

ВЛИЯНИЕ НА СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ ВЪРХУ АТМОСФЕРНИ ПРОЦЕСИ В КАРСТОВАТА СИСТЕМА НА ПОНОР ПЛАНИНА

Цветан Паров

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: tsetsoparov@gmail.com*

Ключови думи: *варовик, микроклимат на пещера, хидроложки режим, геотермален енергиен обмен, повърхностна атмосфера, защита на пещерата, подземна метеорология*

Резюме: *Изследвани са процесите на температурен обмен между повърхностната атмосфера и нейното влияние върху подземните метеорологични параметри. Изследването е базирано върху използването на автоматични записващи станции за измерване на температура на въздуха в галериите на подземната система, температура на подземната вода, относителна влажност и атмосферно налягане.*

THE INFLUENCE OF SURFACE METEOROLOGY PARAMETERS AND SOLAR ACTIVITY ON THE MODIFICATION OF ATMOSPHERIC PROCESSES IN THE UNDERGROUND KARST SYSTEM OF THE PONOR MOUNTAIN

Tsvetan Parov

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: tsetsoparov@gmail.com*

Keywords: *Limestone, Cave microclimate, Hydrological regime, Geothermal energy exchange, Surface atmosphere, Cave protection, Underground weather*

Abstract: *The processes of temperature exchange between the surface atmosphere and its influence on underground meteorological parameters have been studied. The research is based on the use of automatic recording stations for measuring air temperature in the cave, water temperature, relative humidity, and atmospheric pressure.*

Въведение

Планината Понор се намира в централната част на планинския масив Западна Стара планина. Тази планина представлява внушителен карстов регион с характерен равен релеф и площ на водосборния басейн от 140 квадратни километра (Динев 1959). Най-голямо разпространение в пространството имат районите с надморска височина между 1100 и 1300 метра, които включват обширни и относително равни ливади. Планината Понор се намира между Петроханския проход и река Гинска на запад, река Искър на изток и е ограничена от реките Козля и Искрецка на юг и Кознишки рид и река Пробойница на север. Планината е слабо населена, с населени места предимно на нейната периферия. През годините, тази планина привлича много изследователи, но представлява особен интерес за хидрогеолози и спелеолози.

Геологично казано, планината е съставена от скали, формирани по време на долния палеозой и мезозой. Планината Понор е образувана от варовик и доломити и представлява един от най-големите и характерни карстови райони в България. Водата, проникваща в скалите, е създала големи отрицателни карстови форми - губилища, воронки (понори на български) и сляпи долини. Повече от 70 пещери са открити в масива на Понор, но най-дългите и най-дълбоки са пещерата Каците (дълбочина 205 m, дължина 2560 m, надморска височина на

входа 1245 m) и Колкина дупка (дълбочина 542 m, дължина 19164 m, надморска височина на входа 1285 m). И двете пещери осигуряват дренаж на подземните води на повече от 10 km (по права линия) до изворите близо до село Гара Бов.

Общата разлика в денивелацията, която се преодолява от подземната река, е около 800-850 m, а дължината на галериите, преминавани от хора, надхвърля 20 km. Това създава основа за създаване на термодинамично движение на големи въздушни маси между долината на река Искър и склоновете на Планината Понор. Разтварянето на скалите създава мрежа от подземни канали и празнини, през които водата преминава. Слънчевото излъчване може да увеличи температурата на повърхностните водни потоци, което води до увеличено изпарение и загуба на вода. Това може да има последици за наличността и качеството на водата в карстовите райони. Слънчевото излъчване е ключов фактор за преноса на енергия в системата на Земята. То осигурява енергията, необходима за фотосинтезата, изпарението и валежите. Количеството и интензивността на слънчевото излъчване, което достига повърхността на Земята, се влияят от фактори като географска ширина, сезон и атмосферни условия.

Тезата, че температурата в пещерите е постоянна, важи за сухи, малки и/или затворени пещерни системи, които са достигнали краен стадий на блокажна цементация в своето развитие, където липсата на влизащи водни потоци и блокираният въздушен поток водят до това, че скалите и тяхният геотермален поток са основните източници на топлина. Нашите предварителни резултати показват, че температурните колебания в изследваната голяма и дълбока подземна система не се влияят от геотермалния поток, а по-скоро зависят от връзката между температурата на пещерата, която се влияе от температурата на скалите, която, от своя страна, зависи от температурата на изтичащите води, които са значително засегнати от повърхностните условия и се променят по време на пътя на подземната вода през пещерата.

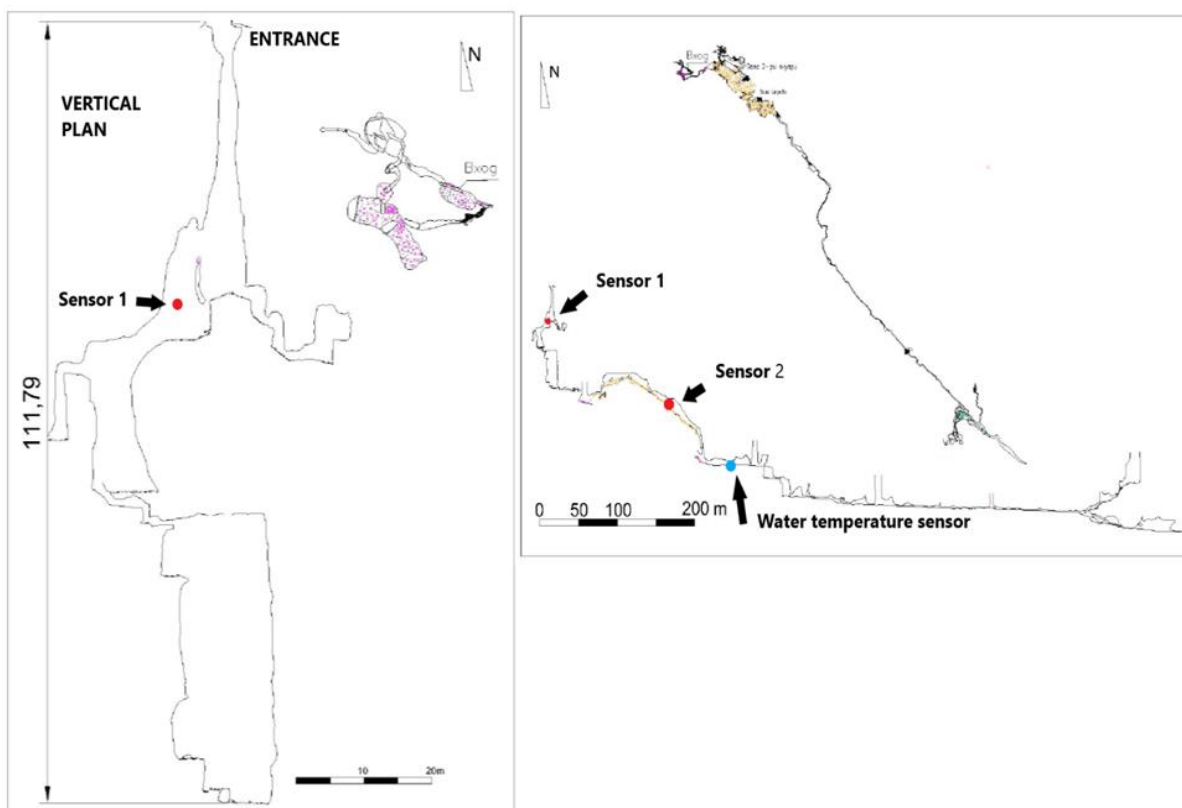
Температурният градиент определя разлика от около 5 °C между температурата на въздуха на входа на пещерата и изворите в края и, и двете, заедно с разликата в атмосферното налягане, създават непрекъснато движение на въздушни маси в подземните обеми.

Теория на метода и резултати

Това изследване започна на 28.12.2022 г. и продължава в момента с поставянето на две записващи устройства с вградени сензори Comet U4130 за измерване на температурата, влажността и атмосферното налягане. Шест месеца по-късно бяха добавени два подводни сензора Tinytag aquatic 2 за записване на температурата на водата на подземната река. Поставянето на сензорите беше определено чрез провеждане на пет експедиции, проведени в пещерата през 2022 година. Накрая бяха избрани две точки. Първата точка се намира на 40 m вертикално от входа на пещерата (S40), където се наблюдава гранична зона между външната повърхностна атмосфера и подземната атмосфера. Точката също е избрана по такъв начин, че да е далече от подземна река. Втората точка за измерване (S130) е избрана на около сто метра вертикално и около 120 m хоризонтално от първата точка, в предполагаемата зона на постоянни температури. Данните от сензорите за измерване на температурата на водата ще бъдат изтеглени в началото на 2024 г.

Данните от сензорите се изтеглят ръчно чрез кабел и компютър. За съжаление, през зимния сезон се оказа, че защитата срещу образуване на конденз на сензорите е недостатъчна, и високата влажност доведе до бързо изтощаване на батериите им. Сензорът на дълбочина -130 m (S130) работеше в продължение на 38 дни, докато сензорът на дълбочина -40 m (S40) събираше данни за 60 дни. Сензорите бяха извадени и обслужени, и бяха инсталирани в подходящи кутии срещу образуване на конденз, преди да бъдат върнати в пещерата. В края на месец юли изтеглихме събраната информация и започна нейната обработка. Данните за повърхностните метеорологични условия се вземат от Националния институт по метеорология и хидрология на България. Информация за слънчевата активност се получава от уебсайта на Кралската обсерватория на Белгия.

Местоположенията за поставянето на подземните сензори в пещерата Колкина дупка са маркирани на Фиг. 1.



Фиг. 1

За обработката на получените данни, включващи повече от 3000 почасово събирани стойности на различни метеорологични параметри, използваме корелации на Пиърсън и Т-тест чрез статистическия софтуер SPSS, за да се проучи статистическата връзка между температурите на различни дълбочини (S40 и S130) в пещерата и повърхностните метеорологични параметри както за зимния, така и за летния сезон. За търсене на циклични атмосферни явления в наборите от данни бяха използвани процедури на програмния език PYTHON, като сравнявах измерванията за всеки ден с тези от седем дни преди и седем дни след този ден. Резултатите са таблици с отложени корелации, т.е. корелацията между вътрешни и външни променливи от предходния ден, от предходния ден преди този и така нататък до седем дни. Съществуват и обратни корелации, обозначени с (-), представляващи вътрешни променливи от предходни дни с външни променливи от следващите дни. Те се използват за сравнение на температурата на въздуха в пещерата преди и след валежи.

Предварителните резултати показват значителна връзка между валежите, тяхното количество (измерено в литър/кв.м.) и повишаването на температурата в карстовата система през зимните сезони. В по-малка значимост същия извод се направи и за летните месеци. Относно корелациите между температурата на въздуха на повърхността и температурите отчетени от сензорите на дълбочини -40 и -130 m резултатите са следните:

През лятото- Външната температура корелира положително с тази на плиткия сензор и отрицателно с тази на дълбокия. Това важи за период от 3 дни напред и 3 дни назад.

През зимата- Външната температура по време на зимата корелира отрицателно с тази на двата вътрешни сензора. Или, когато повърхностните температури се повишават, вътрешните температури намаляват.

При сравняването само на вътрешните температури, за зимата, когато на входа на пещерата (на 1300 m над морското равнище) температурата е отрицателна (по време на нашите измервания през януари-февруари 2023 г., достигайки до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$), вътре в пещерата атмосферата е значително по-топла ($\sim 9\text{ }^{\circ}\text{C}$) и, следователно, има по-ниска плътност. Това предизвиква издигането на въздушни течения вътре в планинския масив. Все пак, тези въздушни движения са ограничени от топлообмена с външната атмосфера поради налягането от повърхностната студена инверсия на въздуха. Това води до намаляване на относителната влажност, която е функция на смесването на два въздушни потока с различни температури.

През лятото, имаме отрицателна корелация $r=-0.537$, което означава, че когато температурата на сензора на -40 m се повишава, температурата на дълбочина -130 намалява.

Този феномен може да се обясни, като се вземе предвид, че атмосферата вътре в пещерата е по-плътна и по-студена в сравнение с повърхността. В резултат на това подземните въздушни маси "потъват" надолу и по време на този процес "вкарват" топъл въздух от повърхността. Това води до забележимо увеличение на влажността и наличието на кондензирана вода на стените на пещерата.

Заклучение

Подземния свят винаги е заемал важна част в човешката еволюция. Използван хиляди години като подслон и източник на вода, едва в последните 100 години с напредването на системите за осветление и оборудването за безопасност, той разкрива пълното си богатство и потенциал. Като една своеобразна библиотека на физико-геоложкото развитие на Земята, подземния свят запазва и архивира данни за слънчевите цикли, водните количества и киселинния състав на водите. След като в последните години бяха открити пещерни входи и на други небесни тела като Луната и Марс, и като знаем, че пещерите екранират опасните за човека космични лъчения, това дава предпоставка за използването им като естествени бази за началото на човешкия път през Слънчевата система.

Литература:

1. Stoev, A., P. Stoeva- Cosmic ray and solar activity influences on long-term variations of cave climate systems. January 2019
2. Badino, G., 1995: Fisica del Clima Sotterraneo
3. Badino, G., 2005: Underground Drainage Systems and Geothermal Flux. - Acta Carsologica
4. Badino, G., 2004: L'Influenza del Clima Esterno sulle Terre della Notte
5. Tapping KF (1987) Recent solar radio astronomy at centimeter wavelengths: the temporal variability of the 10.7-cm flux
6. Paskalev, M., A. Benderev, St. Shanov- Tectonic conditions of the region of the Iskrets karst springs (West Stara Planina).
7. <https://pod-rb.eu/> official site of caving club Pod Rb- Tserovo village