

МИКРОКЛИМАТИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА ПЕЩЕРАТА ЧИРПАН БУНАР

Стоян Кюркчиев¹

DOI: 10.35101/prg-2023.3-4.5

В статията се разглеждат основните характеристики на пещерата Чирпан бунар, като се поставя акцент върху спелеоклиматичните условия в нея. В резултат на проведен мониторинг и анализа на получените данни се извършва спелеомикроклиматично зонироване в пещерата. Изследването и направените заключения доказват ползата от изучеността ѝ и необходимостта от бъдещи проучвания в нея.

Ключови думи: карст, пещери, микроклимат, спелеоатмосфера, мониторинг

MICROCLIMATIC CHARACTERISTICS OF CHIRPAN BUNAR CAVE

Stoyan Kyurkchiev

Abstract: Chirpan Bunar Cave is located in the area of Granit village in Bratya Daskalovi municipality - Stara Zagora district. It is one of the few open caves in the Upper Thracian plain. The cave has formed in limestones of the marlstone-limestone association made of bioclastic limestone. The cave is relatively small and has a permanent karst spring. Since April 2016, it has been the subject of research and speleo-microclimatic monitoring. Field measurements of speleoatmospheric parameters of the cave were carried out twice a year – in spring and autumn. In the cave gallery, 5 points for measuring the air temperature, the available water, the relative humidity of the air have been established. The temperature of the speleoatmosphere is measured with the dry thermometer of an Assmann psychrometer. The temperatures of the available cave waters and sediments are measured with a dry mercury thermometer. The relative humidity of the air is determined using an aspiration psychrometer and a psychrometric table. Following a subsequent analysis, the speleo-microclimatic zones in the cave were located. Three main typically distributed speleo-microclimatic zones, and

¹ Център по хидрология и водно стопанство. Национален институт по геофизика, геодезия и география при Българската академия на науките. jazon@abv.bg

one local zone, have been determined in the cave: entrance zone, transitional zone and internal zone, as well as a local sub-zone of the internal zone. The ventilation regimes in the cave have also been investigated. The natural ventilation and temperature regimes in the cave have been affected by the anthropogenic impact. Field studies were conducted in the Srednogorsko-Thracian karst region.

Keywords: karst, caves, microclimate, speleoatmosphere, monitoring

УВОД

Карстовите територии заемат обширна част от земната повърхност. В тях е протичал и протича карстов релефообразуващ процес, определящ комплекс от карстови форми на релефа. Карстифицираните скали, в които е възможно да се развиват карстови процеси, покриват приблизително 10–15 % от площта на сушата (Гвоздецкий, 1988; Ford, Williams, 2007; Климчук и др., 2007; Chen et al., 2017). Тези скали заемат около 1/4 от територията на България (Попов, 1982).

По данни на Ford и Williams (2007) карстът и неговите водоносни хоризонти обхващат около 15–20 % от непокритата с лед земна повърхност, а по данни на WOKAM (World Karst Aquifer Map, Световна карта на карстови водоносни хоризонти) за Европа – 21,6 %. Приблизително 10–25 % от населението консумира или използва карстови води (Ford, Williams, 2007). Това обстоятелство и растящият климатичен натиск върху водоизточниците на питейни води определят важността за човека и обществото от системно и дългосрочно развитие на научните изследвания в карстовите райони при отчитане промените в околната среда и антропогенно въздействие (La Moreauh, 1991).

Целта на настоящото проучване е изучаване на част от характеристиките на пещерата Чирпан бунар с акцент върху спелеоклиматичните условия в нея. Въз основа на проведения мониторинг са отчетени температурата на спелеоатмосферата, пещерните седименти и води и относителната влажност на въздуха в пещерата. Анализът на мониторинговите данни позволи установяване на температурните режими, динамиката на спелеоатмосферата и локализиране на спелеомикроклиматичните зони. С проведеното изследване и направените заключения се надгражда изучеността на пещерата Чирпан Бунар и доказва необходимостта от бъдещи проучвания в нея.

ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Пещерата Чирпан бунар (номер № 4168 и координати N 42.233113, E 25.084255 съгласно картотеката на Българска федерация по спелеология (БФС) и № 306 според спелеоложкото райониране на Попов (1976) е разположена в централната част на Оризово–Чирпанския район на Средногорско–Тракийската област (фиг. 1 – приложение). Входът на пещерата е на надморска височина 155 m в местността „Кайряка“ в землището на с. Гранит, общ. Братя Даскалови, обл. Стара Загора. Достъпът до пещерата се осъществява от северния край на с. Болярино, общ. Раковски, област Пловдив, в посока на изток към с. Гранит по почвен път.

Чирпан бунар е една от малкото открити пещери в Горнотракийската низина и до неотдавна е единствената пещера в Оризово–Чирпанския пещерен район. Това е пещера със сравнително малки размери и постоянен карстов извор със среден дебит 80 l/sec (Антонов, Данчев, 1980). На разстояние около 350 m в посока юг-югоизток от входа на пещерата е локализиран още един малък извор с постоянен дебит.

Заедно с разположения в земището на с. Партизанин, обл. Стара Загора, карстов извор Халка Бунар (170-350 l/sec) и други по-малки извори дренират южните склонове на Сърнена Средна гора (Костов, 2008).

Подхранването на карстовите води се осъществява основно от инфилтрацията на валежите и частично от речния отток, като изворът Халка Бунар се подхранва допълнително от грунтовия отток в терасите на р. Омуровска (Антонов, Данчев, 1980).

Изследваната пещера е образувана в органогенни горноеоценски варовици от Мергелно-варовиковата задруга с приабонска възраст (Драгоманов и др., 1980; Боянов и др., 1993) (фиг. 2 – приложение) по предполагаемото продължение на Чирпанския разлом или по паралелна активна структура (Костов, 2008). Дебелината на тавана е едва 1–1.5 m. Глинести пещерни наслаги се откриват само в задната част на пещерата, където морфологията ѝ позволява тяхното депониране. В останалата част протичащата през нея река не позволява задържането на седиментен слой. Глинестите седименти са еднотипни, фини, червеникави на цвят. В пещерата липсват вторични пещерни образувания.

При минерал–петрографското изследване Тодоров (2021) установява следните характеристики на варовиковите скали, изграждащи Мергелно–варовиковата задруга, в която се развива пещерата:

✓ Петрографско определение на варовиковите скали: биокластичен варовик, изграден от рифостроящи организми, миди, бодлокожи, охлюви и др.;

✓ Макроскопско описание: бяла, сива карбонатна скала, на места с редки черни петна от органично вещество и пори с размери до 1x4 mm. Реагира бурно с 3 % HCl;

✓ Текстура: грубозърнеста до масивна, пореста;

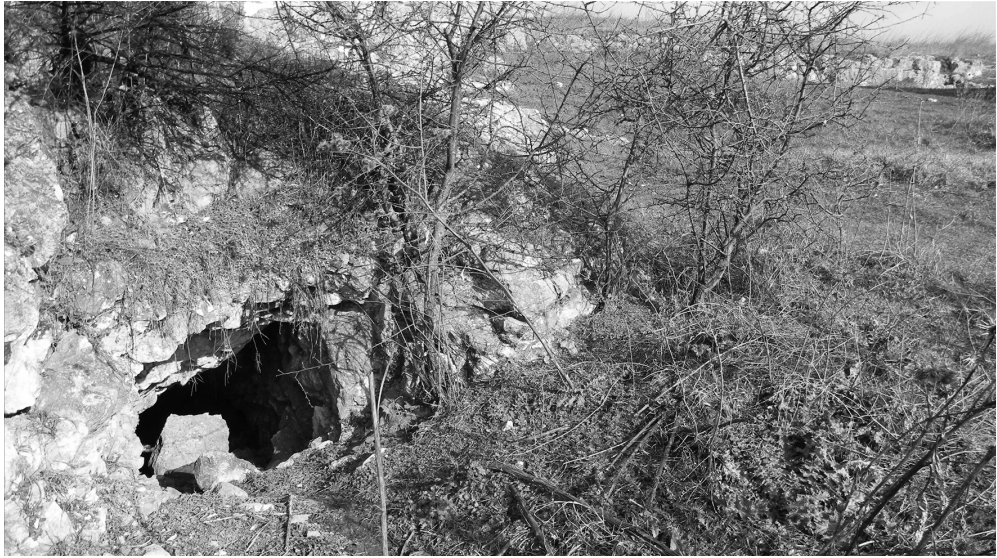
✓ Структура: биокластична, микро- до дребнозърнеста на матрикса;

✓ Минерален състав: калцит (CaCO₃).

Често органогенните варовици имат пластови рифови постройки, доминиращи над околния релеф (Боянов и др., 1993; Тодоров, 2021).

Естественият вход на пещерата е с размери 110/85 cm (фиг. 3) и е разположен в основата на малък скален венец, пред който се образува езеро от изтичащата от пещерата река (фиг. 4). Вторият изкуствено прокопан вход е разположен в близост до естествения и представлява бетонна шахта за водоземателна станция, изоставена и неизползвана към момента (фиг. 6).

Подземната река навлиза в пещерата от източната посока през засифонена част на пещерната галерия. Дължината на сифона е около 8 m. Следва суха пещерна галерия, развиваща се в източна посока с дължина от 70–80 m до поперечен сифон (Фондов материал на СК “Пълдин“ – Пловдив, непубликуван). В западната част на пещерата диаклазната галерия се стеснява до непреодолими за човека размери, но се вижда продължение, непроучено към настоящия момент. Водите, навлизащи от тази посока, са с несравнимо по-малък дебит



Фиг. 3. Естественият вход на пещерата Чирпан бунар



Фиг. 4. Скален венец с езеро пред пещерата

спрямо тези, навлизащи от източната част. Общото количество води изтича свободно през отвор в основата на скалния венец. Максималната дълбочина на реката от 1.5 m е измерена в западната част непосредствено при изтичането ѝ от пещерата.

Общата картирана дължина на пещерата към момента е 72 m, денивелация 1 m (Картотека на БФСп). Картировката е проведена през 1984 г. от група спелеолози от Спелео Клуб “Пълдин“ гр. Пловдив.

Релефът в района на пещерата е равнинен. В западна посока са разположени ниски заоблени варовикови хълмове, започващи от с. Шишманци, общ. Раковски, обл. Пловдив, и развиващи се на изток. Максималната им надморска височина достига 214 m източно от селото и района на кариера за добив на инертни матирали. Свободните необработваеми площи са заети предимно с тревисти съобщества и ниска храстовидна растителност, представена от шипка, къпина и основно драка. По брега на езерото се развива влаголюбива растителност, върби и тополи.

В климатично отношение Оризово–Чирпанският район на Средногорско–Тракийската карстова област попада според генетичната класификация на Нојагов (2017) в преходносубтропичен към умерен и преходен океанско-континентален климат.

През 2005 г. екип от Проблемната лаборатория по сеизмотектоника към Геоложкия институт на БАН провежда изследване в пещерата. Установяват се тектонски брекчи и разместени участъци по тавана ѝ. Следи от сеизмотектонска активност са индикатор за въздействие на активна тектонска дейност в района (Костов, 2008).

Сезонно в пещерата се наблюдават неголеми колонии на прилепи, различни влечуги, гнездящи лястовици и голямо количество различни видове риби (особено през студеното полугодие). Пещерата се използва и за размножителна територия на нутрии, с които изобилства районът.

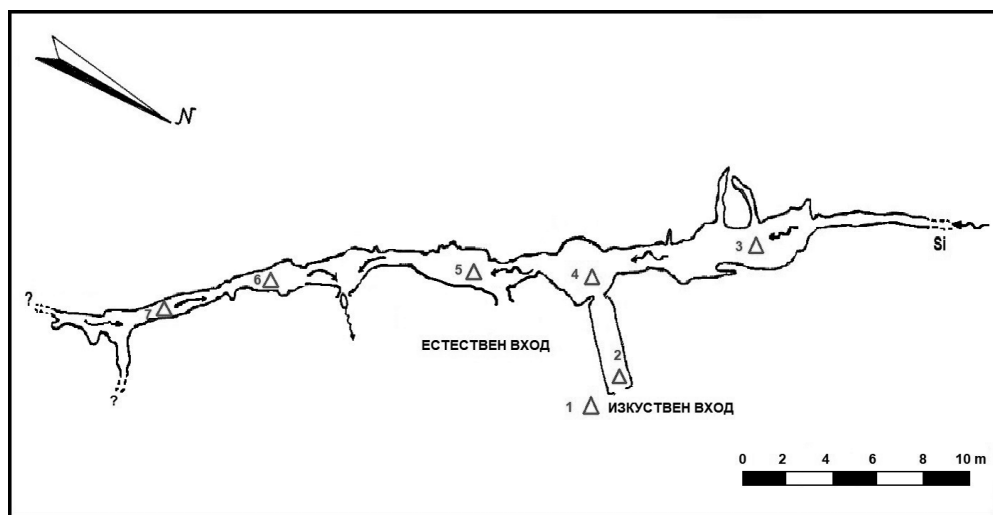
Със заповед № 3039 от 03.10.1974 г. на Министерството на горите и опазване на природната среда пещерата Чирпан бунар е обявена за природна забележителност с обща площ от 5.0 ha. Тя не е благоустроен туристически обект. Достъпът до нея е свободен.

МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Настоящото изследване се базира на събирана и систематизирана информация за Средногорско–Тракийската карстова област и конкретно за пещерата Чирпан бунар, включително за тяхната геология, хидрология и др. Осъществени са теренни проучвания в района на пещерата, като с подкрепата на спелеологията е изследвана и пещерната морфология.

Експедиционният мониторинг в пещерата Чирпан бунар е проведен през периода 2016–2022 г. в рамките на 15 полеви експедиции и е съобразен с морфологичните ѝ особености. Измерванията на параметрите на спелеоатмосферата са извършвани два пъти годишно – пролет и есен. По профила на пещерата са определените подбрани пет точки за измерване (фиг. 5) на температурите на въздуха, пещерния седимент и наличните пещерни води. Във всяка една точка е определена относителната влажността на въздуха. Допълнително измервателни точки са локализирани при пещерния вход и в бетонното преддверие.

Температурата на спелеоатмосферата е измервана с точност 0.2 °C със сухия термометър на аспирационния психрометър на Асман. Относителната влажност на въздуха е определена освен чрез този психрометър и с психометрична таблица. Със сух живачен термометър с точност 0,5 °C се измерват и температурите на пещерните води и седименти.



Фиг. 5. Точки на микроклиматични измервания в пещерата Чирпан бунар (за основа е използвана карта на пещерата, съхранявана в картотеката на БФС)

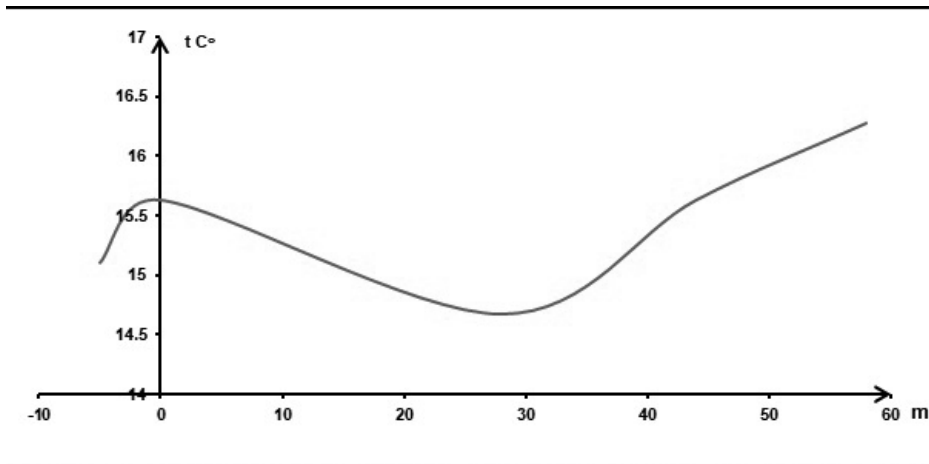
Въз основа на обработените данни от The European Center for Medium-Range Weather Forecasts (<https://www.ecmwf.int>) за периода 1950–2022 г. е определена средногодишна температура от $12.56\text{ }^{\circ}\text{C}$ за района на пещерата.

По време на полевите дейности, предшестващи настоящото изследване, са открити и още две малки пещери, разположени на север от Чирпан бунар в землището на с. Зелениково, общ. Брезово, обл. Пловдив, в които на този етап не са правени проучвания.

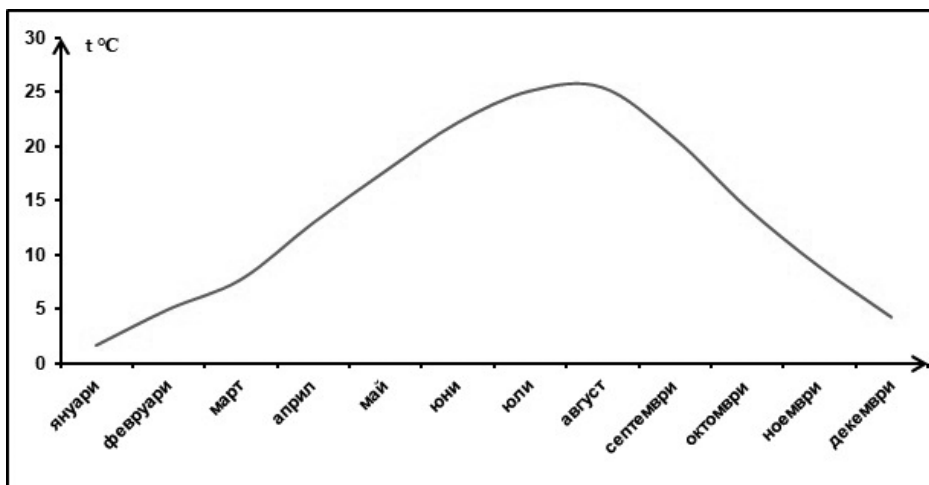
РЕЗУЛТАТИ

Спелеоклиматичните условия и динамиката на пещерната атмосфера в Чирпан бунар се определят от нейните морфологични особености и физико-географските специфики на района на пещерата. Малките размери и дълбочината, на която се развива тя, дават възможност за осезаемо влияние на външните климатични условия върху спелеоатмосферата. Определената за периода на изследването средногодишна температура на спелеоатмосферата по оста на пещерата (т.3–т.7) е $15.54\text{ }^{\circ}\text{C}$ (фиг. 6). Равнинният релеф определя високите летни средномесечни температури – външната атмосфера (м. юни – $22.19\text{ }^{\circ}\text{C}$, м. юли – $22.09\text{ }^{\circ}\text{C}$, м. август – $25.44\text{ }^{\circ}\text{C}$, м. септември – $20.74\text{ }^{\circ}\text{C}$), с максимални температури над $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, като лятото започва много рано и продължава дълго с характерни горещини.

През зимните месеци липсват отрицателни средномесечни температури за района на пещерата Чирпан бунар. Отрицателните температури започват да се наблюдават едва от края на м. октомври и началото на м. ноември до средата на м. април. За района е характерна ранна и топла пролет. Тя започва още в началото на м. март, като температурата се задържа трайно над $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (фиг. 7).



Фиг. 6. Средногодишна температура по профила на пещерата Чирпан бунар (т.3–т.7) за периода 2016–2022 г.



Фиг. 7. Вътрешногодишен ход на температурата на атмосферата за периода 2016–2020 г. за района на пещерата Чирпан бунар (по данни от <https://www.ecmwf.int>)

Акумулираната топлина от почвата и скалите през топлото полугодие повлиява продължително на пещерната атмосфера. Краткият период с относително ниски температури не оказва силно влияние върху температурните режими на спелеоатмосферата. Наличните пещерни води, навлизащи от източна посока, са с температурата от 14.36 °С, средна за периода на изследване. Те допълнително допринасят за формирането на сравнително високата средногодишна температура на спелеоатмосферата в пещерата.

В изкуствено прокопаната част на пещерата (точка на измерване № 2) определената средногодишна температура за периода на изследване е 17.2 °С,

максималната е 25.8 °С и минималната – 7.0 °С, с годишната амплитуда 18.8 °С (фиг. 5). В тази изкуствено оформена част на пещерата (фиг. 8 – приложение) температурите режими се формират под прякото въздействие на външната атмосфера. Средната относителна влажност на въздуха е 61.1 %.

В източната галерия преди сифонната част (точка измерване № 3) е измерена средногодишна температура 15.6 °С. С отдалечаването от входа на пещерата въздействието на външните климатични условия се снижава и годишната температурна амплитуда достига до 3.4 °С. Средногодишната температура на водата в тази част е 14.4 °С. Средната относителна влажност на въздуха е 89.3 %, с годишна амплитуда 20 %.

При точка № 4 е измерена средногодишна температура 15.6 °С и годишна амплитуда 13.0 °С, която е максималната отчетена в пещерата. Температурите режими в тази част се формират под осезаемото влияние на външните температурни условия. Средната относителна влажност на въздуха е 82.8 %, с годишна амплитуда 21 %.

Непосредствено до естествения вход (точка на измерване № 5) на пещерата е измерена най-ниската средногодишна температура 14.7 °С, със средногодишна амплитуда 9.8 °С. В тази точка на измерване температурните режими се формират под силното въздействие на външните климатични условия. Средната относителна влажност на въздуха е 91.8 %, с годишна амплитуда 14 %.

С навлизане в дълбочина на пещерата в западна посока при точка на измерване № 6 е отчетена най-ниската средногодишна температурна амплитуда 2.8 °С при средногодишна температура 15.6 °С. Средната относителна влажност на въздуха е 96.5 %, с годишна амплитуда 0.3 %.

При точка на измерване № 7 средногодишната температура се повишава до 16.3 °С, а годишната амплитуда достига 3.3 °С. Средногодишната температура на водата в тази част на пещерата е 15.1 °С, а годишната амплитуда е 2.0 °С. Средната относителна влажност на въздуха достига 97.7 %, с годишна амплитуда 0.2 %.

На базата на проведения мониторинг в пещерата е направено спелеомикроклиматичното зонироване. Локализиран са три основни класически разпределени спелеомикроклиматични зони: привходна, преходна и вътрешна зона и локална подзона на вътрешна зона (фиг. 9 – приложение).

Привходната зона обхваща само бетонната водоизземателна шахта. Голяма част от бетонната конструкция е компрометирана. Този факт позволява навлизането отвън на въздушни маси в пещерата. Температурните режими в тази част се формират под осезаемото въздействие на външните климатични условия.

Преходната зона заема междинно положение между привходните и вътрешните части на пещерата Чирпан бунар. Температурните режими се формират под отслабващото влияние на външните климатични условия и циркулационните режими на спелоатмосферата в тази зона.

Вътрешната зона (зона с постоянна температура) е разположена в отдалечените от входа части на пещерата. Тук средногодишната температура на спелоатмосферата показва малка годишна амплитуда, а относителната влажност на въздуха е най-висока.

Вътрешната подзона е разположена в най-западната, изолирана част на пещерата. Тук са отчетени най-високите температури в нея. Морфоложко стеснение на основната галерия отделя тази зона от останалата пещерна галерия. Температурите в нея се формирани вследствие на ниско интензивните вентилационни процеси в дълбочина на пещерата, провокирани от това стеснение, възпрепятстващо навлизането на студен атмосферен въздух през студено полугодие и отдалечеността от входа. От друга страна, малката дебелина на пещерния таван позволява нагрятата земна повърхност над пещерата осезаемо да влияе на температурните режими на спелеоатмосферата през топлото полугодие на годината. По-високата температура на пещерните води в западната част също допринасят за спецификата на температурните режими в тази специфична зона.

Естествените вентилационни и температурни режими в пещерата са нарушени вследствие на антропогенно въздействие. Изкуствено прокопаният вход (фиг. 10) е разположен относително по-високо от естествения. През студено полугодие се създават благоприятни условия за слаби вентилационни процеси между естествения и този, по-високо разположен, изкуствен вход. Създадените конвективни движения улесняват навлизането през естествения слабо наклонен вход на студени въздушни маси отвън. Този факт обуславя и сравнително по-ниските температури при естествения вход и по-високите при изкуствения. През топлото полугодие от годината температурата на спелеоатмосферата остава относително по-ниска спрямо външната, вследствие на което вентилацията е с ниска интензивност.

Осезаемата разлика от 0.74°C в температурните режими на навлизащите в двата края на пещерата води се дължи главно на различията при тяхното формиране. Относително по-ниските температури на водите, навлизащи от източната част, предполагат формирането на по-голяма дълбочина на по-дълготрайна



Фиг. 10. Изглед към изкуствено прокопания вход на пещерата

обширна водосборна площ, чиито води имат относително по-ниска температура и с по-малка годишна амплитуда спрямо тези, навлизащи от западната част. Задълбочено изследване на пещерните води в Чирпан бунар предстои при бъдещо проучване.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спелеоклиматът в пещерата се формира под влияние на външните физикогеографски условия и спецификите на нейната морфология и антропогенното въздействие. Установените температурни режими на пещерната атмосфера показват сравнително висока средногодишна температура. Слабите вентилационни процеси в западните части на пещерата са предпоставка за по-високата температура на въздуха. Температурите в източната част са сравнително по-ниски вследствие на интензивната вентилация през студеното полугодие и близостта до изкуствения вход. В пещерата са установени три класически спелеомикроклиматични зони и една подзона: привходна, преходна, вътрешна зона и вътрешна подзона.

Уязвимостта и обществената значимост на карстовите територии налагат тяхното систематично и задълбочено изследване. Оризово–Чирпанският карстов район заема обширни територии в централните част на Горнотракийската низина. Пещерата Чирпан бунар е представителна за карста в тази част на страната. Проучването в нея следва да продължи и надгради по отношение на наличните пещерни води. Определяне на техните хидрохимични и физико-химични показатели ще осигури важна информация за формирането им, антропогенното въздействие, качеството и спецификите им (напр. сезонната им динамика) и протичащите карстови процеси. Интензивното земеделие оказва значимо влияние върху карстовите геосистемите, от които пещерите са неделима част. Чирпан бунар не прави изключение. Бъдещите изследвания ще се насочат и към тази сложна проблематика. От друга страна, глобалните промени на климата неимоверно ще дадат своето отражение върху спелеоатмосферата на плитко разположената пещера. Как и с каква интензивност ще се развиват тези процеси ще бъдат проследени при по-нататъшните изследвания на Чирпан бунар.

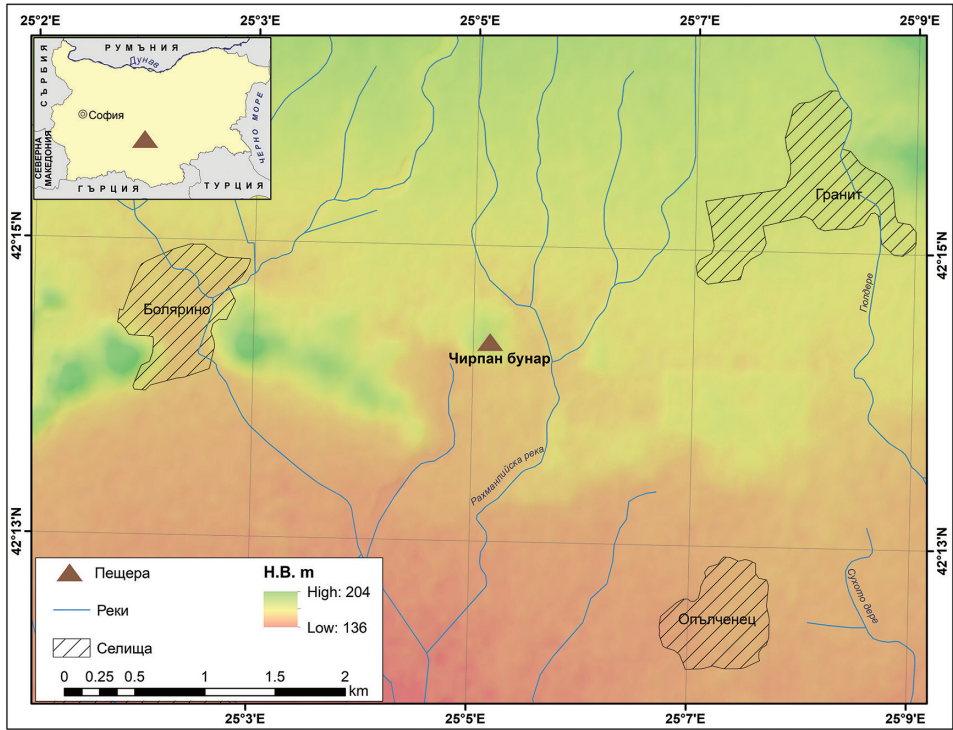
Благодарности

Изказвам своите искрени благодарности на всички колеги за голямата методическа подкрепа. Значителен принос за успеха на настоящото изследване имат членовете на Спелео Клуб „Пълдин“ Пловдив, подпомагащи всеотдайно работата в пещерата Чирпан бунар и подкрепили провеждането на теренните изследвания на карста в Оризово–Чирпанския карстов район.

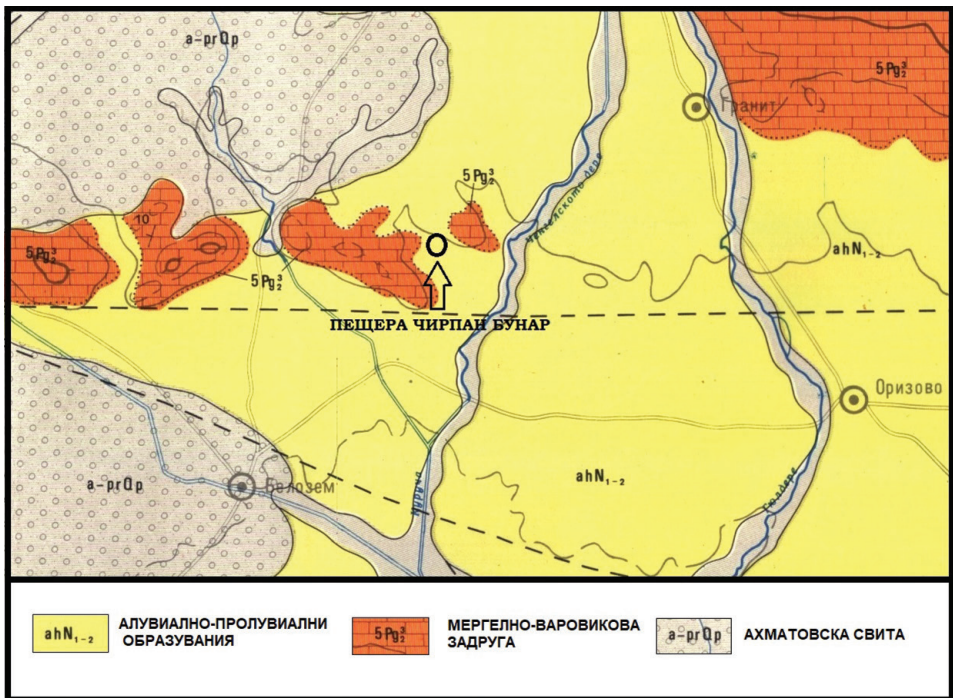
ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Х., Д. Данчев.** 1980. Подземни води на НРБ. ДИ „Техника“, София, 359 стр.
Боянов, И., Ж. Шилиярова, А. Горанов, М. Русева, Т. Ненов. 1993. Обяснителна записка към геоложка карта на България, Картен лист „Чирпан“, М 1:100000. Комитет по геология и минерални ресурси, „Геология и геофизика“ АД, София, 55 стр.

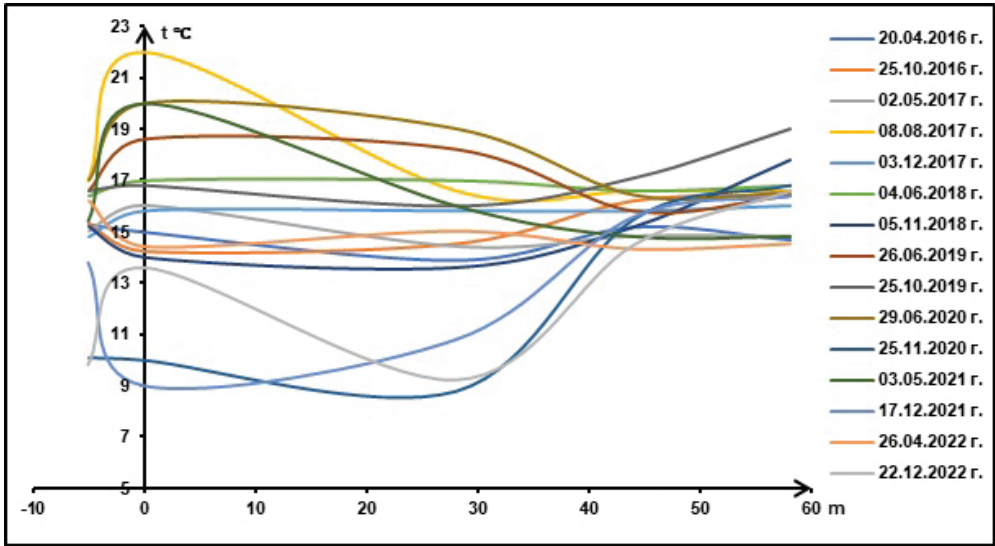
- Гвоздецкий, Н.** 1988. Карстовые ландшафты. Издательство Московского Университета, стр. 112.
- Драгоманов, Л., В. Сапунджиев, П. Дикова, Хр. Христов, Кр. Георгиев, К. Григоров** 1980. Приабонът в Пловдивско. – Сп. на Българското геолошко дружество, год. ХLI, кн. 3, с. 280-287.
- Климчук А., Ю. Касьян.** 2005. Распределение температуры в карстовых системах: данные по глубоким пещерам массива Арабика. – Свет, № 1(27), с. 20-24.
- Климчук А., Г. Амеличев, Е. Лукьяненко.** 2007. Пещеры как объект исследования и природно-ресурсный объект (значение, использование). Кадастр пещер: Состояние и задачи. Аналитическая записка. – УИСК, Симферополь, с. 2-8.
- Костов, К.** 2008. Палеосейсмични индикации в карстови терени. Автореферат на дисертация за придобиване на научнообразователна степен „Доктор“, Геологически институт на БАН, София, 40 стр.
- Попов, В.** 1976. Райониране на пещерите в НР България. – Проблеми на географията, Изд. БАН, кн. 2, София, с. 14-24.
- Тодоров, Т.** 2021. Минерал-петрографско изследване на мрамори и варовици от могилата Мал тепе в Маноле. Дипломна работа за придобиване на образователно-квалификационна степен „Магистър“, ПУ „Паисий Хилендарски“, ФИФ, Катедра „История и археология“, 77 с.
- *** Картотека на Българска Федерация по Спелеология (БФСп).
- Chen Z., A. Auler, M. Bakalowicz, D. Drew, F. Griger, J. Hartmann, G. Jiang, H. Moosdorf, A. Richts, Z. Stevanovic, G. Veni, N. Goldscheider.** 2017. The World Karst Aquifer Mapping project: concept, mapping procedure and map of Europe. This article describes a project supported by the International Association of Hydrogeologists (IAH) *Commission on Karst Hydrogeology*, pp.771-785.
- Ford, D., P. Williams.** 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. First Edition published in 1989 by Unwin Hyman Ltd, pp. 562.
- La Moreauh, P.** 1991. History of karst hydrogeological studies. – In: Proceedings of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas I.G.U.- U.I.S. Italy 15- 27 Sept. 1991. *Quaderni del Dipartimento di Geografia* n. 13, 1991, Università di Padova, pp. 215-229.
- Magne, L., N. Lecoq, J. Rodet, S. Chedeville, J. Viard.** 2017. Evidence of daily and seasonal inversions of airflow in Petires Dales cave, Normandy, France. *Acta Carsologica* 46/2–3, Postojna, pp. 179–197.
- Merlin, D., D. Tuttle, Diane E., Stevenson.** 1978. Variation in the Cave Environment and its Biological Implications. In 1977 National Cave Management Symposium Proceedings, (R. Zuber, J. Chester, S. Gilbert and D. Rhodes, eds.), pp.108-121. Adobe Press, Albuquerque, New Mexico, pp.140.
- Nojarov, P.** 2017. Genetic climatic regionalization of the Balkan Peninsula using cluster analysis. *Journal of Geographical Sciences*, 27(1), pp. 43-61.
- Perry, R.** 2013. A review of factors affecting cave climates for hibernating bats in temperate North America. NRC Research Press. *Environ. Rev.* Vol. 21, pp. 28–39.
- Ridley H., J. Baldini, K. Pruffer, I. Walczak, S. Breitenbach.** 2015. High-resolution monitoring of Yor Balum Cave, Baliza: An investigation of seasonal ventilation regimes and atmospheric and drip-flow response to a local earthquake. *Journal of Cave and Karst Studies*, v.77 no3, pp.183-199.



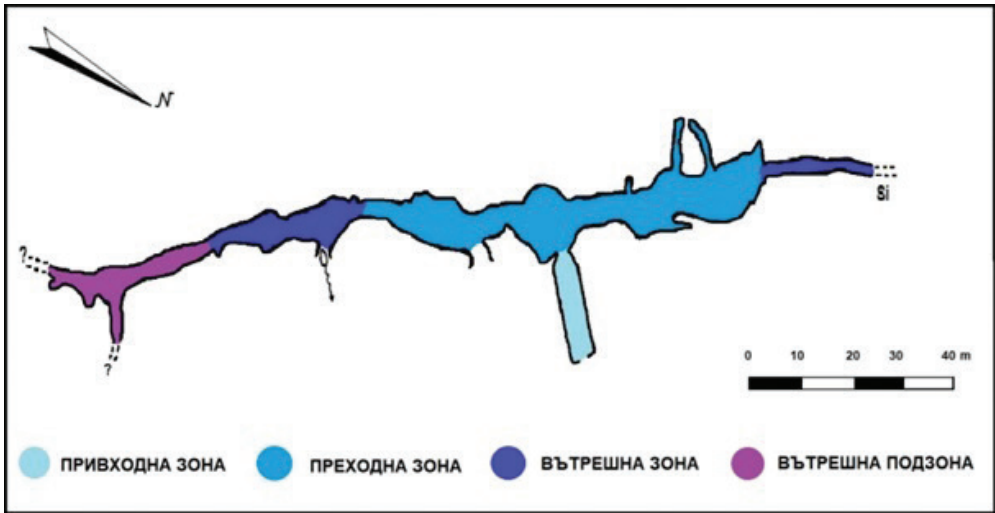
Фиг. 1. Местоположение на пещерата Чирпан бунар (изготвила: Велимира Стоянова)



Фиг. 2. Геоложка карта на района на пещерата Чирпан бунар



Фиг. 8. Температурни профили по оста т.3–т.7 на пещерата Чирпан бунар



Фиг. 9. Спелеоклиматично зонирание на пещерата Чирпан бунар