Концептуален модел на находището на термоминерална вода Кюстендил

Лазар Беров¹

¹University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski“, Sofia, Bulgaria; e-mail: lazar.berov@abv.bg

Berov, L. 2018. Conceptual model of the Kyustendil deposit of thermal mineral water. *Engineering Geology and Hydrogeology*, 32, 65-77.

Резюме. Целта на статията е да се изгради концептуален модел на едно от най-старите и значими находища на термоминерална вода в България. Изворите при Кюстендил се намират в южната част на града, в подножието на хълма Хисарлъка. Водите имат висока температура 73 – 76 °C, ниска минерализация около 0,6 mg/l и постоянен химичен състав. Дадени са обобщени хидрогеоложки данни на всички досегашни проучвания за района. Интерпретирани са резултати от опитно-филтрационни изследвания и са оценени параметри на филтрационната среда за находището. Разгледани са подробно геолого – тектонските условия, при които се формират и дренират минералите води, и е направена категоризация на разломните направления с оглед на хидрогеоложкото им значение за находище Кюстендил. Съставени са обзорни карти в ГИС среда, които представят анализирания материал за района. Изграден е хидрогеоложки концептуален модел с определяне и очертаване на границите на различните зони (на подхранване, формиране и дрениране на минералните води). Представен е ГИС модел с описани на геоложката, тектонската и хидрогеоложката среда на находище Кюстендил.

Ключови думи: находище Кюстендил; термоминерални води; хидрогеоложки концептуален модел

Abstract. The objective of the paper is to construct conceptual model of the oldest and most significant deposit of thermal mineral water in Bulgaria. The hot springs in the town of Kyustendil are located in the southern part, at the foot of Hisarlaka hill. The thermo-mineral water deposit is characterized by a high temperature of 73-76 °C, low TDS content of about 0.6 mg/l and a constant chemical composition. Summarized hydrogeological data of all previous studies for the region are presented. The representative hydraulic parameters of the geologic environment from hydraulic tests are described. The geological and tectonic environment in which the mineral waters occur is described in details. A categorization of faults with different directions is made in view of their hydrogeological significance for the Kyustendil water deposit. Thematic overview maps in GIS environment summarize the relevant information for the area. A hydrogeological conceptual model is composed with delineated boundaries for zones of recharge, transition, and drainage of mineral waters. A GIS model with a description of the geological, tectonic and hydrogeological environment of the Kyustendil deposit was built.

Keywords: Kyustendil deposit; thermal mineral water; hydrogeological conceptual model

Въведение

Изворите на минерална вода в гр. Кюстендил са известни още от древността. В града има останки на бани от Римско време, което свидетелства за експлоатацията на минералното богатство. Термалните води се разкриват чрез естествени извори, разположени в южната част на града, в подножието на височината Хисарлък, която е част от Брезовския рид на Осоговска планина.

Фиг. 1. Район на термоминерална вода Кюстендил
Fig. 1. Location of thermal mineral water Kyustendil

Зоната на естествените извори е проявена в участък с дължина около 180 m и ширина 65 m. Първоначално изворите са били около 40, пръснати хаотично в район на площ около два хектара. През 1910 г. изворите са каптирани в 11 каптажа, като част от тях са тампонирани. Водите са събрани в шахта с общ дебит 33 l/s и температура около 76 °C. На фиг. 1 е представен районът на находище Кюстендил.

Геолого - тектонски условия в района на находище Кюстендил

В геоложко отношение находище Кюстендил се формира в нееднородна среда от магмени и метаморфни скали, частично покрити от съвременни седименти. В границите на находището могат да се отделят три генетични типа литоложки формации (единици), които имат връзка с хидродинамиката на системата (фиг. 2). Тези формации се отличават с различен петрографски състав, възраст, начин на образуване и свойства. Високите части (планините Лисец и Осогово) са изградени от интрузивни скали, основно от гранити и метаморфити. В ниските части на находището (Кюстендилската котловина и Кюстендилския разлом) са развити неогенски и кватернерни седименти.

Лисецко - Брезовска ортометаморфна формация (протерозой)

Единицата включва следните скални комплекси: Осоговски ортометаморфен комплекс, Лисецки ортометаморфен комплекс и Лелински метагранити (Milovanov et al., 2006, 2008). Петрографските скали от различните комплекси са представени главно от амфиболити, метабазити, метадiorити, амфибол-биотитови гнайси, метакварцдиорити и др. Дебелината на комплекса е значителна: от 1000 m до 2-3 km. Възрастта на скалите от Лисецкия комплекс е датирана на около 550 Ma.

Осоговски вулканити (палеоген)

Тази литоложка формация има изцяло интрузивен произход с характерна

Фиг. 2. Геоложка схема с разпространението на обособените геоложки единици в района на термоминерално находище Кюстендил

Fig. 2. Geological scheme with the distribution of the separate geological units in the region of Kyustendil thermo-mineral field

куполна форма. Пространствено вулканитите заемат централните части на Осоговската планина, оградени от скалите на Лисецко – Брезовската ортометаморфна формация. Петрографски плутонът е изграден от гранити с различен зърнометричен състав, възрастта му е определена на 29 – 32 Ma (Graf, 2001; Kounev et al., 2004). Голяма част от зоната на подхранване на водите се намира в обхвата на гранитния плутон. Много е вероятно този „млад“ интрузив да оказва повишено геотермално въздействие върху района на находището.

Съвременни материали (кватернер)

Те са сравнително по-малко разпространени в района на находище Кюстендил. Заемат ниските части на Кюстендилската котловина и по направлението на Кюстендилския разлом. Кватернерните материали, запълнили Кюстендилския разлом, имат пролувиално – делувиален характер. Тези наслаги се проследяват по склоновете на двете планини и са представени основно от ръбести чакъли с пясъчливо–глинест запълнител (Milovanov et al., 2006, 2008).

Тектонската обстановка, в която попада находище Кюстендил, е със сложен характер. Това се обуславя от значителните тектонски движения и етапи, на които е бил подложен районът. При формирането на различните тектонски структури могат да се отделят следните главни етапи на развитие: Ранноалпийски, Късноалпийски и Неотектонски структурен етап (Milovanov et al., 2008; Zhelev et al., 2008). Находище Кюстендил попада в границите на три тектонски единици – Осоговско-Влахинската единица, Осоговски плутон и Кюстендилски грабен.

Разломните нарушения в района на находище Кюстендил имат основна роля за формирането и дренирането на минералните води. Посоката на тектонските

нарушения има добра групираност, като те могат да бъдат поделени на три основни групи разломи (фиг. 3). Всяка група има важна роля за хидродинамиката на системата.

Разломи с посока ССЗ – ЮЮИ

Това са едни от най-старите прояви на тектонска активност за района. Те принадлежат към Струмската разломна зона. В района на находище Кюстендил има ясно изразени две групи (снопове) разломи с такава ориентация. Първият е Брезовският разломен сноп, а вторият е Новоселският разломен сноп. Разломите затъват в северна посока, като по Брезовския разлом е настъпило потъването на Кюстендилската котловина. Тези нарушения имат важна роля за минералните води, като играят бариерна роля. Те имат коса ориентация спрямо Кюстендилския разлом, който е вероятният разлом, по който се дренират водите. Може да се приеме, че части от Новоселския разлом (най-североизточните крила на разлома) потъват под Хисарлъка и „подпират“ минералните води, дренирани в дълбочина, вследствие на което се образуват изворите точно в тази част на терена.

Разломи с посока ЮЗ – СИ

Тази група разломи е свързана с най-младата тектонска активност в района. Характеризира се с блоково разломяване на неоген – кватернерната покривка. Най-големият разлом от тази група е Кюстендилският разлом, който отделя Лисец планина от Осоговската планина. Посоката му е около 75° , с паралелни разломи с посоки $50^\circ - 80^\circ$. Движенията са отседно – разседни. Кюстендилският

Фиг. 3. Тектонска схема с разпространението на основните групи разломи в района на находище Кюстендил

Fig. 3. Tectonic scheme and location of the main groups of faults in the region of the Kyustendil thermo mineral deposit

разлом е добре изразен, особено по северните склонове на Осоговската планина, където има основна роля за формирането на пролувиално - делувиалните конуси. Разломът не е добре изразен в Кюстендилската котловина, но ясно може да се проследи по източните граници на Конявска планина. По данни на Яранов (Jaranoff, 1960), активността му е продължила до горния плейстоцен. Тази група разломи има много важна роля за цялата Кюстендилска хидротермална система и определя високопроводящите зони, по които се придвижват минералните води на находище Кюстендил.

Разломи с посока СЗ – ЮИ

В района на находище Кюстендил, тази група разломи е развита във високите югозападни части. Те отделят Осоговския плутон от Елешнишкия навлак. Разломите процепват Осоговските гранити, като най-големият разлом от групата е т.н. Полегански разлом. Той може да бъде проследен през целия плутон с дължина повече от 15 km. Разломите са развити успоредно един на друг през около 1000 -1100 m. Образуват разломен сноп с широчина малко над 5 km. Ориентацията на разломите основно е около 320 °, с отседно-разсечен характер. Разломите попадат в зоната на подхранване на минералните води. Те пресичат в дълбочина Осоговските гранити и имат много важна роля за проникването на атмосферни води в дълбочина и подхранването на термалните извори на гр. Кюстендил (фиг. 3).

Проучвания на термоминералните води

Водите от находище Кюстендил са били обект на изследване от различни предприятия през годините (табл. 1). Основните проучвания на находището са реализирани през средата на миналия век и са концентрирани в зоната на естествените извори. Изпълнени са голям брой сондажи с различна дълбочина и предназначение (Чобанова, 1956ф; Мундров, 1957ф; Петров, 1998ф; Пенчев, 2012ф; Petrov, Martinov, 1962; Petrov, Pencheva, 1962). След провеждане на сондажните проучвания е изграден „Новият каптаж“, който включва удълбочения сондаж „БУ“ и МС-5 (Пенчев, 2012ф).

Режимни наблюдения на дебита и температурата на минералните води от находище Кюстендил

За първи път през 1885 г. български геолог-изследовател разглежда минералните води в Кюстендил и това е Г. Златарски (Zlatarski, 1885). Първите по-пълни химични анализи на водни проби от минералните извори са направени през 1903 г. (в Минното училище на Париж) и 1904-1905 г. от Н. Добрев (Dobrev, 1907). Данните за режимните наблюдения са събирани на два етапа – първия в периода 1956-1963 г., а втория в периода 1974-1980 г. И. Йотов (1998ф) прави интерпретация на тези данни (табл. 2).

-
- Чобанова, Й. 1956. Доклад за хидрогеоложките проучвания на обект „Минерални извори“ – Кюстендил. Министерство на електрификацията. Главна дирекция „Енергохидропроект“. Дирекция „Проучване“ (№ 249/XV в Геофонд на „Енергопроект“).
- Мундров, Д. 1957. Заключителен доклад относно хидрогеоложкото проучване на термоминералното находище в гр. Кюстендил през 1957 г., Водоканалпроект, Център. държ. архив 95-2-110.
- Петров, П. 1998. Преценка на ресурсите на геотермална енергия в България, Договор № 69/06.04.1997 на МОСВ с ГИ при БАН (Национален геофонд V-522).
- Пенчев, П. 2012. Проект за оразмеряване, изграждане и експлоатация на санитарно-охранителни зони около находище на минерална вода „Кюстендил“, Община Кюстендил.
- Йотов И. 1998. Хидротермалните ресурси в Кюстендилския басейн. Към: Преценка на ресурсите на геотермална енергия в България, р-л зад. П. Ст. Петров. Договор № 69/06.04.1997 на МОСВ с ГИ при БАН (Национален геофонд V-522).

Таблица 1. Обобщени данни за сондажните изработки, изпълнени от Енергохидропроект, Водоканалпроект и Комитета по геология

Table 1. Summary data for drilling works carried out by Energohydroproject, Vodokanalproject and the Committee of Geology

Сондаж	Дълбочина на сондажа, m	Дълбочина на разкриване на скалната подложка, m	Кота, m	СВН/ДВН*, m	Дебит, l/s	Температура, °C	Година на изграждане	Забележки:
Сондажни проучвания, извършени от Енергохидропроект								
Сондаж № 1-8	30-60	40-50	520,0 (±1)				1955 - 56	
Сондаж №5	53,0	42,5	520,0 (±1)	+ 12,0	< 30	78,0° C	1955 - 56	
Сондажни проучвания, извършени от Водоканалпроект								
Сондаж - БУ	148,60	~ 42,0	519,61	самоизлив	34,0	75,5° C	1957	Дебитът е намалявал постепенно
Сондажни проучвания, извършени от Комитет по геология								
1 ХГ	723,80	54,40	519,5	- 5,50	~ 17-18	68° C	1965 - 66	Дебит при опитно водочерпене
2 ХГ	808,40	364,00		самоизлив	> 1,0	26° C	1966 - 67	
3 ХГ	547,00	48,50	518,4	- 3,15	~ 14,44	65° C	1967	Дебит при опитно водочерпене
4 ХГ	367,40	47,00	518,8	самоизлив	7,33	67° C	1970 - 71	

*СВН и ДВН са съответно свободно и динамично водно ниво над (+) или под (-) терена

Въпреки че провежданите детайлни режимни наблюдения са съсредоточени в определени периоди, минералните води от находище Кюстендил се характеризират с относително постоянна температура и дебит. Вариациите в температурата на водите са малки, като основно са около 73 – 74 °C. Дебитът на изворите и сондажите се изменя в малко по-големи граници, като основният прираст на дебита е винаги при подсичане на нова високопроводяща зона или при удълбочаването на водообилен сондаж. Ясно се вижда, че въпреки първоначалното си покачване дебитът има тенденция да се стабилизира на стойности от около 33-35 l/s.

Опитно-филтрационни изследвания и представителни хидрогеоложки параметри на находище Кюстендил

След прокарване на дълбоките сондажи (1ХГ, 2ХГ, 3ХГ И 4ХГ) от Комитета по геология са проведени по-подробни филтрационни опити и са определени ориентировъчни стойности за основните хидродинамични параметри. Проведени са водочерпения на всеки от сондажите, като на сондажи 1ХГ и 2ХГ са извършени водочерпения при три стойности на дебита.

За определяне на хидродинамичните параметри на филтрационната среда от находище Кюстендил е направена обработка на наличните данни от проведени полеви опитно-филтрационни изследвания (табл. 3). За съжаление, последните данни от хидравлични тестове датират от преди близо 50 години. В своята разработка Йотов (1998ф) описва, че състоянието на каптажите е лошо и дори

не може да се осигури достъп да вътрешността на камерата. Пенчев (2012ф) констатира, че състоянието на „Новия каптаж“ е добро, но главният манометър и водомер са повредени.

Таблица 2. Обобщена таблица с всички периоди на режимни наблюдения
Table 2. Summary table with all periods of regime observations

Година	Източник на информация	Съоръжение на минерална вода	Дебит, l/s	Температура, °C	Обща минерализация, mg/l	Други характерни сведения
1840	<i>Ami Boué</i>	5-7 броя извори		58,75 – 73,12		
1872	<i>Hochstetter</i>	8 бр. бани		62,5 – 67,5		
1885	<i>Златарски</i>			66,0 – 73,0		Първи сведения за химичен състав
1903-1905	<i>Добрев</i>	36 бр. извори	13,44	48,5 – 74,0	0,514 – 0,540	
1910-1911		Каптиране на изворите	33	76,0		
1928	<i>Азманов</i>		30,63			
1940	<i>Азманов</i>	3 бани	35	73,4 – 74,6	0,643 – 0,666	
1955-1956	<i>Чобанова</i>	МС-5 и МС-БУ	29,0 – 40,0	75,0 – 76,0		само от сондажите
1957-1959	<i>Мундров</i>	МС-БУ	40,0-46,0			29,0 l/s само от сондаж - БУ
1964	<i>Мундров</i>		34			
1967-1970	<i>Сегменски/Добрянов</i>	Новия Каптаж	28,0 – 37,0	73,2	0,470- 0,520	Констатирано е повишаване на дебита и нивото през месеците II, III и IV и понижаване на същите през месеците VI, VII и VIII. Най-големият дебит - 37 l/s, е измерен през зимно-пролетния период
1974-1980	<i>Архив на МОСВ</i>	„Стария“ и „Новия“ каптаж	31,0 – 34,0	73		Направени са 57 измервания
1995	<i>ВИАС</i>	„Стария“ и „Новия“ каптаж	33,0			окомерно/непряко
1998	<i>Йотов</i>	„Стария“ и „Новия“ каптаж		74,8		температура на чешмата до Новия каптаж

Таблица 3. Представителни хидрогеоложки параметри на термоминерално находище Кюстендил
Table 3. Representative hydrogeological parameters of the Kyustendil thermomineral deposit

Параметри на филтрационната среда	Сондаж 3-ХГ	„Стария каптаж“	Сондаж 1-ХГ
Проводимост на пласта, m ² /d	238,1	778,2	1097,3
Дебелина на пласта, m	100	100	100
Коефициент на филтрация, m/d	2,4	7,8	10,9

Химичен състав на водите от находище Кюстендил

Минералните води от изворите на гр. Кюстендил са изследвани многократно. Още през 18^{-ти} век Boué (1840), Hochstetter (1872) и Златарски (Zlatarski, 1885) определят приблизителния качествен състав на минералните води. Към момента има проведени над 20 химични анализа от различни организации (Azmanov, 1940; Kusitaseva, Melamed, 1958 и др.). Химичният състав на водите от находище Кюстендил е един от най-важните хидрогеоложки белези. Основните характеристики на водата от находище Кюстендил са: ниска минерализация, хипертермална и повишена алкална реакция.

Химичният състав на минералната вода е изразен по формулата на Курлов, като са представени данни за минералната вода от експлоатационните съоръжения.

$$M = 0,61 \frac{SO_4^{39} (HCO_3^{31} + CO_3^{8})^{39} Cl^{14} F^5 HS^3}{Na^{94} K^3 Ca^3} \quad pH = 8,99 \quad T = 73,9$$

Хидрогеоложки концептуален модел на находище Кюстендил

Геолого-тектонската информация има много важна роля при формирането на хипотезите за динамиката на системата и възможните начини за формиране на естествените извори точно в тази част на находището. Всички проведени анализи и интерпретации позволяват да се изгради добра основа за конструирането на хидрогеоложкия концептуален модел на находище Кюстендил. Съставените геоложки и тектонски схеми изясняват основната концепция за зоните на подхранване и формиране на водите и дават сведения за съставянето на реалистичен двуизмерен (2D) хидрогеоложки концептуален модел (фиг. 4 и 5).

Фиг.4. Концептуален модел на геотермо-минералното находище Кюстендил с геолого-тектонската среда на района

Fig.4. Conceptual model of the geothermal-mineral deposit Kyustendil with the geotectonic environment of the region

Фиг.5. Детайлна схема на концептуалния модел на геотермо-минералното находище Кюстендил
Fig. 5. Detailed scheme of the conceptual model of the geothermal-mineral field Kyustendil

В отделните участъци и граници на находище Кюстендил се разполага с различна степен на пълнота и детайлност на наличната информация. В зоните, където има повече данни, е постигната по-голяма точност на моделната област. Най-важните предпоставки и хипотези при конструирането на хидрогеоложкия концептуален модел са следните:

А. Геоложки предпоставки и хипотези:

- ≡ Геоложка среда на находището – Осоговски интрузив и Лисецко – Брезовски метаморфити. Основната литоложка разновидност са гранитите, различно метаморфозирали.
- ≡ Геоложка среда в зоната на формиране на водите: Осоговският интрузив е основната геоложка среда, в която се формират минералните води (около 60%). По-ограничена роля имат Брезовските метаморфити (25%) и най-малка е ролята на Лисецките метаморфити (15%).
- ≡ Геоложка среда в зоната на натрупване: водите се акумулират основно в Брезовските метаморфити (гранитогнайси и амфиболити) (50%), по-малка роля има Осоговският интрузив (гранити – 30%) и най-малка роля имат Лисецките метаморфити (20%).
- ≡ Геоложка среда в зоната на разкриване/изворната зона: естествените извори и сондажните водоизточници разкриват води основно (90-95%) от гранитогнайсите на Лисецко – Бре-

зовската формация. По сондажни данни това са само скали от Брезовската формация – гнайси, гранити и амфиболити.

- Геоложка среда във високопроводящата зона: най-долните нива на зоната са изградени от Лисецко – Брезовските метаморфити. Над тях са развити широки до 1-2 km делувиални конуси, с дебелини от 50 до 150 m. Изградени са основно от гранити и амфиболити. Най-отгоре се разкрива кватернерна покривка с дебелина от 2-3 до 20 m.

В. Тектонски предпоставки и хипотези:

- // Тектонска среда на находището – водите от находище Кюстендил са от пукнатинен тип. Придвижват се по млади разломни нарушения с неотектонска активизация и генерална посока СИ – ЮЗ. При контакта им с много по-старите разломи (ранноалпийска активизация) с ориентация ССЗ-ЮЮИ се дренират на повърхността, поради това че вторите разломи играят бариерна роля.
- // Тектонска среда в зоната на формиране - основно значение за подхранването на находището с атмосферни води има Полеганският разломен сноп. Генералната посока на разломите е СЗ – ЮИ, със стръмно до почти вертикално затъване в ЮЗ посока. Основният разлом (Полегански) има дължина повече от 15 km. Разломите са развити на разстояние около 1 km един от друг. Общата дължина на разломите в границите на находището е около 20 km.
- // Тектонска среда във високопроводящата зона – тя е развита изцяло по направлението на Кюстендилския разлом с генерална посока СИ – ЮЗ. Разломът предопределя крехка зона на срязване с високо проводящи свойства. Широчината на зоната е около 150-200 m. Дълбочината на разломната зона не е изследвана, но с оглед на голямата дължина на разлома (>100 km), а според някои мнения и повече от 500 km (Bonchev et al., 1960; Bonchev, 1961), би могло да се предположи, че дълбочината му е много по-голяма от дълбочината на формиране на водите (до 1 km). Дължината на високопроводящата зона в границите на находището е около 12 – 13 km.
- // Тектонска среда в зоната на разкриване/изворната зона – Като основна зона на дрениране на термалните води е приет Кюстендилският разлом, по който се инфилтрират водите от оградните планини и се придвижват до зоната на естествено разтоварване, предопределена от бариерните разломи. Има два разломни снопа с ориентация ССЗ-ЮЮИ, които могат да играят тази бариерна роля. Първият е Брезовският сноп, който се намира на около 1,5 km от изворите в северна посока и е ясно изразен. Вторият е Новоселският разломен сноп, който се намира по-близо до изворите, но е по-неясно изразен от Брезовския. Въпреки това по него също е много вероятно да става изкачването на водите и образуването на естествените извори точно в тази част от релефа. Дължината на бариерната зона в границите на находището е около 5 – 6 km.

С. Хидрогеоложки предпоставки и хипотези:

- Ø Хидрогеоложка среда на находището - водите имат напорен характер с режим на самоизлив, според релефните особености и кота на терена. Напорът на водата се изменя от 0,5 до 12,0 m от терена. Средно напорът е около 2,0 m, на коти около 526 – 527 m.
- Ø Хидрогеоложка среда в зоната на формиране – водите се подхранват и формират основно за сметка на атмосферни валежи. Няма реалистични данни, по които може да се оцени дълбочинното похранване. Въпреки че то е пренебрегнато, химичните и режимни наблюдения предопределят много малка роля на един такъв водоприток. Предполагаемата дълбочина на проникване на атмосферните води е сравнително голяма, около 600 – 800 m.
- Ø Хидрогеоложка среда в зоната на разкриване/изворната зона – водите се акумулират по свързани системи от пукнатини. Дебелината на водоносната среда по сондажни данни е от 50 до 150 m. Може обаче да се предположи, че тя е и малко по-голяма до около 300 m. Възможно е част от водите да се дренират скрито по неустановени разломни нарушения и да се смесват с пресните води, акумулирани в палеоген-неогенските наслаги, покриващи скалната подложка. Такъв е случаят при сондаж 2-ХГ.
- Ø Режимните наблюдения показват почти постоянен качествен и количествен състав на минералната вода. Забелязват се леки колебания в намаляване на дебита през летните месеци, което също е предпоставка за атмосферно подхранване. Малката обща минерализация е признак за филтрационна среда в метаморфни формации. Високите стойностите на рН свидетелстват за дълбоката циркулация. Химичният състав на водите кореспондира със зоните на формиране и акумулиране на минералните води.

Д. Други предпоставки и хипотези

- Северната, южната и западната граница са очертани от геоложки, топографски и тектонски съображения. Те съвпадат с промени в литоложката среда, естествените вододели и съществуващите разломни нарушения. В тези участъци няма по-точни данни, от които може да се направят по-коректни изводи и хипотези.
- Източната граница е прокарана по направление на най-западния разлом от Брезовския разломен сноп, който е най-вероятният бариерен разлом за излизане на водите на повърхността.
- Зоната на подхранване е очертана на коти между max – 2000 m и min – 725 m. Естествените вододели също са взети предвид, поради много важната роля на атмосферните води като основен източник на подхранване.
- Обща площ на находище Кюстендил е 138,05 km²
- Обща площ на зоната на подхранване е 84,5 km²

- Обща площ на високопроводящата зона е 15,6 km²
- Обща площ на зоната на дрениране е 0,2 km²
- Дълбочина на формиране на водите – 700 m
- Дълбочина на дрениране на водите – 300 - 700 m
- Дебелина на водоносната среда в изворната зона – 100 m

Изводи

Всички проведени анализи и обработки позволяват да се изгради една добра основа за конструирането на хидрогеоложкия концептуален модел на находище Кюстендил. Съставните геоложки и тектонски схеми изясняват основната концепция за зоните на подхранване и формиране на водите. Разломните нарушения дават информация за зоната на дрениране и високопроводящата част, по която става движението на водите. Геолого-тектонската информация има решаваща роля при изграждането на хипотезите за динамиката на системата. Тя определя и възможните начини за образуване на естествените извори точно в тази част на находището. Анализираният сондажни проучвания, макар и в една малка област (само в изворната зона), дават необходимата информация за съставянето на реалистичен двуизмерен (2D) хидрогеоложки концептуален модел в ГИС среда. По геоложки, топографски и тектонски съображения са определени границите на находището. Те съвпадат с промени в литоложката среда, естествените вододелители и съществуващите разломни нарушения. ГИС моделът позволява по направените допускания и хипотези да се определят площите на находище Кюстендил – общата, на зоната на подхранване, на високопроводящата зона, на зоната на дрениране. Определени са и дълбочините на формиране и на дрениране на водите, както и дебелината на водоносната среда в изворната зона. Този модел може да послужи при бъдещи по-задълбочени изследвания на района и определяне на местата за допълнителни хидрогеоложки оценки. Особено важно е да се съберат нови данни в зоните на подхранване и високопроводящата зона на находището като например допълнителни проучвания – геоложки сондажи и опитно-филтрационни изследвания. Необходими са и задълбочени наблюдения на валежите и снежната покривка в тези две зони. От полза би било, ако се проведат и геофизични проучвания, които биха изяснили по-пълно представата за геолого-тектонската среда в дълбочина.

Литература

References

- Azmanov, A. 1940. *Bulgarian mineral springs*. Sofia, 256 p. (in Bulgarian with German abstract)
- Bonchev, E., Y. Karagyuleva, V. Kostadinov, J. Manolov, Y. Kamenova, E. Dinkov, D. Bakalova, R. Manolova, 1960. Fundamentals of the tectonics of Kraishte and its adjoining lands. *Works on the Geology of Bulgaria, Ser. Stratigraphy and Tectonics*, 1, 7-92 (in Bulgarian with German and Russian abstracts)
- Bonchev, E. 1961. Notes on the main fault structures in Bulgaria. *Works on the Geology of Bulgaria, Ser. Stratigraphy and Tectonics*, 2, 5-29 (in Bulgarian with German and Russian abstracts)
- Boué, A. 1840. *Esquisse géologique de la Turquie d'Europe*. Paris, 190 p.
- Dobrev, N. 1907. *Chemical composition of Kyustendil thermal waters*. Impression of

- the Collection of Folk Phenomena, Science and Literature. vol. XXII, 131 p. (in Bulgarian).
- Graf, J. 2001. *Alpine Tectonics in Western Bulgaria: Cretaceous Compression of the Kraishite Region and Cenozoic Exhumation of the Crystalline Osogovo-Lisets Complex*. ETH Zurich, Ph.D. Thesis. 183 p.
- Hochstetter, v. F. 1872. Die geologischen Verhältnisse des Östlichen Teiles der Europäischen Türkei. *Jahrbuch der K. K. Ge'ol. Reichsanstalt. XXI Band*, 4 Heft. Wien, 365-459.
- Jaranoff, D. 1960. *Tectonique de Bulgarie*. Technica, Sofia. 282 p. (in Bulgarian).
- Kounov, A., D. Steward, D. Bernouli, J. Burg, Z. Ivanov 2004. Thermotectonic evolution of an extensional dome: The Cenozoic Osogovo-Lisets core complex (Kraishite zone, Western Bulgaria). *Int. J. Earth Science (Geol. Rundshc.)*, 93, 1008-1024.
- Kusitaseva, V., J. Melamed. 1958. *Composition of the Bulgarian Mineral Waters. Studies on chemical composition*. „Medical and Physical Education“, Sofia, 277 p. (in Bulgarian).
- Milovanov, P., E. Goranov, V. Zhelev, V. Valev, I. Petrov, E. Ilieva, E. Naydenov, D. Sinyovski, S. Pristavova. 2006. *Explanatory note to the Geological map of the Republic of Bulgaria in Scale 1:50 000. Map sheet K-34-58-D (Zemen)*. Sofia, Ministry of Environment and Water (MOEW), BNGS, Uniscorp Ltd., 64 p.
- Milovanov, P., I. Klimov, V. Zhelev, I. Petrov, D. Sinyovski, V. Valev, E. Ilieva, E. Naydenov, S. Pristavova. 2008. *Explanatory note to the Geological map of the Republic of Bulgaria in Scale 1:50 000. Map sheet K-34-69-B (Kriva Palanka) and K-34-70-A (Kyustendil)*. Sofia, Ministry of Environment and Water (MOEW), BNGS, Uniscorp Ltd, 86 p.
- Petrov, P., S. Martinov. 1962. Some conclusions from the new hydrogeological studies of the thermal waters in southern Bulgaria. *Bulletin of the Geological Institute, Department of Geological and Geographical Sciences*, vol. XI, 267-282 (in Bulgarian with German and Russian abstracts).
- Petrov, P., E. Pencheva. 1962. On Hydrogeochemistry of Rare and Distracted Elements in Bulgarian Mineral Waters. *Bulletin of the Geological Institute, Department of Geological and Geographical Sciences*, vol. X, 268-301 (in Bulgarian with English and Russian abstracts).
- Zhelev, V., P. Milovanov, D. Sinyovski, I. Petrov, I. Klimov, V. Valev, E. Ilieva, E. Naidenov, S. Pristavova. 2008. *Explanatory note to the Geological map of the Republic of Bulgaria in Scale 1:50 000. Map sheet K-34-70-B (Konyavo)*. Sofia, Ministry of Environment and Water (MOEW), BNGS, Uniscorp Ltd., 70 p.
- Zlatarski, G. 1885. Materials in Geology and Mineralogy of Bulgaria - Geol. excursions in Southwestern Bulgaria. *Periodical Magazine of the Bulgarian Literary Society*, Sofia, vol. 14, 71 p. (in Bulgarian).

Постъпила: 06.11.2018
 Приета: 17.12.2018

Received: 06 November 2018
 Accepted: 17 December 2018