1200 mm за станция Черни връх. Боснешкият карстов район е изграден от навлечени от юг мезозойски скали върху Витошкия плутон (Загорчев и др., 1994). Карстът и карстовите води са формирани в триаските карбонатни скали, изграждащи от общ комплекс, чиято цялост е нарушена от Пернишкия разломен споп, с ориентация 120–140°. Той представлява система от успоредни разломи с разсед-отседен характер, довели до образуване на хорстове и грабени между тях. В един от хорстовете на повърхността излизат долнотриаските теригенни скали, което довежда до разделянето на Боснешкият карстов район на 2 самостоятелни в хидрогеоложко отношение части. Границата между тях преминава южно от с. Боснек. По-окарстени са скалите в северната част, която е обект на настоящето изследване (фиг. 1).

По долината на реката се наблюдава ясна акумулационна тераса от грубозърнести материалли — валуни, чакъли и пясъци. В средната част на карбонатния комплекс, източно от с. Боснек, около долината на р. Струма, е отложена пачка от аргилити и алевролити с дебелината над 50 m, изклинваща на север. Тя представлява локален водоупор, разделящ комплекса на два хоризонта с оформени карстови водоносни системи. Всяка от тях започва от навлизането на реката в съответните скали, завършва в извор и се наименува по най-голямата пещера разкриваща системата — Врелото и Духлата. В зоната на подхранване на система Врелото, подземни води са установени като малък поток в пещера Чучулян (пропадна пещера, дъното на която е разположено на около 40 метра под руслото на Струма) и реката в пропадната пещера ППД, чието дъно е също дълбоко под руслото на реката. В зоната на дрениране, подземният път на водите се проследява в изворната пещера Врелото (с дължина около 6500 m и с подземна река в нея). Проведените от СПК „Академик“ индикаторни опити доказаха връзките между водите в ППД и Чучулян и извор Врелото. Времето за пристигане на индикатор е от порядъка на 1–3 дена. С толкова закъсняват и максимумите на дебитите на извора след валеж.

В система Духлата (най-дългата пещера в България — 17 000 m) подземните води се проследяват в нейния най-долен етаж. Тук има няколко малки подземни потоци, които се вливат



Фиг. 1. Геолого-хидрогеоложка карта на северната част на Боснешкият карстов район:

1 — Алувиални наслаги; 2 — Кредни магмени и седиментни скали с пукнатинни води; 3 — Горен триаски водоносен хоризонт (варовици, доломити); 4 — Вътрешно триаски локален водоупор (аргилити и алевролити); 5 — Долен триаски водоносен хоризонт (варовици); 6 — Долнотриаски регионален водоупор (пясъчници, конгломерати); 7 — Палеозойски водоупорни скали; 8 — Разломни нарушения; 9 — По-важни извори; 10 — Посока на движение на карстовите подземни води; 11 — По-важни пещери; 12 — Изследван участък от р. Струма

в една основна река, която е под руслото на р. Струма (на дълбочина до 40 m). С индикаторни опити е доказана връзката между течащите води в пещерата и извора в с. Боснек. Времето на достигане на индикатор е от порядъка на 1-2 часа, при разстояние между крайната точка на пещерната река и извора около 600 m.

Методика на изследване

А. Хидрометрични измервания. Чрез тях са определени потенциалните зони на подхранване и дрениране на карстовите води. На основата на анализ на геоложката обстановка и положението на пещерите с подземни реки в тях, бяха подбрани пунктовете за измервания (фиг. 2). Първият пункт е преди навлизането на р. Струма в карстовия басейн, а следващите пунктове са разположени, съобразно възможностите за измерване, през 100–200 m. Маркирани бяха участъците, в които водата на р. Струма напълно изчезва. Освен това бяха измервани водните количества на изворите, дрениращи карстовите системи — извора в с. Боснек и Врелото. Измерванията се

извършиха на 25 и 26 юни 2005 г. по стандартна методика, с помощта на хидрометрично витло на фирмата SEBA. На 15 юни 2006 г. бяха повторени измерванията в част от избраните пунктове.

Б. Геофизични проучвания. Те се извършиха по метода Диполно профилиране с постоянен ток по схема на срединните градиенти. При този метод захранващите токови електроди А и В са постоянно фиксирани, докато измерителните електроди М и N се местят по площта. Резултатите се привеждат към средата на приемната линия (MN). Теоретично е доказано, че електрическото поле е най-хомогенно в средната 1/3 част от разстоянието между електродите А и В. Това позволява изследванията да се правят много по-детайлно върху площи със специфична структура, каквито са карстовите райони. В изследвания район бяха направени две снимки на площадки, разположени върху зони в близост до руслото на р. Струма, чието местоположение се избра след проведените хидрометрични измервания. Използваното разстояние между захранващите електроди е 50 m, между приемните и съответно разстоянието между точките на измерване е 5 m, което осигурява необходимата детайлност при изследването.

Резултати

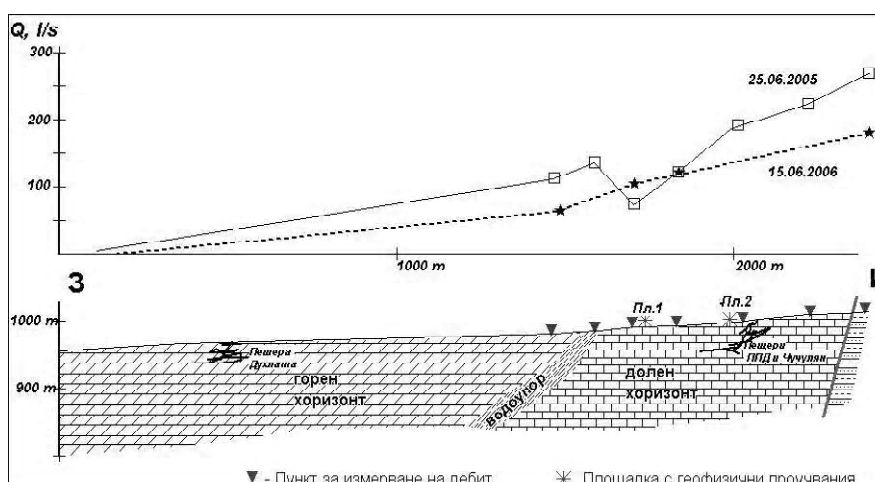
Хидрометричните изследвания доказаха, че водите на р. Струма подхранават и двете карстови системи — Врелото и Духлата. Това подхранването бе определено количествено (табл. 1, фиг. 2),

което бе облекчено и от факта, че по време на измерванията р. Струма при с. Боснек бе без отток. При анализ на дебита на извор Врелото се вижда, че при първите измервания, той значително превишава речното подхранване в разглеждания участък, докато при вторите е по-малък. Това вероятно се дължи на различните климатични условия преди провеждане на отделните измервания и по-късната реакция на извор Врелото на промените в подхранването. При първият случай не са се оттекли проникналите по-рано в карстовата ситема значителни водни количества, докато при втория измерванията са извършени след засушлив период. По-ниския дебит на извора при с. Боснек, дренаиращ карстовата система Духлата, вероятно се дължи на протичане на вода като подруслов поток в грубозърнестите алувиални наслаги на терасата на р. Струма. При измерванията на 25–26 юни 2005 г. (проведени в повече пунктове) се установи, че след навлизане на р. Струма в зоната на подхранване на система Врелото, тя постепенно намалява дебитата си, но преди да излезе от нея водното и количество се увеличава с около 50 l/s. Вярно, че в тази зона в р. Струма се влива страничен поток с дебит 15 l/s, но увеличението на оттока остава съществено — около 35 l/s. За изясняване причините за това увеличение се проведе геофизичните изследвания в две площадки (фиг. 3).

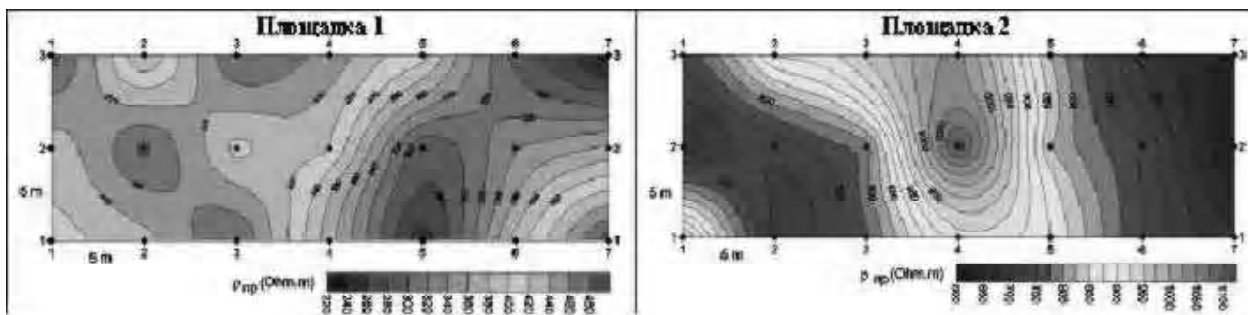
За Площадка 1 изолините на привидното електрическо съпротивление ясно открояват зона с аномално ниски стойности. Площадката

Таблица 1. Оценка подхранването на подземните карстовите системи в l/s

Дата	Резултати от измерванията на р. Струма, l/s		Количество подхранване, l/s		Дебити на извори, l/s	
	Преди влизане в района	След локалния водоупор	Врелото	Духлата	Врелото	Боснек
26.06.05	266	112	154	112	472	-
15.06.06	180	63	117	63	124	37



Фиг. 2. Схематичен хидрогеоложки профил по течението на р. Струма с резултати от хидрометричните изследвания



Фиг. 3. Карти на привидните електрически съпротивления на площадките на геофизични изследвания (метод на срединните градиенти)

снимка е направена върху заливната речна тераса, в непосредствена близост до завирената чрез изкуствен бараж площ. Линейно изтеглената аномалия с ниски електрически съпротивления, по всяка вероятност, се дължи на влиянието на среда, запълнена с глинесто-песъчливи седименти или вода. Имайки предвид резултатите от хидрометричните изследвания предполагаме наличието в този участък на неокарстени скали с подруслов поток в алувиалните наслаги. При Площадка 2 се наблюдава коренно различна картина. Практически, на това място, измерванията са направени на по-висока кота над водата в речното русло, като предполагамата окарстена разломна зона е видима в близкото скално разкритие над реката. На това място се регистрира високоомна, линейно изтеглена електрическа аномалия. Тя може да отразява окарстената зона под алувиалните отложения, но в интервал, в който липсват електропроводящи и оводнени седименти, т.е. в тази площадка попада зона, в която става интензивно проникване на речни води в дълбочина.

Изводи

Получените резултати, наред със съществуващите от преди данни, показват че:

— Речното подхранване има значителна роля за карстообразуването и за формиране на кар-

Литература

- Загорчев, И., Р. Маринова, Д. Чунев, П. Чумаченко. 1994. *Геоложка карта на България. Картен лист Перник. Обяснителна записка*. КГМР, С., 92 с.
- Методиев, Р. 1963. Хидрохимично и хидрогеолошко изследване в района на село Боснек за доказване на съществуващи каверни, неразкрити с други

стовите води. От реката се губят значителни количества вода, насочваща се към съответните извори;

— Режимът на водите и в двете карстови системи е твърде динамичен, вследствие съществената роля на р. Струма в подхранването им. Системата на Духлата реагира значително по-бързо на промените в дебита на реката, поради значително по-малкото разстояние между зоните на подхранване и дрениране. В системата на Врелото речната вода достига по-бавно до извора и притежава ретензионна способност, а също и ролята на валежното подхранване е по-голяма, отколкото при Духлата;

— Речното подхранване е неравномерно по протежение на руслото на р. Струма. То е концентрирано в по-окарстените зони, в близост до пещери, чиито най-ниски части са под речното легло;

— В алувиалните наслаги на р. Струма е формиран подруслов отток, който е прекъснат в участъците, където основните скали са окарстени. В тези зони водите се движат вертикално надолу до достигане на хоризонтални карстови канали, насочващи водите към съответните извор.

Благодарности. Авторите благодарят на членовете на СПК „Академик“ за съдействието при проведените изследвания и за предоставената информация.

методи. — В: *Сб. Материали на Европейска Регионална конференция по спелеология*, София, 22—28 септември, 1980, т. II, 514—516.

- Benderev, A., S. Shanov. 1997. Karst waters from the region of Bosnek (West Bulgaria): Characteristics and conditions of formation. — In: *Proc. 12 Intern. Congr. of Speleology, La Chaux-de Fonds, Switzerland*, 10-17 Aug. 1997, vol. 2, 255—258.