

SKUTKI ZMIAN KLIMATU NA ŚRODOWISKO JASKINIOWE

Katarzyna Kasprowska-Nowak¹

¹ Instytut Wychowania Fizycznego, Turystyki i Fizjoterapii, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Długosza, ul. Waszyngtona 4/8, 42-200 Częstochowa, e-mail: k.kasprowska-nowak@ajd.czyst.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono skutki zmian klimatu na środowisko jaskiniowe (ekosystem podziemny) od momentu tworzenia się jaskiń (neogen), przez okres zlodowaceń na obszarze Polski do dnia dzisiejszego. Opracowano je na przykładzie analizy osadów Jaskini na Biśniku (położona w środkowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej), które składają się z kilkunastu warstw zbudowanych z różnorodnych materiałów (geologicznych, paleozoologicznych, paleobotanicznych i archeologicznych) i dostarczają wiedzy na temat przeobrażeń klimatycznych. Dzięki wyróżnionym składnikom (opracowanym przez interdyscyplinarnych badaczy) i przy pomocy wyników datowania warstw osadów metodami fizykochemicznymi, dokonano rekonstrukcji poszczególnych elementów środowiskowych w jaskini (skały krasowiejacej, morfologii, mikroklimatu, wód jaskiniowych, fauny, flory oraz człowieka) w czasie geologicznym, pomiędzy którymi zachodziły określone relacje/ zależności. Wyróżnione elementy tworzyły różne układy (modele) ekologiczne na trzech etapach rozwoju jaskini (abiotycznym, biotycznym i antropicznym), które wydzielono w następstwie zmian klimatycznych.

Słowa kluczowe: neogen, plejstocen, holocen, układ ekologiczny, osady jaskiniowe

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE OF THE CAVE ENVIRONMENT

ABSTRACT

The article presents the effects of climate change of the cave environment (underground ecosystem) since the formation of caves (Neogene Period), through the glaciation period in Poland to the present day. They were developed on the example of the analysis of the Biśnik Cave sediments (located in the central part of the Cracow-Wieluń Upland), which consist of several layers made of various materials (geological, paleozoological, paleobotanical and archaeological) and provide knowledge about climate change. Thanks to the distinguished components (developed by interdisciplinary researchers) and using the results of dating of sediment layers using physicochemical methods, reconstruction of individual environmental elements in the cave (karstified rock, morphology, microclimate, cave waters, fauna, vegetation and man) was made during the geological period between which occurred specific relationships / dependencies. The distinguished elements formed various ecological systems (models) at three stages of cave development (abiotic, biotic and anthropic), which developed as a result of climate change.

Keywords: Neogene, Pleistocene, Holocene, ecological system, cave sediments

WSTĘP

Od momentu tworzenia się jaskiń na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej (neogen?) klimat ziemski zmieniał się wielokrotnie, za co były odpowiedzialne m.in. procesy geotektoniczne, wulkanizm, zmiany w rozkładzie lądów i mórz oraz składzie atmosfery ziemskiej oraz modyfikacje parametrów orbitalnych Ziemi wokół Słońca.

Gwałtowne zmiany klimatyczne na badanym obszarze zaznaczyły się w plejstocenie [Mojski 1993; Granoszewski, Winter 2016], co skutkowało przeobrażeniami w środowisku jaskiniowym, które zostały zarejestrowane w osadach jaskiniowych. Naprzemienne występowanie okresów chłodnych (glacjałów) oraz cieplejszych (interglacjałów), podczas których dochodziło do rozwoju klimaksowych zbiorowisk leśnych, stymulowało rozwój układów ekologicznych w jaskiniach,

składających się z elementów biotycznych (tworzonych przez faunę i florę naskalną rozwijającą się w pobliżu otworów wejściowych), abiotycznych (w postaci skały krasowiejącej, morfologii, osadów, wód jaskiniowych i atmosfery podziemnej) oraz człowieka, który w różnych okresach przebywał w jaskiniach.

Środowisko jaskiniowe, tak samo jak zewnętrzne (tj. w otoczeniu jaskiń), posiada wyraźną, własną specyfikę, która tkwi w powiązaniu (strukturze) elementów środowiskowych, pomiędzy którymi istnieją ścisłe relacje (materialne, energetyczne, informatyczne) oraz tworzą się samoregulujące układy [Kasprowska 2010]. Możliwości wzajemnych oddziaływań na płaszczyznach poszczególnych komponentów może zachodzić wiele. Im bardziej jest rozbudowany układ ekologiczny, tym więcej relacji występuje pomiędzy nimi. Zaburzenie jednej tylko relacji narusza inne, prowadząc do naruszenia struktury całości.

Celem opracowania jest prześledzenie przeobrażeń w środowisku jaskiniowym w następstwie zmian klimatycznych, tj. od momentu kształtowania się pierwszych układów ekologicznych w jaskini do dnia dzisiejszego. Rekonstrukcji dokonano na podstawie osadów Jaskini na Biśniku, które wypełniają jej dno złożone z 18 warstw zbudowanych z różnorodnych materiałów zarówno pochodzenia autochtonicznego (miejscowego), jak i allochtonicznego (ze środowiska poza jaskinią). W skład tych pierwszych wchodzi m.in. gruz wapienny, glina oraz nacieki, zaś do drugich: piasek, muł, less, liście, kości zwierząt oraz artefakty.

Wybrana jaskinia (długość około 90 m) zlokalizowana jest w środkowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej, w Dolinie Wodącej niedaleko Wolbromia. Ponadto uchodzi za jedno z najbardziej znanych i systematycznie badanych obiektów jaskiniowych w Polsce przez interdyscyplinarnych badaczy – głównie geologów, archeologów i zoologów [Madeyska, Mirosław-Grabowska 2001; Wiszniowska, Socha i in. 2002; Cyrek, Socha i in. 2010; Cyrek 2013; Cyrek, Sudoł i in. 2014]. Z uwagi na wyniki datowania profilu jej osadów metodami fizykochemicznymi, można ją uznać za stratygraficzny reper polskiego plejstocenu.

MATERIAŁ I METODY

W celu odtworzenia skutków zmian klimatycznych w środowisku jaskiniowym w minionych okresach geologicznych dokonano analizy i interpretacji osadów Jaskini na Biśniku. Na pod-

stawie danych pochodzących z dotychczasowych badań jej środowiska sedymentacyjnego i przy pomocy różnych metod (geologicznych, geomorfologicznych, paleozoologicznych, paleobotanicznych i archeologicznych) zrekonstruowano poszczególne układy (modele) ekologiczne w jaskini w czasie geologicznym, co osiągnięto dzięki wynikom datowania bezwzględnego poszczególnych warstw osadów [Hercman, Gorka 2002] i przedziałom czasowym ustalonym przez Mirosław-Grabowską [2002a, 2002b].

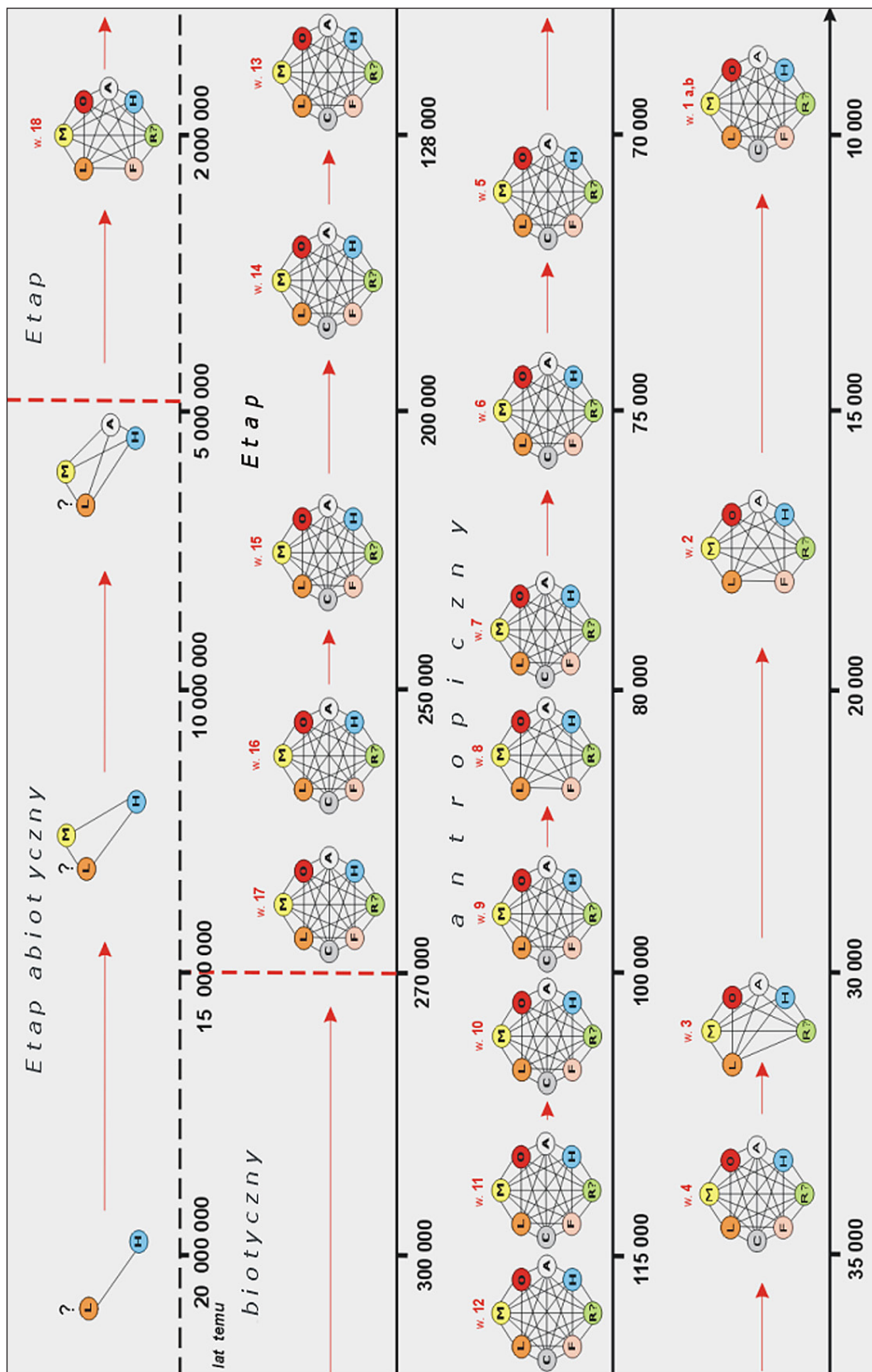
Istotne znaczenie w pracy miały badania terenowe łączone m.in. z wielokrotnym udziałem autorki w badaniach wykopaliskowych w omawianej jaskini oraz opisem kształtu jej korytarzy oraz form pod kątem opracowania morfogenezy. Ważne były także badania hydrochemiczne wód jaskiniowych oraz pomiary temperatury powietrza oraz wilgotności w jaskini przy pomocy elektronicznych mikrorejestratorów. Dokonano również oznaczenia fauny i flory naskalnej (w tym bryoflory), co miało istotne znaczenie przy opracowaniu współczesnego stanu badanego środowiska jaskiniowego z uwzględnieniem wpływu klimatu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie danych pozyskanych z analizy składu osadów Jaskini na Biśniku (m.in. wielkości, kształtu i charakteru powierzchni gruzu wapiennego, obecności gliny i lessu, występowania szczątków określonych gatunków zwierząt związanych z daną strefą klimatyczno-roślinną jaka rozciągała się wokół jaskini, rodzaju makroszczątków roślinnych i obecności oraz różnorodności zabytków archeologicznych świadczących o pobycie człowieka w jaskini) stwierdzono, że klimat od momentu tworzenia się jaskini, przez zlodowacenia środkowopolskie (odry i warty), interglacjał eemski, zlodowacenie północnopolskie (wisły) aż do dnia dzisiejszego (holocen) wielokrotnie ulegał zmianie. Ponadto decydował o kształtowaniu się poszczególnych elementów środowiskowych we wnętrzu omawianego obiektu podziemnego na trzech etapach jego rozwoju (rys. 1).

Etap I (abiotyczny)

Wyróżniony etap zaznaczył się w okresie tworzenia się systemu omawianej jaskini. W tym czasie zaczęły kształtować się pierwsze elementy środowiska jaskiniowego (rys. 2). Miało to miejsce najprawdopodobniej w miocenie (najstarszej



Rys. 1. Schemat ewolucji środowiska (ekosystemu) jaskiniowego. Elementy środowiska jaskiniowego: A – atmosfera podziemna; C – człowiek; F – fauna; H – wody; L – skała krasowiejąca; M – morfologia; O – osady; R – roślinność; w. 2 – oznaczenie i numer warstwy osadów; linie przerywane – granice etapów ewolucyjnych
Fig. 1. Scheme of evolution of the cave environment (ecosystem). Elements of the cave environment: A – microclimate; C – man; F – fauna; H – cave waters; L – karstified rock; M – morphology; O – cave sediments; R – vegetation; w. 1 a, b – number of layers; dotted line – boundary of the evolution stage

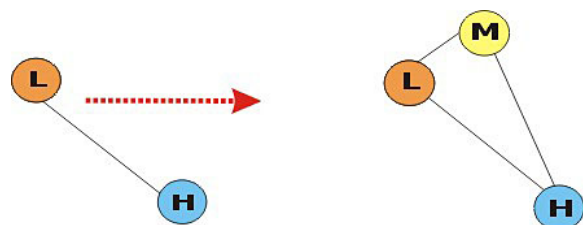
epoce neogenu) i trwało aż do momentu otwarcia się jaskini na wpływy środowiska zewnętrznego.

W miocenie (ponad 5 mln lat temu) tworzyły się główne rysy rzeźby Polski południowej (w tym Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej). Klimat był ciepły, subtropikalny o średniej temperaturze roku około 20 °C [Klimaszewski 1958] i zapewne decydował o intensywnym wietrzeniu wapieni górnopaleozoicznych, w których rozwijała się Jaskinia na Biśniku. Na tym etapie – obok czynników klimatycznych – istotną rolę w kształtowaniu środowiska jaskiniowego odgrywały także procesy tektoniczne łączone z intensywnymi ruchami pionowymi Wyżyny, przyczyniającymi się do powstania dużej ilości szczelin skalnych, które predysponowały rozwój kanałów krasowych [Klimaszewski 1958; Wójcik 1974].

Opisywane stadium rozwoju jaskini polegało głównie na relacji pomiędzy wodą a pociętą szczelinami skałą wapienną i morfologią (kształt), co było związane z dopływem wód z głębszych partii masywu skalnego, które znajdowały się pod ciśnieniem (etap hypogeniczny). Środowisko jaskiniowe było wówczas ubogie. Jaskinia na Biśniku była w tym czasie całkowicie wypełniona wodą i pozbawiona (nie licząc mikroorganizmów) składników biotycznych, na co mogą wskazywać zagłębienia owalne w jej ścianach i stropie. Wyróżnione formy świadczą o ascensyjnej cyrkulacji wód podziemnych migrujących wzdłuż prawie pionowo nachylonych szczelin ciosowych. Ponadto są spotykane także w innych jaskiniach Wyżyny (m.in. w Jaskini Ciemnej, Jaskini Szmaragdowej oraz Jaskini Nietoperzowej).

Etap II (biotyczny)

Początek etapu biotycznego wiąże się z chwilą obniżenia poziomu wód w badanej jaskini, a



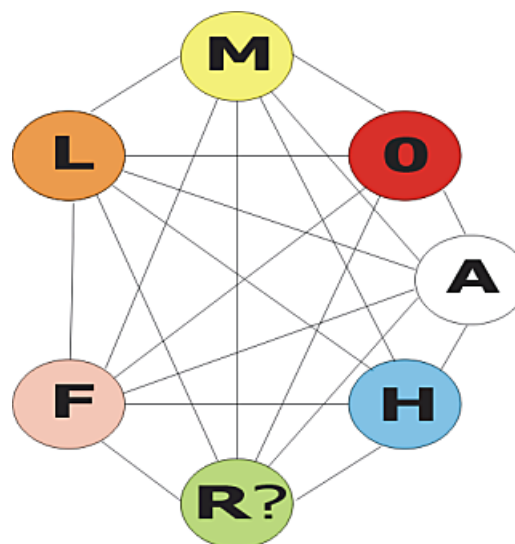
Rys. 2. Elementy środowiska jaskiniowego oraz ich relacje na etapie abiotycznym: L - skała krasowiejąca; H - wody; M - morfologia

Fig. 2. Elements of the cave environment and their relations of Abiotic stage: L - karstified rock; H - cave waters; M - morphology

następnie zawaleniem się jej stropu oraz powstaniem otworu wejściowego, co mogło nastąpić w pliocenie, preglacja lub na początku plejstoenu. Jaskinia na opisywanym etapie otworzyła się na wpływy środowiska zewnętrznego i zaczęły się w niej tworzyć pierwsze osady (warstwa 18) oraz kolejne elementy środowiskowe (rys. 3).

Jeśli by założyć, że opisywany etap rozwoju jaskini został zapoczątkowany w pliocenie (ponad 2 mln lat temu), klimat był wówczas suchy (suchszy niż w miocenie) o okresowych i obfitych opadach [Tyczyńska 1973]. Takie warunki zapewne decydowały o kształtowaniu się pierwotnej atmosfery podziemnej (mikroklimat) badanego obiektu, a zwłaszcza sprzyjały dużej wilgotności w jaskini, która wzmagала procesy rozpuszczania wapieni. Wskutek działalności przesączającej się szczelinami i kapiącej ze stropu wody, krawędzie odpadających okruszków skalnych, stawały się bardziej ogładzone.

Na wyróżnionym etapie środowisko jaskiniowe zostało wzbogacone także o dodatkowe elementy środowiskowe w postaci fauny i flory. Za występowaniem zwierząt w jaskini świadczy obecność zmineralizowanego pelitu kostnego – trudnego w identyfikacji gatunkowej. Istnienie roślinności rozwijającej się w partiach przyotworowych jaskini ma charakter hipoteczny, ponieważ nie zachowały się w jej osadach żadne ślady.



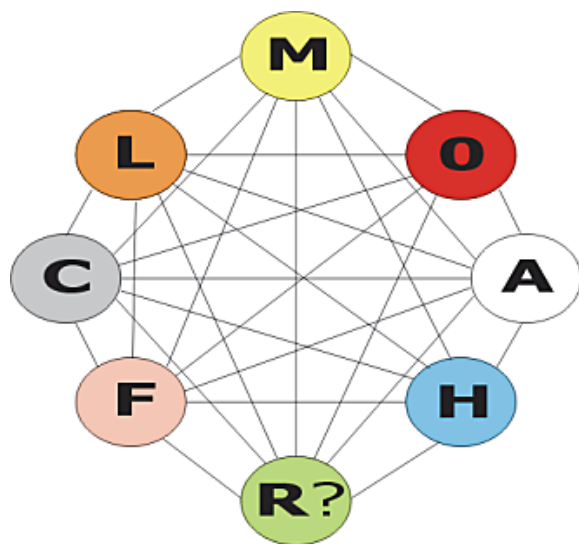
Rys. 3. Elementy środowiska jaskiniowego oraz ich relacje na etapie biotycznym: A – atmosfera podziemna; F – fauna; H – wody; L – skała krasowiejąca; M – morfologia; O – osady; R? – roślinność

Fig. 3. Elements of the cave environment and their relations of Biotic stage: A – microclimate; F – fauna; H – cave waters; L – karstified rock; M – morphology; O – cave sediments; R? – vegetation

Etap III (antropiczny)

Wydzielony etap łączony jest z pojawieniem się kolejnego elementu w środowisku jaskiniowym, którym był człowiek (rys. 4). Jego obecność w jaskini została odtworzona na podstawie materialnych śladów jego działalności reprezentowanych przez rozmaite artefakty wykonane m.in. krzemienia i kości zwierząt (łączone głównie z paleolitem środkowym), a także fragmenty ceramiki oraz przedmioty żelazne z młodszych epok historycznych, m.in. neolitu, doby metali i średniowiecza [Pelisiak 1993-1994; Cyrek 2006].

Człowiek pojawił się w Jaskini na Biśniku podczas zlodowacenia odry (około 270-250 ka B.P.; OIS 8; warstwa 17), choć nie wyklucza się, że nastąpiło to wcześniej (rys. 4). Ciąg dalszy jego pobytu w jaskini został zarejestrowany w innych warstwach osadów: 15 (datowana na interglacjał lubawski, około 250-200 ka B.P.; OIS 7), 14 (łączona ze zlodowaceniem Warty, około 200-128 ka B.P.; OIS 6), 13 i 12 (datowane na interglacjał eemski, około 128-115 ka B.P.; OIS 5 e), 11-4 (związane ze zlodowaceniem Wisły, około 115-35 ka B.P.) oraz 1 a i 1 b (chronostratygraficznie nawiązujące do holocenu; OIS 1). Brak znalezisk archeologicznych w warstwach: 8



Rys. 4. Elementy środowiska jaskiniowego oraz ich relacje na etapie antropicznym: A – atmosfera podziemna; C – człowiek; F – fauna; H – wody; L – skała krasowiejąca; M – morfologia; O – osady; R? – roślinność

Fig. 4. Elements of the cave environment and their relations of Anthropocene stage: A – microclimate; C – man; F – fauna; H – cave waters; L – karstified rock; M – morphology; O – cave sediments; R? – vegetation

(stadiał Torunia, około 90-80 ka B.P.), 3 (interstadiał grudziądzka, około 30 ka B.P.) i 2 (stadiał główny, około 20-15 ka B.P.) dowodzi, iż pobyt ten nie był ciągły, co należy łączyć z bardzo surowymi warunkami klimatycznym na przedpolu lądolodu skandynawskiego, do których nie mógł się wówczas zaadoptować.

W czasie zlodowacenia odry Wyżyna Krakowsko-Wieluńska była otoczona przez lądolód z dwóch stron, zaś średnia roczna temperatura wynosiła od -3°C do -1°C [Różycki 1960; Rühle 1973]. Ujemne temperatury występowały także podczas kolejnych zlodowaceń (warty i wisły) i poważnie decydowały o mikroklimacie badanego obiektu, a tym samym o pobycie człowieka paleolitycznego. Decydująca była także duża wilgotność powietrza w jaskini, która dodatkowo przyczyniała się do wychłodzenia ludzkiego organizmu. Z tego właśnie powodu jaskinia zapewne nie służyła za miejsce stałego przebywania. Z uwagi na pozostałości po obozowisku (zachowane pod nawisem skalnym przy obecnym wejściu do jaskini; warstwa 5) można domniemywać, iż najdogodniejsze do zakładania obozowisk były suche i ciepłe (nasłonecznione) partie przyotworowe. Najczęściej służyły one za miejsca pracy (pracownie obróbki krzemienia) i do obserwacji doliny przemierzanej przez stada zwierzyny łownej. Na podstawie nagromadzenia w warstwach plejstoceńskich licznych węgli drzewnych (ślady palenisk) oraz reliktyw konstrukcji paleolitycznej pełniącej funkcję szałasów lub osłony przed wiatrem (warstwy 6 i 5 akumulowane podczas interstadiału gniewu) można przypuszczać, że człowiek do trudnych warunków klimatu peryglacialnego próbował się zaadoptować [Cyrek 2003].

Wskutek wielokrotnego zamrażania i rozmrażania wody w szczelinach skalnych gwałtownie zmieniała się jej morfologia oraz cofał się jej otwór wejściowy. Odpadające od ścian i stropu odłamki skalne przyczyniały się do akumulacji gruzu wapiennego w osadach, które często były zlodzone i zaburzone (efekt procesów krioturbacyjnych). Analizy morfologiczne tego materiału wskazują, iż w warunkach suchego i mroźnego klimatu peryglacialnego, przybierał on postać dużych (frakcja powyżej 40 mm), luźnych i ostrokrawędzistych fragmentów [Madeyska-Niklewska 1971]. Panujące w otoczeniu jaskini silne wiatry były przyczyną nawiewania lessu (wskaźnik suchych i zimnych warunków klimatycznych). Jego obecność w osadach Jaskini na Biśniku może dowodzić nagłych zmian meteorologicznych w jej

wnętrzu, wynikających ze zwiększonej dynamiki powietrza – zwłaszcza w pobliżu otworów wejściowych, gdzie rozciągała się strefa mikroklimatu dynamicznego. Takie warunki zapewne nie sprzyjały wytrącaniu się nacieków kalcytowych.

Na podstawie znacznego nagromadzenia w Jaskini na Biśniku osadów piaszczystych (warstwa 8), można dojść do wniosku, iż znaczącym elementem ówczesnego środowiska jaskiniowego była woda płynąca. Przepływała ona przez jaskinię najprawdopodobniej wskutek podniesienia się poziomu wód w Dolinie Wodącej, co można łączyć z obfitymi opadami lub zatamowaniem osadów u jej wylotu [Miroslaw-Grabowska 1998]. Woda decydowała nie tylko o stosunkach wilgotnościowych w jaskini, ale również o jej morfologii (zagłębienia erozyjne).

Klimat w obrębie glacjałów niewątpliwie rzutował na kształtowanie się stref klimatyczno-roślinnych z właściwą dla nich fauną, m.in. leśną, stepową i tundrową, która szukała w jaskini schronienia lub została przyniesiona przez człowieka w celu konsumpcji. Za występowaniem zwierząt w jaskini o różnych wymaganiach ekologicznych świadczą ich liczne szczątki (stwierdzone we wszystkich warstwach plejstocenijskich osadów Jaskini na Biśniku z wyjątkiem warstwy 3), m.in. niedźwiedzia jaskiniowego *Ursus spelaeus*, leminga obrożnego *Dicrostonyx torquatus*, pardwy górskiej *Lagopus mutus*, jelenia olbrzymiego *megalocerus giganteus* czy chomika *Cricetus cricetus*.

Obraz flory pokrywającej partie przyotworowe jaskini podczas zlodowaceń leży w sferze analogii do tej, która obecnie pokrywa odsłonięcia skalne w obszarach polarnych. Można jednak domniemywać, iż panująca w ciągu prawie całego roku niska temperatura pozwalała wzrastać kalcylfilnym formacjom mszysto-porostowym.

W odniesieniu do kształtowania się środowiska jaskiniowego w okresach cieplejszych – interglacialnych (eemskim i być może w holocenie), tworzyły go wszystkie elementy środowiskowe – z człowiekiem włącznie. Interglacjał eemski charakteryzował się klimatem umiarkowanym, w optymalnej części cieplejszym od współczesnego. Z danych Richlinga i Ostaszewskiej [2005] wynika, że w Polsce wzrastały wówczas lasy mieszane. Na podstawie takiego składu roślinności oraz obecności w warstwach: 13,12 oraz 1a i 1 b gatunków zwierząt typowo interglacialnych (np. lisa *Vulpes vulpes*), można przypuszczać, że odpowiednio podobnej roślinności spodziewać się można było w rejonie jaskini. W przypadku jej partii przyotworowych (skała) prawdopodobnie

rozwijały się wówczas mchy, paprocie i mikroflora (glony), podobnie jak dzisiaj.

Obtoczenie okruszków skalnych oraz występowanie dużej ilości gliny świadczy o występowaniu w jaskini przesączającej się szczelinami i kapiącej ze stropu wody, która transportowała cząstki mineralne i organiczne z tworzącej się nad jaskinią gleby. Woda decydowała nie tylko o stosunkach mikroklimatycznych w jaskini, ale także o jej morfologii (ogładzanie ścian skalnych, rozmywanie szczelin, tworzenie się jamek tzw. dołków wykawkowych na powierzchni głazików wapiennych). Wpływała również na deformacje osadów spowodowane działalnością strumieni błotnych, co było związane przypuszczalnie z gwałtownymi opadami okresowymi w otoczeniu jaskini.

Kierując się dalszym pobytom człowieka w jaskini (naukowcy, speleolodzy, turyści), stwierdzić można kontynuację etapu antropicznego w rozwoju środowiska jaskini, które współcześnie składa się ze wszystkich elementów środowiskowych, czemu sprzyjają obecne warunki klimatyczne.

WNIOSKI

1. Od momentu tworzenia się Jaskini na Biśniku (neogen), przez okres zlodowaceń aż do holocenu klimat ulegał częstym wahaniom. Szczególne zmiany klimatyczne zaznaczyły się w plejstocenie. Miało to związek głównie z transgresją i regresją lądolodu skandynawskiego na obszarze Polski i znalazło odzwierciedlenie w charakterze (strukturze) i składzie jej wypełnień, dzięki którym odtworzono poszczególne elementy jej środowiska na różnych etapach jej rozwoju (abiotycznym, biotycznym i antropicznym) w czasie geologicznym i przy pomocy wyników datowania bezwzględnego prób osadów.
2. Kształtowanie się środowiska jaskiniowego można uznać za ciągły proces. Wskutek zmian klimatycznych liczba elementów w środowisku badanej jaskini ulegała zmianie. Wraz z upływem czasu geologicznego ewolucję środowiska jaskiniowego cechował wzrost złożoności układów ekologicznych ze względu na pojawianie się nowych elementów środowiskowych w jaskini i zwiększanie powiązań między nimi.
3. Podczas etapu abiotycznego badana jaskinia była próżnią o ubogim środowisku, które kształtowało się nie tylko pod wpływem klima-

tu w miocenie, ale również wskutek procesów tektonicznych i warunków freaticznych (tj. całkowitego wypełnienia jaskini wodą).

4. Na etapie biotycznym środowisko Jaskini na Biśniku zostało wzbogacone o kolejne elementy środowiskowe w postaci fauny i flory, co było związane z jej otwarciem na wpływy środowiska zewnętrznego i warunkami suchego klimatu w pliocenie, któremu towarzyszyły okresowe opady decydujące o procesach wietrzenia chemicznego w jaskini.
5. Etap antropiczny (zapoczątkowany podczas zlodowacenia odry) łączony jest głównie z pojawieniem się dodatkowego elementu w środowisku jaskiniowym, którym był człowiek i jego działalność w jaskini, wynikająca z różnych sposobów adaptacji do zmieniających się warunków klimatycznych, zwłaszcza peryglacialnych.
6. Badania naukowe poświęcone przeobrażeniom w środowisku jaskiniowym w minionych okresach geologicznych precyzują stan wiedzy na temat konsekwencji zmian klimatycznych i racjonalnych sposobów adaptacji do nich.

BIBLIOGRAFIA

1. Cyrek K. 2002. Jaskinia Biśnik. Rekonstrukcja zasiedlenia jaskini na tle zmian środowiska przyrodniczego. Wyd. UMK, Toruń, ss. 232.
2. Cyrek K. 2003. Środkowopaleolityczna konstrukcja w Jaskini Biśnik na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej. *Archaeol. Hist. Pol.*, 13, 35-41.
3. Cyrek K. 2006. Środkowopaleolityczne vistuliańskie zespoły wyrobów krzemieniowych z Jaskini Biśnik. W: Szymczak K., Przeździecki M. (red.). In memoriam Valdemari Chmielewski. Księga poświęcona pamięci Profesora Waldemara Chmielewskiego. Światowit, Supplement Series P: Prehistory and Middle Ages, 11, 93-101.
4. Cyrek K., Socha P., Stefaniak K., Madeyska T., Mirosław-Grabowska J., Sudoł M., Czyżewski Ł. 2010. Paleolithic of Biśnik Cave (Southern Poland) within the environmental background. *Quaternary International* 220, 1-2, 5-30.
5. Cyrek K., Sudoł M., Czyżewski Ł., Osipowicz G., Grelowska M., 2014. Middle Palaeolithic cultural levels from Middle and Late Pleistocene sediments of Biśnik Cave. *Quaternary International Poland* 326, 20-63.
6. Cyrek K., 2013. Jaskinia Biśnik – wczesny środkowy paleolit. Wyd. UMK, Toruń.
7. Granoszewski W., Winter H. 2016. Zmiany klimatu w plejstocenie w świetle danych palinologicznych. *Prz. Geol.*, 64, 43-48.
8. Hercman H., Gorka P. 2002. Analizy metodą uranowo-torową kości kopalnych z Jaskini Biśnik. W: Cyrek K. (red.). Jaskinia Biśnik. Rekonstrukcja zasiedlenia jaskini na tle zmian środowiska przyrodniczego. Wyd. UMK, Toruń, 181-192.
9. Kasprowska K., 2010. Ewolucja środowiska jaskiniowego na przykładzie Jaskini Biśnik (Wyżyna Krakowsko-Wieluńska). Praca doktorska, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, ss. 146.
10. Klimaszewski M. 1958. Nowe poglądy na temat rzeźby krasowej. *Prz. Geogr.*, 30, 425-438.
11. Madeyska-Niklewska T. 1971. Metody stosowane w badaniach górnoplejstoczeńskich osadów jaskiń Wyżyny Krakowskiej. *Światowit*, 32, 5-25.
12. Madeyska T., Mirosław-Grabowska J. 2001. Stratygrafia osadów Jaskini Biśnik. Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Materiały konferencyjne – referaty, postery, sesje terenowe, Ojców, 410-411.
13. Mirosław-Grabowska J. 1998. Stratygrafia osadów czwartorzędowych wschodniej części Pasma Smolensko-Niegowonickiego (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska). *Stud. Geol. Pol.*, 113, 105-119.
14. Mirosław-Grabowska J. 2002 a. Litologia i stratygrafia osadów Jaskini Biśnik. W: Cyrek K. (red.). Jaskinia Biśnik. Rekonstrukcja zasiedlenia jaskini na tle zmian środowiska przyrodniczego. Wyd. UMK, Toruń, 143-179.
15. Mirosław-Grabowska J. 2002 b. Geological value of Biśnik Cave sediments (Cracow-Częstochowa Upland). *Acta Geol. Polon.*, 52, 1, 97-110.
16. Mojski J.E. 1993. Europa w plejstocenie. Wyd. PAE, Warszawa, ss. 333.
17. Pelisiak A. 1993-1994. Jaskinia Biśnik (gmina Wolbrom, województwo katowickie) – badania z 1991 roku. *Acta Archeol. Carp.*, 32, 125-150.
18. Richling A., Ostaszewska K. 2005. Geografia fizyczna Polski. Wyd. PWN, Warszawa, 5-71.
19. Rühle E. 1973. Metody badań osadów czwartorzędowych. Wyd. Geol., Warszawa, 31-41.
20. Różycki S.Z. 1960. Czwartorzęd regionu Jury Częstochowskiej i sąsiadujących z nią obszarów. *Prz. Geol.*, 8, 424-429.
21. Tyczyńska M. 1957. Klimat Polski w okresie trzeciorzędowym i czwartorzędowym. *Czas. Geogr.*, 28, 131, 131-168.
22. Wiszniowska T., Socha P., Stefaniak K. 2002. Czwartorzędowa fauna z osadów Jaskini Biśnik. W: Cyrek K. (red.). Jaskinia Biśnik. Rekonstrukcja zasiedlenia jaskini na tle zmian środowiska przyrodniczego. Wyd. UMK, Toruń, 193-225.
23. Wójcik Z. 1974. Denudacja krasowa w trzeciorzędzie na terenie środkowej i południowej Polski. *Pr. Muz. Ziemi* 22, 149-168.