

ХИДРОГЕОЛОГИЯ НА ДОЛНОБАНСКИЯ ТЕРМОВОДОНОСЕН БАСЕЙН

Павел Пенчев

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България
E-mail: pentchev@cblink.net

Васил Захариев

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България
E-mail: vassil_zahariev@abv.bg

Боряна Денева

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България
Email: boryana_deneva@yahoo.co.uk

РЕЗЮМЕ

Предмет на изследване са изворните находища на минерални води Костенец, Долна баня, Момин проход и Пчелински бани, проявени в Костенецкото грабеново понижение. Специфичните геоложки, хидрогеоложки и хидрохимични условия в находищата дават основания те да се разглеждат като части от една обща хидрогеоложка структура, означавана като *Долнобански термоводonosен басейн*.

Очертани са обхватът и границите на басейна. Направено е описание на отделните находища. Въз основа на актуални измервания и на данни от режимни наблюдения е оценен дебитът на всяко от тях. Общият отток на минерална вода от находищата в Долнобанския термоводonosен басейн понастоящем възлиза на 53 l/s. Дадена е хидрохимична характеристика на минералните води и са очертани закономерностите в разпределението на състава и температурата им.

Съставен е компютърен модел на Долнобанския термоводonosен басейн, от който са определени зоните на подхранване за всяко от находищата. Моделът потвърждава хидравличната връзка между отделните части на басейна и същевременно изяснява обособяването на находище Костенец като автономна част от басейна.

ВЪВЕДЕНИЕ

Долнобанският термоводonosен басейн се намира в централната част на западна България, между планините Рила и Ихтиманска Средна гора, като в границите му са проявени находищата на минерални води Костенец, Долна баня, Момин проход и Пчелински бани. Изследваният регион попада във водосбора на р. Марица, като обхваща южните склонове на Черни рид от Ихтиманска Средна гора, източните склонове на рида Шумнатица, североизточните склонове на Рила планина и Костенецката котловина.

Първите най-общи сведения за геологията на региона дават А. Воуе и А. Викуел. По-късно той е изследван от Г. Златарски, Г. Бончев, Ст. Бончев, П. Бакалов и др. Резултатите от геоложките картировки са обобщени от Димитрова и Кацков (1990), Илиев и Кацков (1990, 1993) в Геоложка карта на България в М 1:100 000 - картни листове Велинград и Ихтиман.

Първи изследвания на състава на минералните води извършва Н. Добрев (1905) и А. Азманов (1940). Съвременните каптажни съоръжения на минералните извори в Момин проход и Пчелински бани са изградени под ръководството на Г. Василев съответно през 1936 и 1937 г. Каптажните работи на естествените минерални извори в Костенец през 1939 г. ръководи Б. Радославов, а тези в Долна баня през 1942-1943 г. - Павел Петров. Данни за минералните води от находищата публикува П.Ст. Петров (1964). В района на находищата са извършвани сондажно-хидрогеоложки проучвания от организациите

ИПП "Водоканалпроект", ГПП - София и ГПП - Асеновград към Комитета по геология.

Хидрогеоложките условия в четирите находища са разгледани от К. Щерев (1964), който ги включва в "Костенецки район", като отбелязва наличието на хидрогеохимична зоналност в него. За пръв път находищата Костенец, Долна баня, Момин проход и Пчелински бани са обединени под названието "Долнобански басейн" от П. Ст. Петров и др. (1970). Според тези автори басейнът представлява грабенова структура, оформена от разломните зони между Рило-Родопския масив и Средногорието, като главната зона на подхранване се намира по североизточния дял на Рила планина. Въпреки, че тези автори разглеждат находищата като част от обща хидрогеоложка структура, те не правят цялостна оценка на хидродинамичните условия в нея. Техните изследвания са съсредоточени главно върху отделните находища на минерални води.

Предмет на настоящото изследване е изясняване на хидрогеоложките условия в района на Костенец – Долнобанската котловина, където са проявени четирите находища на минерални води Костенец, Долна баня, Момин проход и Пчелински бани. Находищата са разгледани като елементи от една обща хидрогеоложка структура, означена от авторите като *Долнобански термоводonosен басейн*. Очертани са границите на басейна и са определени зоните на подхранване и дрениране на минералните води в него. От направения анализ на съществуващата геоложка и хидрогеоложка информация е съставена хидрогеоложка карта на региона. Съставен е концептуален

математически модел на Долнобанския термоводоносен басейн, чрез който се потвърждават приетите от авторите хипотези. Чрез модела за първи път се прави опит за изясняване на хидродинамиката на минералните води в басейна.

Описанието на находищата е извършено въз основа на обобщаване на наличната архивна информация и обследвания, проведени от авторите в периода 2001 - 2003 г. През този период се измериха дебитите и температурата на минералните води от отделните находища. Проведени бяха и химични, хелиометрични и радиологични изследвания.

ФИЗИКОГЕОГРАФИЯ, ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЯ НА РЕГИОНА

Климатът е умерено-континентален, с подпланински и планински характер. Лятото е горещо, а зимата е студена. Средната годишна температура се изменя от -2.9°C за планинските райони до $+9.3^{\circ}\text{C}$ за котловинната част от басейна (ст. Долна баня). Валежите, които са един от основните фактори за формирането на подземните води, средногодишно са от 685 mm за котловинната част на басейна (ст. Долна баня) до 1252 mm за планинската част (вр. Мусала). Снежната покривка, респ. снеготопенето, е важен елемент за устойчивото подхранване на повърхностните и подземните води. В планинската част от басейна (вр. Мусала) средната продължителност на дните със снежна покривка е 241.

Релефът в проучвания район е разнообразен - от равнинен преминава в хълмист и планински, с добре изразена разчлененост. Надморската височина се изменя, както следва: 450 - 600 m в котловината, 600 - 850 m в подножието на Рила, 1262 m (вр. Крепостта от Черни рид) в северозападната част на басейна и над 1500 m в масива Рила планина, с най-висок връх Мусала (2925 m).

Главната отводнителна артерия в басейна е р. Марица, с максимален отток през пролетта. Речната мрежа е гъста, с многобройни притоци и малки дерета, спускащи се от оградните планини.

В геоложкия строеж на региона участват: докамбрийски метаморфни формации - гнайси, амфиболити, шисти и мигматити; палеозойски гранитоидни плутони; горнокредни гранодиоритни интрузии; палеогенски континентални отложения по Рилските склонове; неоген-кватернерни езерно-речни наслаги и кватернерни речни отложения в Долнобанската котловина.

Основните термоводоносни формации са гранитоидите на Рило-Западнородопския батолит и горнокредните интрузии в Средногорието и Родопския масив.

Рило-Западнородопски батолит (Pz). Изгражда южната част на изследвания басейн. В регионален план батолитът е вложен дискордантно сред докамбрийския метаморфен фундамент. В него се отделят две наставки: гранодиорити ($\gamma\delta Pz_2$) и средно- до едрозърнести биотитови гранити (γPz_2). Гранодиоритите от първата наставка се разкриват южно от гр. Долна баня. Средно - до едрозърнестите

гранити на втората наставка изграждат района южно и западно от курортно селище Костенец и североизточно от вр. Мусала. Те се отличават с постоянство в строежа, състава и химизма, левкократни са и са изградени от плагиоклаз, калиев фелдшпат, кварц, биотит, амфибол и акцесорни минерали.

Горнокредни интрузии (K_2). Представени са от:

Гуцалски плутон ($\gamma\delta K_2$). Разкрива на запад от с. Момин проход, около селата Гуцал и Пчелин. Изграден е от едрозърнест гранодиорит, левко- до мезократен, с масивна текстура. Минералният му състав е плагиокалз, калиев фелдшпат, кварц, амфибол, биотит, апатит, титанит, серицит, епидот. По химизъм скалите се отнасят към нормалните гранодиорити от калиево-натриевата серия.

Плански плутон. Изгражда северозападните отдели на басейна. Има наставен характер. Първата наставка е представена от габро, габро-пироксенити ($pl\gamma K_2$), а втората - от диорити, кварц-диорити ($pl\delta K_2$) и кварц-монцодиорити ($pl\zeta K_2$). Двата плутона са част от Маришката неоинтрузивна зона. Възрастта им е определена на около 73 млн. години.

Горнокредни интрузии в Родопския масив. Счита се, че те са самостоятелни тела, внедрени в Рило-Западно-родопския батолит, в по-късен етап на магмена активизация (Димитрова, Кацков, 1990). Представени са от дребнозърнести биотитови гранити до плагиогранити, изграждащи интрузивно тяло, намиращо се югозападно от курортно селище Костенец.

Главна тектонска структура в региона е Маришкия шев, който разделя Родопския масив от Средногорието. Проследява се от долината на р. Бели Искър през курорта Боровец, с. Радуил, Костенец, с. Сестримо до Белово. Първоначално има посока около 90° , а към с. Сестримо и гр. Белово посоката се изменя до 120° . Ширината му е от порядъка на 10 - 20 km. Той представлява дълбочинен разлом, съставен от серия субпаралелни, предимно вертикални, със слаба южна вергентност разломи, по които стъпаловидно е пропаднал северният склон на Родопския масив.

Подземните води в района на Костенец - Долнобанската котловина и склоновете на оградящите я планински масиви са порови, пукнатинно-карстови и пукнатинни.

Порови води. Акумулирани са в кватернерните и неогенските неспоени и слабоспоени материали. Имат инфилтрационно подхранване и плитка циркуляция. Дренажът им се осъществява от речно-овражната система.

Пукнатинно-карстови води. Установени са в най-югоизточната част на региона. Формирани са в докамбрийските напукани и окарстени мрамори. Имат плитка циркуляция и подхранват студени извори с непостоянен дебит.

Пукнатинни води от зоната на екзогенна напуканост. Водите са привързани към напуканите, изветрели и

грусирани гранити и докамбрийски метаморфити. Те са студени, със свободно водно ниво и активен водообмен. Подхранват се инфилтрационно от валежите и се дренират от низходящи извори с малък дебит. Част от тези води проникват по пукнатини на голяма дълбочина, където в следствие на промените в състава и температурата си, се трансформират в термоминерални.

Пукнатинни води в зоната на ендегенна напуканост. Водите са термоминерални, имат инфилтрационен генезис, акумулират се и циркулират по пукнатини и тектонски зони в палеозойските гранитоиди и горнокредни интрузии. Последните формират единен в хидравлично отношение резервоар на термоминерални води, означен като Долнобански термоводоносен басейн.

ДОЛНОБАНСКИ ТЕРМОВОДОНОСЕН БАСЕЙН

При обосновката на тази хидрогеоложка единица, като геолого-тектонска основа е използвана Геоложка карта на България в М 1:100 000 - к. л. "Ихтиман" и "Велинград" (Димитрова и Кацков, 1990; Кацков, Илиев, 1993), и следните хидрогеоложки критерии:

1. Сходен литолого-петрографски състав на основните водовместващи скални формации.

2. Обща област на подхранване на термоминералните води, която съвпада с областите на разритие на палеозойските и горнокредните гранитоиди. Същата обхваща Черни рид и Шумнатица от Средногорието и североизточните склонове на Рила, попадащи в горната част на водосбора на р. Марица до с. Габровница.

3. Общи закономерности във формирането на химичния състав на минералните води от отделните находища.

Граници на термоводоносния басейн

Границите на термоводоносния басейн и разпространението на основните типове подземни води в изследвания регион, са показани върху съставената от авторите хидрогеоложка карта – Фиг.1.

Северната част на басейна е изградена от гранодиоритите на Гуцалския плутон и диоритите на Планския плутон, а южната - от гранитоидите на Рило-Западно родопския батолит, сред които са внедрени отделни интрузивни тела с горнокредна възраст. Хидравличната връзка между подземните води от двете части е усложнена от разломните структури на Маришкия шев. Възсед-навлака с южна вергентност, по който гранитите и метаморфитите са навлечени върху палеогенските седименти, следящ се по линията Боровец - Радуил - Костенец, представлява хидравлична бариера за движението на подземните води в северна посока. Тази бариера вероятно способства за проявлението на минералните води в находище Костенец, което се разглежда като автономна част от Долнобанския термоводоносен басейн.

Палеозойските и горнокредните интрузивни формации контактуват пряко единствено в западната част на басейна

в района между гр. Долна баня и с. Радуил, като хидравличната връзка между формираните в тях подземни води е директна. В централната и източната част на басейна (респ. Костенецко - Долнобанската котловина), на повърхността се разкриват докамбрийски метаморфити и терциерни и кватернерни седименти, като по сондажен път, под неогенските и кватернерни отложения са установени гранити и гранодиорити. Последното дава основание да се допусне наличието зони на пряк контакт между палеозойските гранити на Рило-Родопския масив от юг и Гуцалския плутон - от север, което е предпоставка за осъществяване на хидравлична връзка между формираните в двата скални комплекса подземни води. В някои участъци хидравличната връзка между водите, акумулирани в двата комплекса, се осъществява и през напуканите и тектонски преработени протерозойски гнайси, които представляват вторичен колектор на минералните води в находище Долна баня.

Зони на дрениране на минералните води

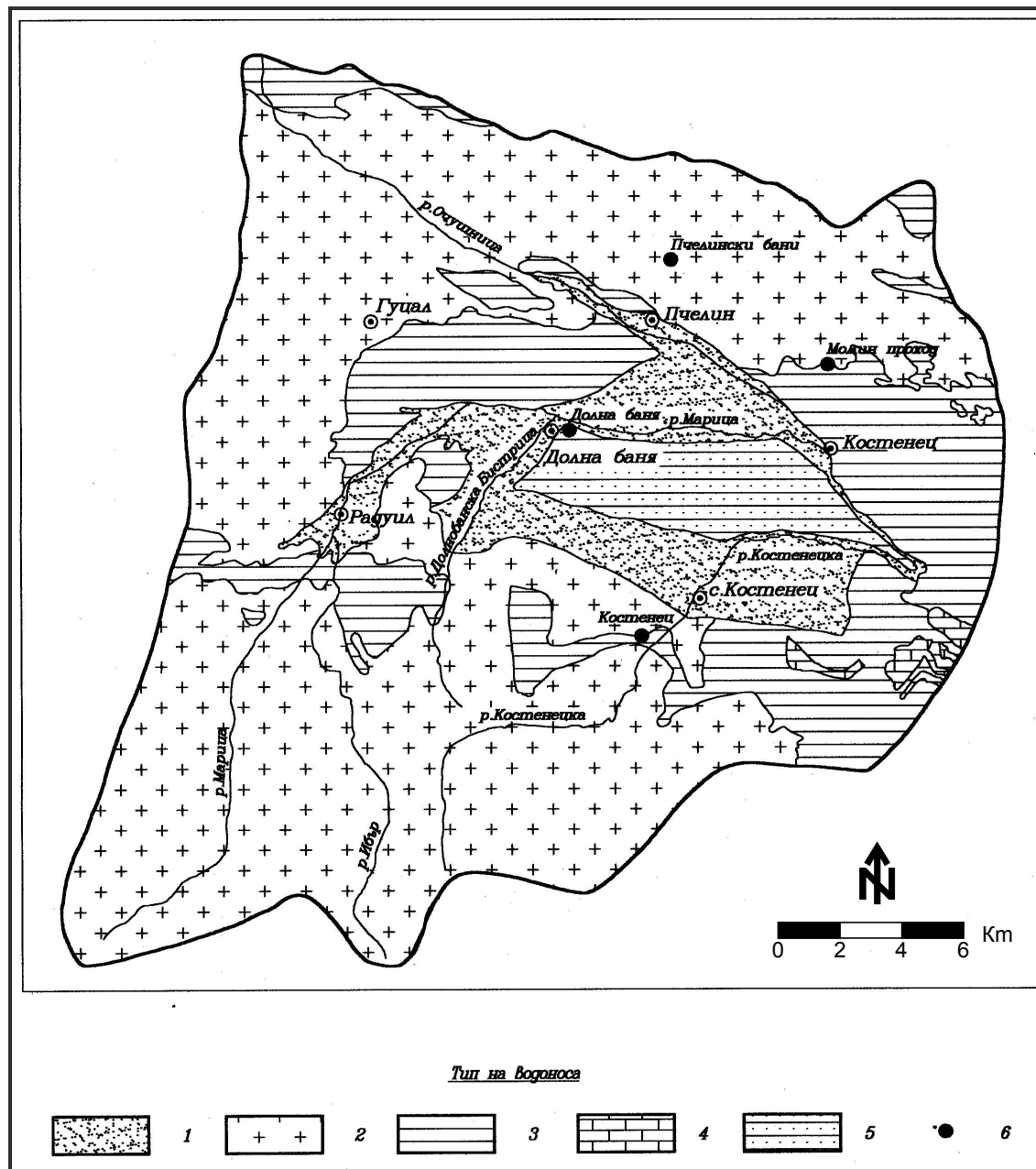
Дренирането на минералите води в басейна се осъществява чрез четири обособени изворни находища - Костенец, Долна баня, Момин проход и Пчелински бани. На фиг. 2 са показани резултатите от режимните наблюдения и актуални данни за оттока от отделните находища, обхващащи периода 1983 - 2003 г. Тенденцията на изменение на оттока от находищата на минерални води е визуализирана чрез линейна функция. Установява се несъществено намаляване на сумарния отток от всички находища в разглеждания период. Причините за това ще бъдат предмет на бъдещи изследвания. Понастоящем сумарният отток от четирите находища се оценява на 53 l/s.

Находище Костенец. Минералната вода извира по дислокация с посока изток-запад, на границата между гранитите на Рило-Родопския батолит и палеогенските седименти. Главната зона на подхранване на тези води се намира по североизточния дял на Рила. Находището е проявено с два естествени извора (на кота 850 m) и три сондажа. До започване на сондажно-хидрогеоложките проучвания (1960 г) дебитът на изворите се е изменял от 3.3 до 4.2 l/s, а температурата на водата - от 35 до 41.7 °C. Каптираните извори са пресъхнали след извършването на сондажните работи и експлоатацията на сондажите. Понастоящем от прокарните сондажи експлоатационен е само един (Сондаж №2), с дълбочина 444.70 m. Сондажът е каптиран с оглед експлоатацията му да се извършва на самоизлив, като към днешна дата дебитът му възлиза на около 14.3 l/s при температура на водата 46 °C.

Находище Долна баня. Находището е разположено на десния бряг на р. Лъджа дере, която е приток на р. Марица. Преди каптирането термалните води са извирали на три места в речната тераса, на кота 615 m. При каптирането на извора е установено, че термалната вода извира от кристалинните шисти по дислокация с ширина около 1 m и посока изток - запад. Първоначално изворът е имал дебит от 2,25 l/s до 4 l/s при температура на водата от 56 °C. В последствие на територията на находището са изградени три дълбоки сондажи, от които експлоатационни са само два, съответно с дълбочини: 279 и 315 m. В

следствие прокарането на сондажите, дебитът на извора е намалял до 1.4 l/s. В последствие между водоизточниците е установено хидравлично равновесие, като понастоящем експлоатационните ресурси на находището се оценяват приблизително на около 15 l/s, при температура на водата в границите 56 - 64 °C (съответно - от извора и от експлоатационните сондажи).

Находище Момин проход. Находището е разположено по южните склонове на Средна гора, в долината на р. Башница. Минералната вода извира от разломените и напукани гранодиорити от източната ивица на Гуцалския плутон, на кота 538 ± 540 m. В съседство на изворната зона е контактът с дислоцираните докамбийски гнайси и гнайсошисти, които се явяват бариерна граница за движението на минералните води. Главните разломни и



пукнатинни системи при изворите са с посоки: изток-запад и север-северозапад - юг-югоизток.

1 – Кватернерен водоносен хоризонт с порови води и висока до средна водообилност – речни тераси и наносни конуси (чакъли, валуни, пясъци и глинести пясъци); 2 – хидрогеоложки формации с пукнатинни води и средна водообилност – палеозойски и горнокредни интрузии (гранити и гранодиорити); 3 – хидрогеоложки формации с пукнатинни води и ниска водообилност до неводоносни скали – докамбийски метаморфен комплекс (гнайси, шисти, амфиболити) и палеогенски седименти (конгломерати, пясъчници, аргилити, битуминозни шисти и въглища); 4 – хидрогеоложки формации с пукнатинно-карстови води и средна до висока водообилност – Добростанска свита (докамбийски напукани и окарстени мрамори); 5 – хидрогеоложки формации с порови води и ниска водообилност до неводоносни скали – плиоценски наслаги (глини, пясъци и брекчоконгломерати); 6 – находище на минерална вода.

Фигура 1. Хидрогеоложка карта на Долнобанския термоводоносен басейн

Преди каптирането, минералните води са се дренирали от 10 извора, подредени по разломна зона на протежение от около 25 m. Температурата на водата в отделните извори се е изменяла от 20 до 68.8 °C, а общият им дебит преди каптирането е възлизал на 11.10 l/s. След каптирането на изворите през 1936 г. при водно ниво, запазено и до днес, дебитът на изградения каптаж се е установил на 15.00 l/s при температура на водата 65.4 °C. Сред всички термални изворни находища в Долнобанския термоводоносен басейн, каптираният извор в Момин проход изтича на най-ниска кота, с постоянен дебит от 15 l/s.

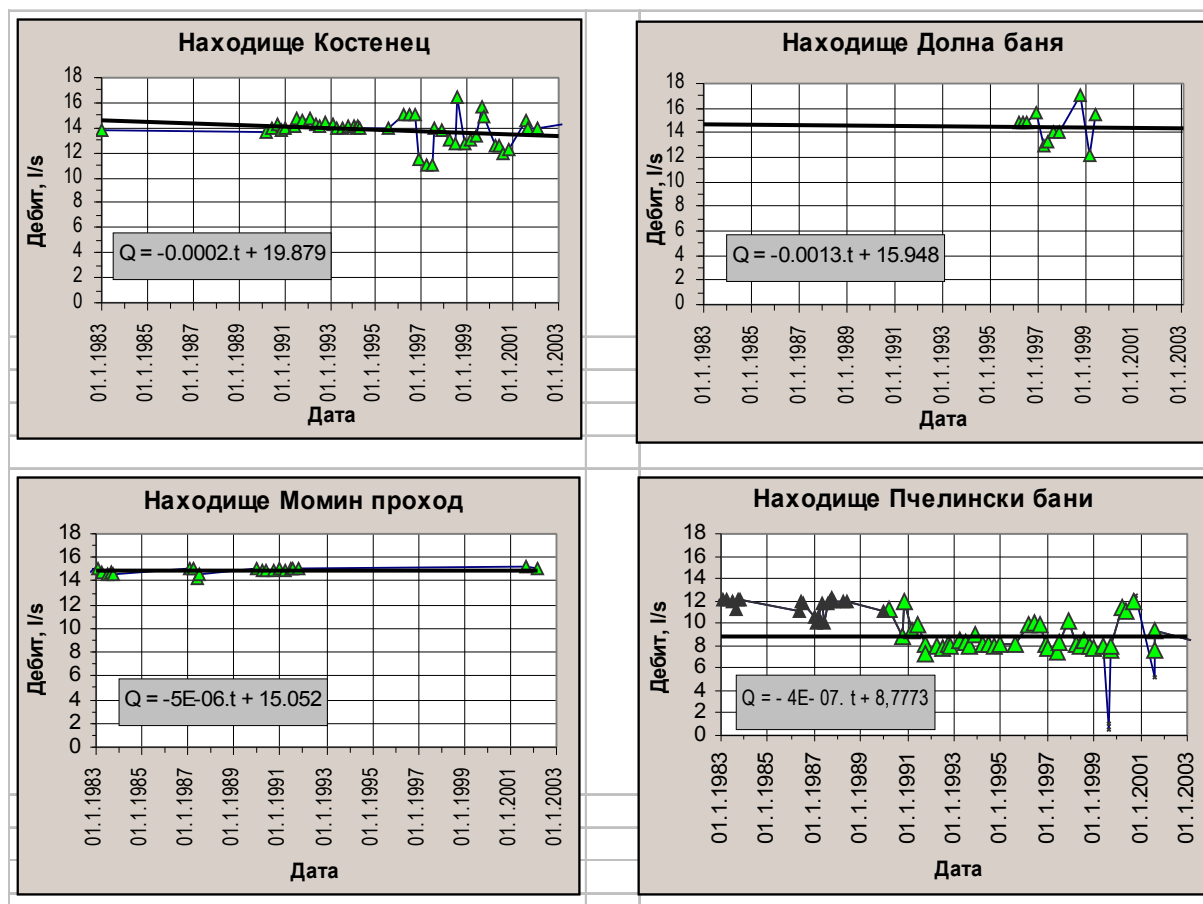
Находище Пчелински бани. Теренът е изграден от гранитоидите на Гуцалския плутон. Минералната вода преди каптирането се е дренирала от няколко малки извора, излизащи от разседна зона с широчина от 3 до 10 m, с изток-западна посока и стръмен наклон. Изворите са се появили на мястото, където разломът се пресича от напречни тектонски пукнатини с посока север-юг. Скалите в и около разломната зона са хидротермално променени. Общият дебит на изворите преди каптирането е възлизал на 11.17 l/s, а след това - 11.7 l/s, при температура на водата 73°C.

Хидротермалното находище представлява сеизмохидрогеоложки феномен - при всички силни земетресения, проявени от огнищата в България или в съседни страни, се

отчита намаление на дебита на каптирания извор. В района на находището през 1965-1967 г са прокаани 3 сондажа с дълбочина от 349 до 497 m. От тях единият е ликвидиран, вторият е бил оборудван като сеизмохидрогеоложки наблюдателен пункт, който понастоящем не функционира, а третият е каптиран като резервен експлоатационен водоизточник при екстремни ситуации. Понастоящем дебитът на каптиран извор "Пчелин" възлиза на около 8.8 l/s.

Физико-химичен състав на минералните води

В химическия състав на минералните води от четирите находища е установено определено химично и генетично сходство. Термоминералните води от Костенец (46 °C), Долна баня (62 °C), Момин проход (65 °C) и Пчелински бани (73 °C) са азотни, хелиеви, средно и силно радиоактивни, с обща минерализация от 0.29 до 0.98 g/l, с високо съдържание на флуорид (до 12.5 mg/l) и силиций (до 127 mg/l H_2SiO_3). По катионен състав водите се характеризират като натриеви, а по анионен - от хидрокарбонатно-сулфатни (Костенец) до сулфатни (останалите три находища). В тях е установено наличието на голям брой редки и разсеяни микрокомпоненти, сред които с повишени микросъдържания са Li, Ga, Ge, W и др. Изворните води в Пчелински бани имат най-високата температура - 73 °C, а тези в Момин проход - максимална радиоактивност - до 580 емана (2146 Bq/l).



Фигура 2. Режимни наблюдения на оттока от находища Костенец, Долна баня, Момин проход и Пчелински бани за периода 1983 - 2003 г.

Закономерностите в разпределението на състава и температурата на минералните води в басейна, отразяват

филтрационния им път през водовместващите скални формации. Палеозойските гранитоиди на Рило-Западно-

допския батолит са по-стари и следователно, пукнатините в тях са "по-промити", т.е водоразтворимите соли са в по-голяма степен изнесени и подземните води, формирани и циркулиращи в тях, са с по-ниска минерализация. Пример за това е съставът на минералната вода в находище Костенец.

Горнокредните неointрузии са значително по-млади, и следователно са по-малко "промити", което дава пряко отражение върху по-високото съдържание на разтворени компоненти в акумулираните в тях подземни води. Това обяснява увеличението на минерализацията, концентрациите на сулфатите, флуоридите, метасилициевата кисе-

лина в северна посока - от Рила към Средногорието. В същата посока относително намалява съдържанието на хидрокарбонатите и се понижават стойностите на pH. Установява се закономерно увеличаване на температурата на минералните води в северна посока, което се дължи на по-голямата дълбочина на циркулация на подземните води.

Обобщена информация за дебита и основните физико-химични параметри на минералните води от четирите хидротермални находища в Долнобанския термоводоносен басейн е представена в Таблица 1.

Таблица 1 Хидрогеоложки и физико-химични характеристики на минералните води в Долнобанския термоводоносен басейн.

ГИДРОДИНАМИЧЕН МОДЕЛ НА ДОЛНОБАНСКИЯ ТЕРМОВОДОНОСЕН БАСЕЙН

За изясняване на хидродинамичните условия в Долнобанския термоводоносен басейн е съставен концептуален компютърен модел. Целта на модела е да се потвърдят основните допускания и твърдения, изложени по-горе, да се определят зоните на подхранване на всяко находище, както и да се изследват хидравличните връзки между тях. При съставянето на модела са възприети характерни за съответните литоложки разновидности филтрационни параметри, тъй като липсват конкретни данни за тях. Моделът е генерален и предстои бъдещото му усъвършенстване и проверка.

Хидродинамичните условия в Долнобанския термоводоносен басейн са визуализирани чрез компютърен модел, генериран с модул MODFLOW 96. Границите на моделната област съвпадат с границите на разпространение на гранитите от Рило-Родопския масив и гранодиоритите от Гуцалския и Планския плутони, които формират Долнобанския термоводоносен басейн.

Външните граници на басейна са приети като непроницаеми (барьерни) граници. Южновергентният навлак, който поддържа потока на подземните води от Рило-Родопския масив към централните части на басейна, е зададен като барьерна граница.

Термоводоносният басейн е приведен към еднороден напорно-безнапорен водоносен пласт със следните параметри: Кота долнище на водоносния пласт – 300 m; Кота горнище на водоносния пласт – 400 m; Коефициент на филтрация k - от 0.08 до 0.2 m/d; Проводимост T – от 8 до 20 m²/d; Дебелина на водоносния хоризонт – $m = 100$ m; Активна порестост – $n_0 = 0.05$.

Моделната област е дискретизирана по метода на крайните разлики чрез квадратна мрежа от нодални точки, имаща 171 колони и 161 реда.

В двете основни области на инфилтрационно подхранване на подземните води в басейна - Рило-Родопския масив и Ихтиманска Средна гора - са зададени стойности на инфилтрацията, съответно $1.3 \cdot 10^{-5}$ m/d за първата и $0.8 \cdot 10^{-5}$ m/d – за втората. В централните части на басейна, респ. Костенец - Долнобанската котловина, е зададена

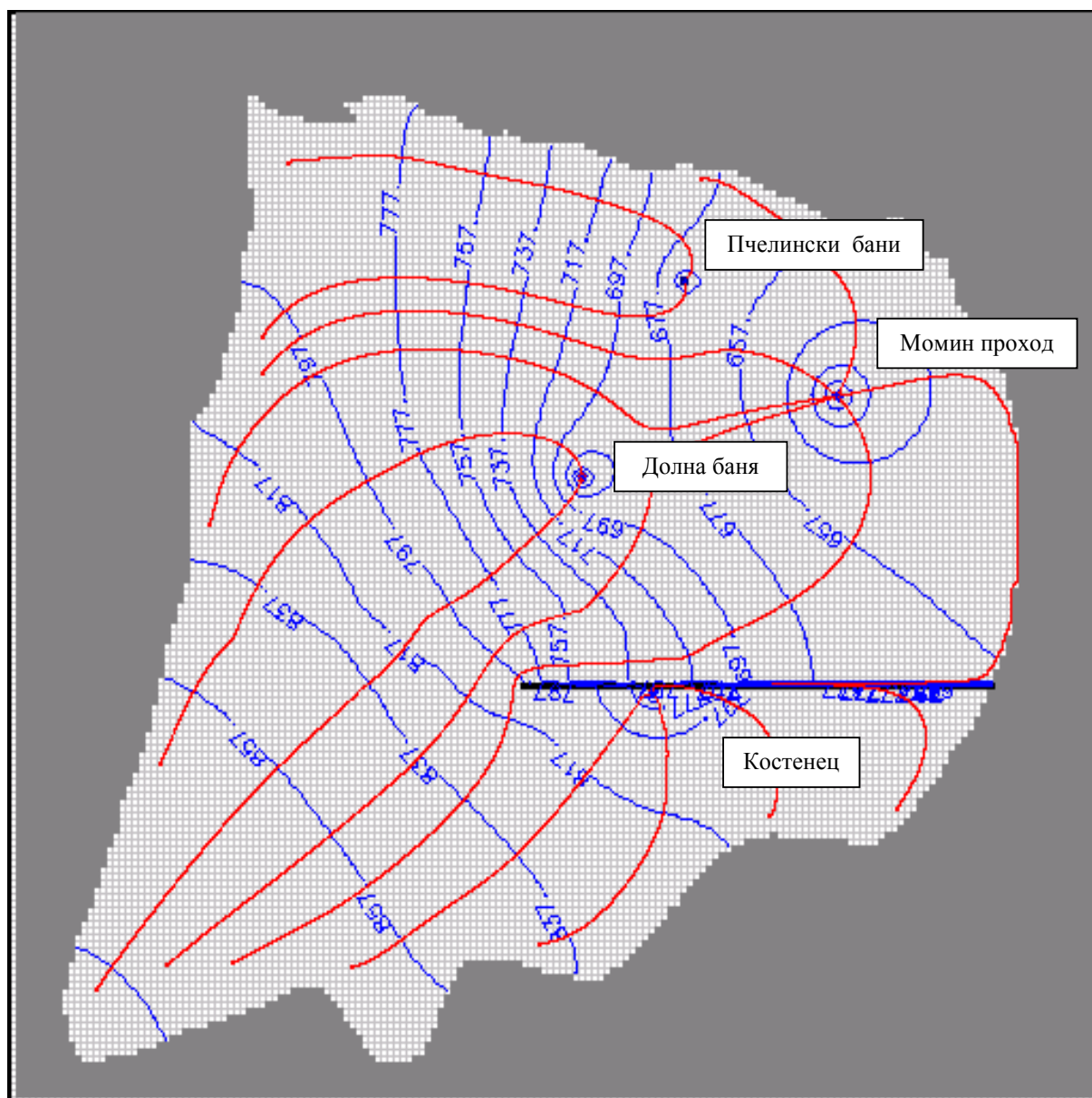
нулева инфилтрация. В клетката, апроксимираща каптиран извор "Пчелин" е зададен постоянен напор (гранично условие от I род) - абс. кота на водното ниво 632.9 m. В клетките, апроксимиращи находищата Момин проход, Долна баня и Костенец са зададени средногодишните им дебити, а именно: Момин проход - 15 l/s ; Долна баня - 15 l/s; Костенец – 14.3 l/s.

Хидродинамичната мрежа на подземния поток е генерирана чрез модул MODFLOW 96 при стабилизан режим на филтрация.

Резултатите от моделирането за визуализирани на Фиг. 3 (хидродинамична мрежа на потока). Потвърждава се наличието на хидравлична връзка между отделните части на термоводносния басейн. Областите на подхранване на четирите находища са добре обособени: находищата

Момин проход и Долна баня се подхранват и от двете области на инфилтрация, подхранването на Пчелински бани е изключително от Ихтиманска Средна гора, а дебитът на находище Костенец се дължи изцяло на Рилско подхранване.

От модела, може да се направи извода, че находище Костенец представлява обособена част от термоминералния басейн. Чрез влиянието на бариерната граница (Фиг.3) се обяснява по-високата кота на дренране на минералните води от находището - с около 200 m по-висока от тази в Долна баня и Пчелин. Чрез този модел се изясняват и различията в състава на водите от находище Костенец спрямо този на водите от останалите находища - минералната вода тук е с най-ниската минерализация и температура в целия басейн, което се дължи на по-късия филтрационен път и близостта на областта на подхранване.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Долнобанският термоводоносен басейн представлява обособена хидрогеоложка структура със сложни пространствен строеж и хидравлични връзки между отделните и части. В басейна се формират термоминерални води, проявени в четирите находища - Костенец, Долна баня, Момин проход и Пчелински бани.

В доклада са очертани обхватът и границите на басейна, определени са зоните на подхранване на минералните води и е дадено описание на отделните находища в него. Въз основа на актуални измервания и на данни от режимни наблюдения е оценен дебитът на всяко от тях. Общият отток на минерална вода от находищата в Долнобанския термоводоносен басейн понастоящем се изчислява на 53 l/s. Представена е хидрохимична характеристика на минералните води от находищата и са очертани закономерностите в разпределението на състава и температурата им.

Съставен е концептуален компютърен модел на Долнобанския термоводоносен басейн. Чрез него са определени зоните на подхранване за всяко от находищата. Моделът потвърждава хидравличната връзка между отделните части на басейна и същевременно изяснява обособяването на находище Костенец като автономна част в него. Моделът е генерален и до голяма степен обобщава хидрогеоложките условия в басейна, поради което е необходимо изследванията да продължат в следните направления:

Изучаване структурата на басейна и хидродинамичните взаимодействия между четирите находища;

Изследване на влиянието на глобалните климатични изменения върху ресурсите на минерална вода в басейна, чрез сравнителен анализ на режимни наблюдения с данни за изменението на климатичните елементи.

Проучвания с цел събиране на по-детайлна информация за калибриране и оптимизиране на модела.

ЛИТЕРАТУРА

- Азманов, Ас. 1940. Българските минерални извори. - София, Държ. печатница, 260 с.
- Гълъбов, М., Ил. Йотов, П. Пенчев, Н. Стоянов, К. Щерев. 1999. Определяне ресурсите на подземните води (методическо ръководство). - С., МОСВ, 175 с.
- Димитрова, Р., Н. Кацков. 1990. Геоложка карта на НР България М 1:100 000, Велинград. - С, ВТС.
- Димитрова, Р., Н. Кацков. 1990. Обяснителна записка към геоложка карта на България М 1:100 000. Картен лист Велинград. - С, Предприятие за геофиз. проучвания и геол. картиране, 52 с.
- Добрев, Н. 1905. Принос към химическото изследване на българските термални и минерални извори. - *Год. Соф. Унив., физ.мат. ф-т*, 1, 126-167.
- Загорски, Г., Владева. 1984. Физико-химична характеристика на минералните води в България. - В: Караколев, Д. (ред.). *Основи на балнеолечението*. С., Медицина и физкултура, 30 - 50.
- Илиев, К., Н. Кацков. 1990. Геоложка карта на НР България М 1:100 000, Ихтиман. - С., ВТС.
- Кацков, Н., К. Илиев. 1993. Обяснителна записка към геоложка карта на България М 1:100 000. Картен лист Ихтиман. - С., Болид, 64 с.
- Загорски, Г., Владева. 1984. Физико-химична характеристика на минералните води в България. - В: Караколев, Д. (ред.). *Основи на балнеолечението*. С., Медицина и физкултура, 30 - 50.
- Петров, П. Ст. 1964. Основни закономерности в разпространението на минералните води в България. - *Тр. геол. България, сер. инж. геол. и хидрогеол.*, 3, 83-158.
- Петров, П. Ст., Св. Мартинов, К. Лимонадов, Юл. Страка. 1970. Хидрогеоложки проучвания на минералните води в България. - С., Техника, 196 с.
- Щерев, К. 1964. Минералните води в България. - С., Наука и изкуство, 172 с.
- ФОНДОВИ ИЗТОЧНИЦИ**
- Петров, П. Ст. 1998. Преоценка на ресурсите на геотермална енергия в България. Долнобански басейн. - Национален геофонд (V-522-4).

HYDROGEOLOGY OF THE DOLNA BANYA THERMAL WATER BASIN

Pavel Pentchev

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria
E-mail: pentchev@cblink.net

Vassil Zahariev

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria
E-mail: vassil_zahariev@abv.bg

Boryana Deneva

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria
Email: boryana_deneva@yahoo.co.uk

ABSTRACT

The study is devoted to mineral water occurrences at Kostenets, Dolna Banya, Momin prohod, Pchelinski bani, revealed within the Kostenets graben depression. Specific geological, hydrogeological and hydrochemical conditions of the above mentioned occurrences of mineral water are the reasons for treated them as parts of a common hydrogeological structure, denoted as Dolna Banya thermal water basin.

Scope and boundaries of the basin are delineated. A description of individual mineral water occurrences is presented. The discharge of each of them is assessed on actual measurements and observations of discharge regime. The total outflow of mineral water from the occurrences of the Dolna Banya thermal water basin recently amounts to 53 l/s. The hydrochemical characteristic of mineral waters is presented as well as regularities in the distribution of composition and temperature.

A conceptual computer model of the Dolna Banya thermal water basin is compiled and it is used for determining the catchment areas for each of the mineral water occurrences. The model confirms hydraulic connection between specific parts of the basin and in the meanwhile studies the determination of Kostenets occurrence of mineral water as an autonomous part of the basin.

INTRODUCTION

The Dolna Banya thermal water basin is located in the central part of west Bulgaria, between the Rila Mountain and the Ihtiman Sredna Gora Mountain. Four mineral water occurrences are revealed in the basin: Kostenets, Dolna Banya, Momin prohod and Pchelinski bani. The region under investigation belongs to the Maritsa River catchment area, comprising the southern slopes of Cherni rid of the Ihtiman Sredna Gora Mountain, the eastern slopes of the Shumnatitsa heights, northeastern slopes of the Rila Mountain and the Kostenets valley.

A. Boue and A. Viquesnel provided first data about the geology of the area. Later the area is studied by G. Zlatarski, G. Bonchev, S. Bonchev, P. Bakalov etc. Results of geological mapping in the area are summarized by Dimitrova and Katskov (1990), Iliev and Katskov (1990, 1993) in the geologic map of Bulgaria in scale M 1: 100 000 – map sheets Velingrad and Ihtiman.

First analysis of mineral water composition were carried out by N. Dobrev (1905) and Azmanov (1929, 1940). Data about the capture of water sources in the mineral water occurrences are presented in the papers of G. Vasilev (1938, 1939), B. Radoslavov (1939) and Pavel Petrov (1943). Data about mineral waters of the mineral water occurrences are published by P. S. Petrov (1964). Hydrogeological conditions of the four mineral water occurrences are analyzed by K. Shterev (1964), who includes them in the "Kostenets area" and draws attention to its hydrochemical zoning.

For the first time the mineral water occurrences of Kostenets, Dolna Banya, Momin prohod and Pchelinski Bani are grouped under the name "Dolna Banya basin" by P. Petrov etc. (1970). According to the last authors the basin is a graben structure, shaped by the faults between the Rila-Rhodope massif and the Srednogorie, and the major recharge area is located down the northeastern part of the Rila Mountain. Authors did not make overall assessment on hydrogeological conditions in the region - their investigations were concentrated mainly on the individual occurrences of mineral water within it.

In the present study the separate mineral water occurrences are considered as integral parts of a general hydrogeological unit, denoted by the authors as Dolna Banya thermal water basin. The last unit is described through detail review of all available reference information and the results of field investigations, conducted by the authors in 2001 – 2003 period. Actual data for mineral water discharge, temperature, chemical composition and radioactivity are presented as well.

DOLNA BANYA THERMAL WATER BASIN

From geological point of view the area under investigation is represented by: Precambrian metamorphic formations – gneiss, amphibolite, shale and marbles, Paleozoic granitoid plutons, Upper Cretaceous granodiorite intrusions, Paleogene continental depositions down the Rila Mountain slopes, Neogene -Quaternary lake-river depositions and Quaternary alluvial depositions in the Dolna Banya valley.

The major water bearing formations collecting thermal (mineral) water in the region are Rila-Western Rhodopes

batholite and Upper Cretaceous intrusions within the Srednogorie and the Rhodopes massif. Thermal waters have an infiltration genesis, they are accumulated and circulate along fractures and tectonic zones within the above described Paleozoic granitoids and Upper Cretaceous intrusions. Both rock complexes may be treated as parts composing a united hydraulic reservoir, denoted as Dolna Banya thermal water basin.

Boundaries of the basin (Fig.1) are delineated on the base of geologic map of Bulgaria in scale 1: 100 000 and

hydrographical network of the region. They coincide with the boundaries of Rila-Western Rhodopes batholite and Upper Cretaceous intrusions outcrops and the surface water divides.

Northern part of the basin is composed of granodiorites of the Gutsal pluton and diorites of the Plana pluton, and the southern one – of granitoids of the Rila-Western Rhodopes batholite with individual intruded bodies of the Upper Cretaceous.

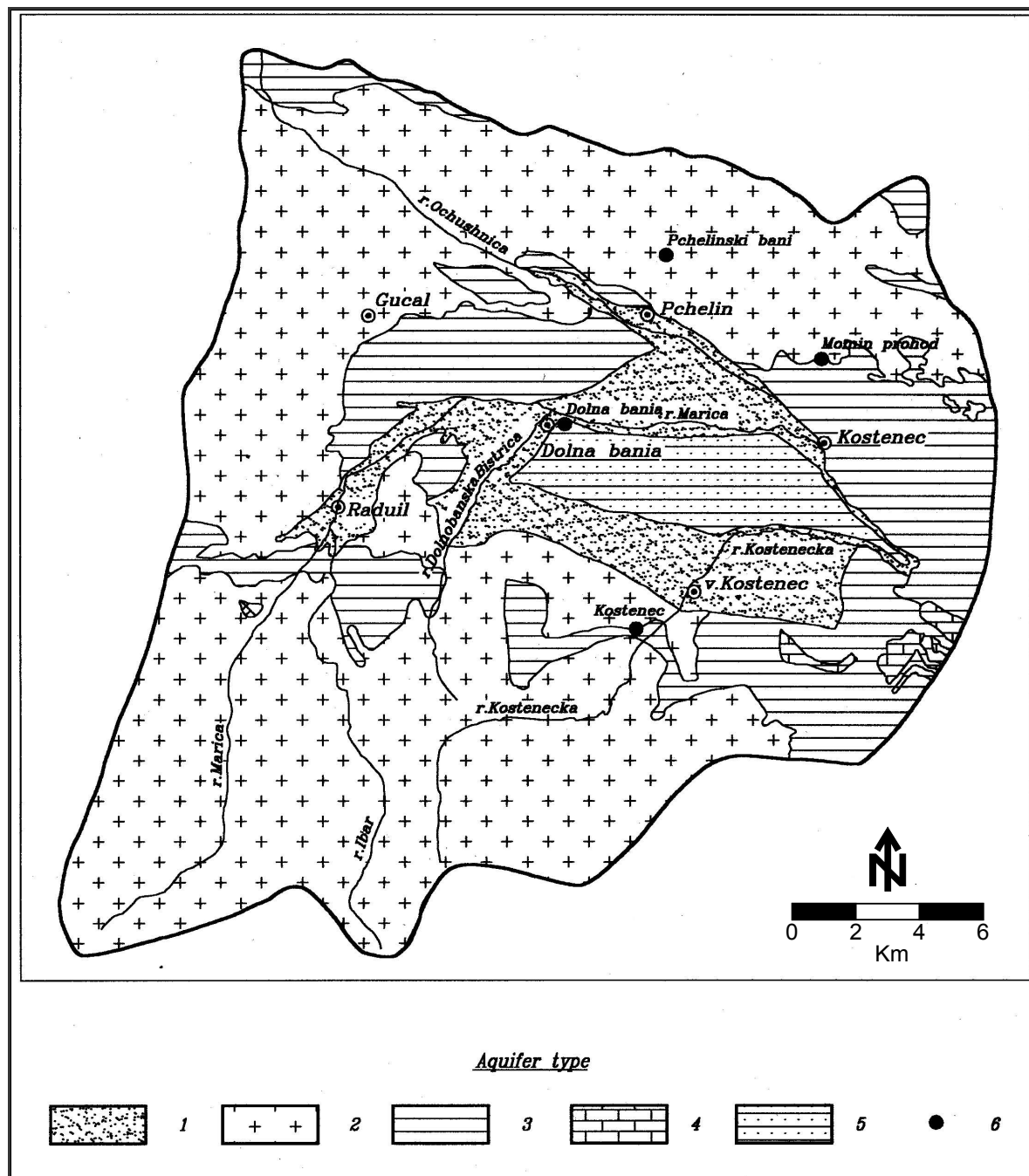


Figure 1. Hydrogeological map of Dolna Banya thermal water basin

- 1 - Porous aquifer in Quaternary deposits (gravel, boulder, sands and loamy sands), middle to high water bearing capacity;
- 2 - Fractured aquifer in Paleozoic and Upper Cretaceous intrusions (granites and granodiorites), low to middle water bearing capacity;
- 3 - Non aquiferous geological formations in Precambrian metamorphic complex (gneiss, shale, amphibolite) and Paleogenic sediments (conglomerate, sandstone, argillite, bituminous shale and coal);
- 4 - Fracture-karst aquifer in Dobrostan

formation (Precambrian fractured and karstified marbles), middle to high water bearing capacity; 5 - Non aquiferous geological formations in Pliocene depositions (clay, sand and breccia-conglomerate); 6 – Location of the mineral water occurrences

Hydraulic link between ground water from both parts is complicated by faulty structures of the Maritsa fault. The south-verging over-thrust, where granites and metamorphites are thrust over Paleogenic sediments, follows the line Borovets – Raduil – Kostenets, presents a hydraulic impermeable boundary for groundwater flow to northern direction. That impermeable boundary probably brings to showing of mineral waters in the Kostenets occurrence of mineral water, which is treated as an autonomous part of the Dolna Banya thermal water basin.

Paleozoic and Upper Cretaceous intrusive formations contact directly only in the western part of the basin in the location between the town of Dolna Banya and village of Raduil, where the hydraulic link of ground water is direct. In the central and eastern part of the basin (Kostenets – Dolna Banya depression), Precambrian metamorphites and Tertiary and Quaternary sediments outcrop on the surface. In the depression, below the Neogene and Quaternary deposits there are granites and granodiorites, established in boreholes. That is a reason for supposing the availability of zones of direct contact between Paleozoic granites of the Rila-Rhodope massif from south and the Gutsal pluton. This is a precondition for establishing a hydraulic connection between ground water accumulated in both structures. In that parts the hydraulic connection between waters, accumulated in both complexes is realized through tectonically fractured Proterozoic gneiss, which represent a secondary collector of mineral waters in the Dolna Banya mineral water occurrence.

Discharge areas

Drainage of mineral water in the basin is performed by four thermal spring occurrences - Kostenets, Dolna Banya, Momim prohod and Pchelinski Bani. Results from the actual investigations, performed by the authors in the period 2001 - 2003, and the data obtained from regular observations during the 1983-2001 period, are shown on Figure 2. The trend of discharge changes of mineral water occurrence is visualized by linear function. Unessential decrease of the total discharge from all mineral water occurrences is established. The reasons for this will be investigated in the future. Now the total outflow from the four occurrences of mineral water is assessed to 53 l/s.

Kostenets mineral water occurrence. Mineral water springs in a dislocation of east-west direction, at the boundary between granites of the Rila-Rhodope batholit and the Paleogenic sediments. The major recharge area of those waters is located in the northeastern part of the Rila Mountain. The occurrence of mineral water were presented by two natural springs (at elevation 850 m) and three boreholes. Before the beginning of borehole-hydrogeological exploration (1960) the discharge of springs had changed from 3.3 to 4.2 l/s, and water temperature - from 35 to 41.7 °C. Thermal springs dried after drilling the boreholes and their exploitation. Now, only one of the drilled boreholes is exploited (Well № 2), with a depth of 444.70 m. There is a catchment aiming the exploitation of the well in a mode of artesian flow, and now its discharge amounts to nearly 14.3 l/s for temperature of the water 46 °C.

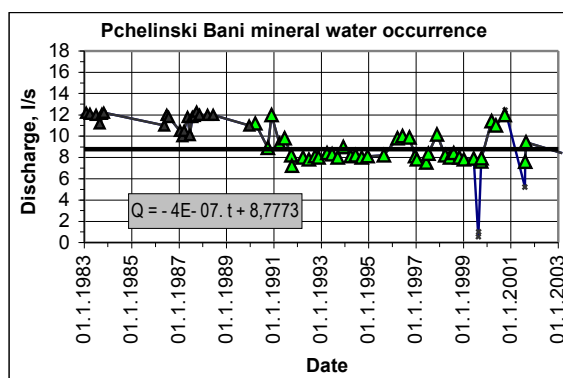
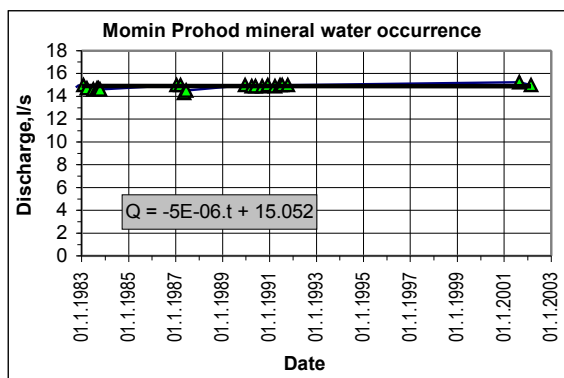
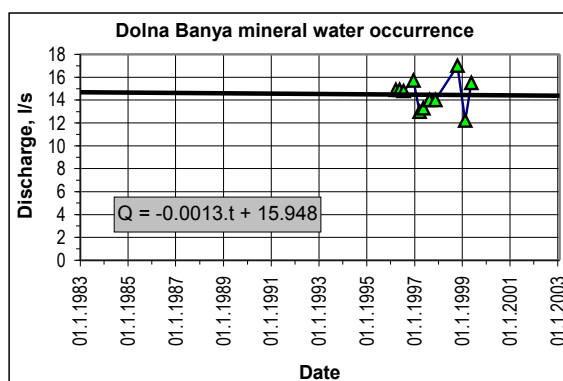
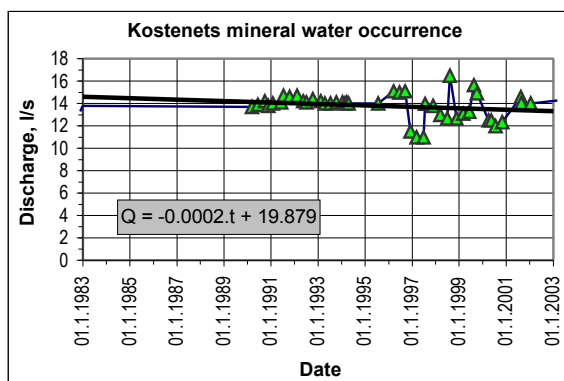


Figure 2. Visualization of data, obtained from regime observations on the discharge of mineral water occurrences for 1983 – 2003 period

Dolna Banya mineral water occurrence. The occurrence of mineral water is located on the right branch of the Ludja dere River, which is an tributary to the Maritsa River. Before the capture thermal water had been out flowing at three locations in the river terrace at an elevation of 615 m. During the time of the spring capturing it was established that water outflows from crystalline schists along a dislocation of nearly 1 m width and east-west direction. Initially the spring had a discharge from 2.25 to 4.0 l/s for temperature of the water of 56 °C. Due to drilling boreholes the discharge of spring was reduced to 1.4 l/s. As a consequence a hydraulic equilibrium was established between water sources, and recently the exploitation resource of the mineral water occurrence is assessed to approximately 15 l/s, for temperature of water in the range 56 - 62 °C (from the spring and from the exploitation boreholes, respectively).

Momin prohod mineral water occurrence. It is located on the southern slopes of the Sredna Gora Mountain, in the valley of the Bashnitsa River. Mineral water outflows from faulted and fractured granodiorites of the eastern part of the Gutsal pluton, at elevation 538 ÷ 540 m. Nearby the spring zone there is a contact of dislocated Precambrian gneiss and gneiss-shales, which are an impermeable boundary for seepage of mineral water. Major fault and fractured systems near the springs are directed in east west and north-northwest – south-southeast. Before the capture mineral waters had been draining from 10 springs, ordered on the fault zone in a distance of 25 m. Temperature of water in individual springs had been changing from 20 to 68.8 °C, and their total discharge before capturing amounted to 11.10 l/s. After the capture of thermal springs in 1936 at elevation, which is maintained even now, discharge was established at 15.00 l/s for temperature of water 65.4 °C. The captured spring of the Momin prohod mineral water occurrence flows at the lowest elevation in the thermal water basin with a constant discharge of 15 l/s.

Pchelin mineral water occurrence. The terrain is composed of the granitoids of the Gutsal pluton. Mineral water before the capture had been drained through several small springs, coming from a faulty zone of 3 to 10 m width, with an east-west direction and steep slope. Springs had appeared in a location, where the fault is crossed by tectonic fractures of north-south direction. Rocks in and near the faulty zone are hydrothermally altered. Total discharge of springs before the capture amounted to 11.17 l/s, and after - 11.7 l/s, for temperature of

the water 73°C. This mineral water occurrence represents a seismo-hydrogeological phenomenon – for all severe earthquakes, taken place in Bulgaria and neighbor countries there is a reduction of the spring discharge. Three boreholes of depth 349 to 497 m were drilled in the period 1965 – 1967. One of them was closed, the second was equipped as a seismohydrogeologic observation point, which does not function recently, and the third is set to reserve exploitation water source. Recently the discharge of “Pchelin” spring amounts to nearly 8.8 l/s.

Physical and chemical characteristic of mineral water

There is a certain chemical and genetic similarity in the composition of mineral waters of the four mineral water occurrences. Thermal mineral waters from the Kostenets mineral water occurrence (46 °C), Dolna Banya mineral water occurrence (62 °C), Momin prohod mineral water occurrence (65 °C) and Pchelin mineral water occurrence (73 °C) contain nitrogen, helium, with medium to heavy radioactive content and total dissolved solids from 0.29 to 0.96 g/l, and high content of fluoride (up to 12.5 mg/l) and silica (up to 127 mg/l H_2SiO_3). In the aspect of cation composition waters are characterized as sodium, and anion composition – from hydro carbonate -sulfate (Kostenets) to sulfate (the other three mineral water occurrences). Availability of some rare and disseminated microelements is established, increased are the micro-contents of Li, Ga, Ge, W etc. Spring waters from the Pchelin bani have the highest temperature (73 °C), and those in Momin prohod – the maximum radioactivity (up 580 emanations).

Regularities in the distribution of composition and temperature of mineral water in the basin show the way of seepage through water-bearing rock formations. Paleozoic granitoids of the Rila-West Rhodope batholite are older and therefore, fractures in them are “more rinsed”, i.e. water-soluble salts are removed and ground water, formed and circulating in them has a lower quantity of total dissolved solids. An example is the composition of the mineral water from the Kostenets mineral water occurrence. Paleozoic granitoids of the Rila-West Rhodope batholite are older and therefore, fractures in them are “more rinsed”, i.e. water-soluble salts are removed and ground water, formed and circulating in them has a lower quantity of total dissolved solids. An example is the composition of the mineral water from the Kostenets mineral water occurrence.

Table 1 Hydrogeological and physico-chemical characteristics of mineral waters in the Dolna Banya thermal water basin

Upper Cretaceous neointrusions are significantly lower and therefore less rinsed, which directly affects the higher content of dissolved components in accumulated in them waters. That explains the enhancement of quantity of total dissolved solids, concentration of sulfates, fluorides, meta-silica acid in northern direction – from Rila to the Srednogorie. In the same direction content of hydrocarbonates and values of pH are relatively reduced. There is a regular increase of temperature of mineral water in northern direction, which is due to higher depth of ground water circulation.

Summarized information about discharge and main physico-chemical parameters of mineral waters from the four hydrothermal mineral water occurrences in the Dolna Banya thermal water basin is presented in table 1.

HYDRODYNAMIC MODEL OF THE DOLNA BANYA THERMAL WATER BASIN

The conceptual computer model of Dolna Banya thermal water basin is generated to determine the hydrogeological

conditions in the basin. The purpose of the model is to confirm the basic hypothesis presented above, to determine the recharge areas of each occurrence of mineral water and to investigate the hydraulic link between the occurrences. Because there is no specific data for filtration parameters of the basic lithological formations, their typical values are used. The model is general and its future improvement is forthcoming.

Hydrodynamic conditions of the Dolna Banya thermal water basin are illustrated by a computer model, generated by module MODFLOW 96. Boundaries of modeled field coincide with boundaries of distribution of granites from the Rila-Rhodope massif and granodiorites of the Gutsal and Plana plutons, which form the Dolna Banya thermal water basin.

Outer boundaries of the basin are considered impermeable (barrier) boundaries. The south-verging thrust, which supports the ground water flow from the Rila-Rhodope massif towards the central parts of the basin, is assigned as an impermeable inner boundary.

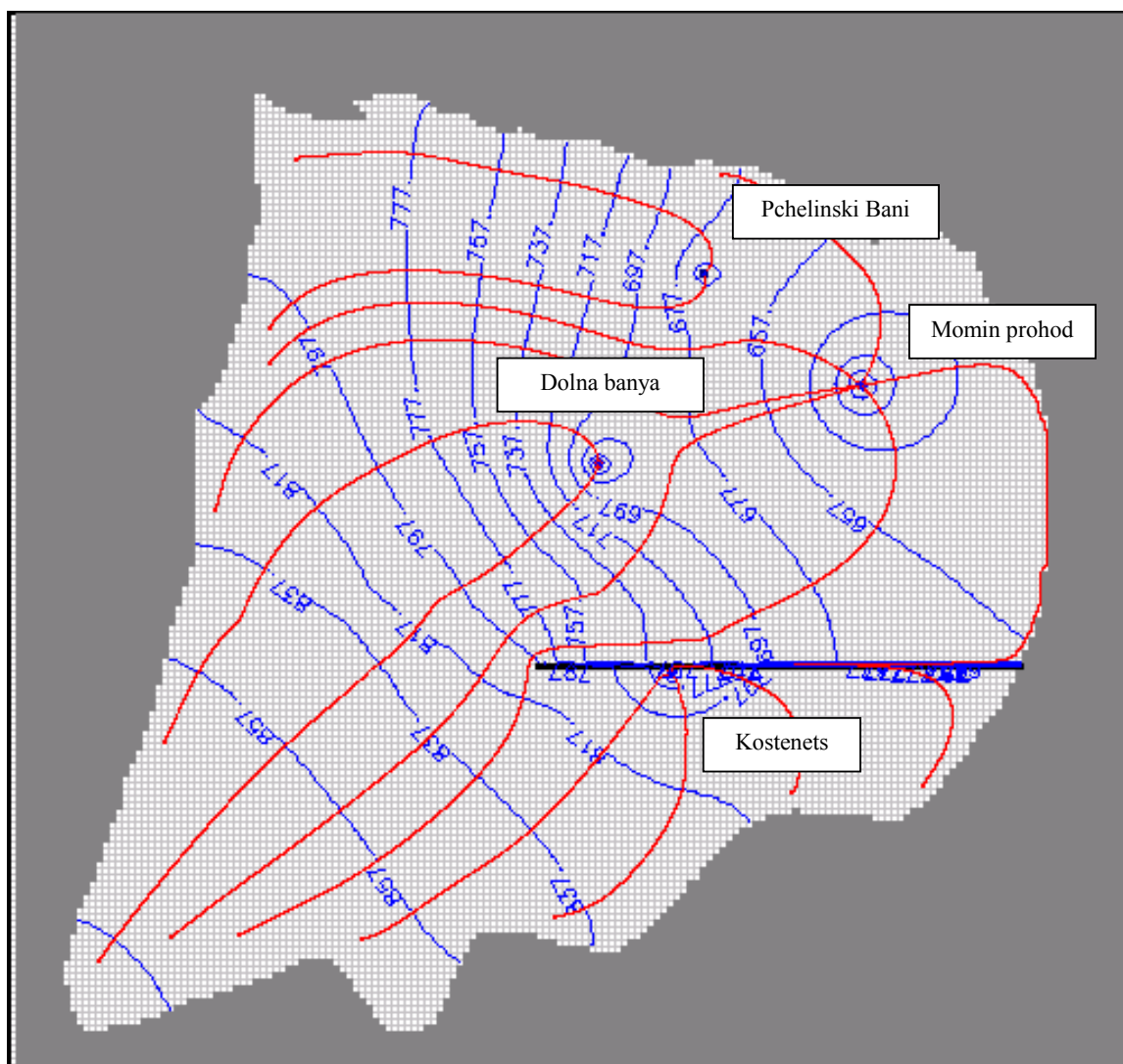


Figure 3. Conceptual model of Dolna Banya thermal basin

Thermal water basin is reduced to a homogeneous unconfined-confined aquifer of the following parameters. Bottom of the aquifer – 300 m; Top of the aquifer – 400 m; Hydraulic conductivity – $k = 0.08 \div 0.2$ m/d; Transmissivity - $T = 8 \div 20$ m²/d; Thickness of the aquifer – $m = 100$ m; Active porosity – $n_o = 0.05$.

The modeled area is transformed in a discrete type by the method of finite differences through a square grid of nodes with 171 columns and 161 rows.

In both main recharge areas of ground waters in the basin – the Rila Rhodope massif and the Ihtiman Sredna Gora the values of infiltration are assigned as $1,3 \cdot 10^{-5}$ m/d and $0,8 \cdot 10^{-5}$ m/d, respectively. In the central parts of the basin, Kostenets – Dolna Banya valley a zero value for infiltration is assigned. A constant head (boundary condition of first order) is assigned for the box approximating the capture at “Pchelina” – absolute elevation of water head 632.9 m. Average annual discharges for the boxes, approximating the mineral water occurrences of Momin prohod, Dolna Banya and Kostenets, namely Momin prohod - 15 l/s; Dolna Banya - 15 l/s; Kostenets – 14.3 l/s. The hydrodynamic grid of ground flow is generated through the module MODFLOW96 for steady-state conditions. Results from modeling are shown in Figure. 3.

Presence of hydraulic connection between individual parts of the thermal water basin is confirmed. The recharge areas of the four mineral water occurrences are well determined: mineral water occurrences of Momin prohod and Dolna Banya are recharged from the both areas, recharging of the Pchelina bani mineral water occurrence is done extremely through the Ihtiman Sredna Gora, and the discharge of Kostenets mineral water occurrence is completely to recharging from the Rila Mountain.

The Kostenets mineral water occurrence may be treated as an autonomous part of the thermal mineral basin, which is shown in Fig.3. The effect of the impermeable boundary is explained by the higher elevation of draining of mineral water – nearly 200 m higher than Dolna Banya and Pchelina. Differences in the composition of waters from the Kostenets mineral water occurrence in comparison to waters from other mineral water occurrences are explained through that model - mineral water there has the lowest quantity of total dissolved solids and temperature for the whole basin, which is due to the proximity of the recharge area.

CONCLUSIONS

Dolna Banya thermal water basin has complicated structure and hydraulic links between its parts. Four occurrences of mineral water are revealed within the basin – Kostenets, Dolna Banya, Momin prohod and Pchelinski Bani. Boundaries and scope of the basin are delineated, recharge areas of the groundwater are determined. Hydrogeological descriptions of each individual occurrences of mineral water are given.

The discharge of each one of them is assessed on the basis of actual measurements and analysis of data obtained from regular observations. Up-to-date the total discharge of mineral water is assessed to 53 l/s. Hydrochemical characteristic of mineral water is given. Regularities in distribution of mineral water composition and temperature are described.

Conceptual computer model of Dolna Banya thermal water basin is generated through the module MODFLOW. It confirms the hydraulic links between the parts of the basin and also clarifying the separation of Kostenets mineral water occurrence as an autonomous part of the basin. Model is conceptual and it generalizes the hydraulic conditions in the basin, so that a continuation of hydrogeological investigations in the area is recommended as follows:

Studying the basin structure of basin and connection between the four occurrences of mineral water;

Studying the effect of global climatic changes on mineral water resource by a comparative analysis of regime observations with data for changes of climatic elements;

Investigation with the objective of collecting a more detailed information and model calibration and optimization.

REFERENCES

- Asmanov, A. 1940. The Bulgarian mineral sources. - Sofia, Bulgaria, 260 p.
- Galabov, M., I. Yotov, P. Pentchev, N. Stoianov, K. Shterev. 1999. Assessment of groundwater resources (methodical manual). - Sofia, 175 p.
- Dimitrova, R., N. Katzkov. 1990. Geological map of Bulgaria in scale 1:100 000, sheet Velingrad. - Sofia.
- Dobrev, N. 1905. Contribution to chemical investigation of Bulgarian thermal and mineral springs. - *Ann. Sofia University*, 1, 126 - 167.
- Iliev, K., N. Katzkov. 1990. Geological map of Bulgaria in scale 1:100 000, Ihtiman sheet. - Sofia.
- Katzkov, N., K. Iliev. 1993. Explanatory note to the geological map of Bulgaria in scale 1:100 000, Ihtiman sheet. - Sofia, Bolid, 64 p.
- Petrov, P. St. 1964. Basic regularities of the mineral water distribution in Bulgaria. - *Works. Geology of Bulgaria, series Eng. Geology and Hydrogeology.*, 3, 83-158.
- Petrov, P. St.. 1998. Preassessment of the geothermal energy resources in Bulgaria. Dolna banya basin. - National geofund (V-522-4).
- Petrov, P. S., Sv. Martinov, K. Limonadov, Y. Straka. 1970. Hydrogeological researches on the Bulgarian mineral waters. - Sofia, Technika, 196 p.
- Shterev, K. 1964. Mineral waters in Bulgaria. - Sofia, Nauka i Izkustvo, 172 p.
- Zagorski, G., L. Vladeva. 1984. Physical and chemical characteristic of mineral water in Bulgaria. - In: Karakolev, D. (Ed.). *Fundamentals of Balneotherapy*. Sofia, Medicina i fizkultura, 30-50.