

**Maciej T. Krajcarz<sup>1</sup>**  
**Krzysztof Cyrek<sup>2</sup>**  
**Marek Gola<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Polska Akademia Nauk, Instytut Nauk Geologicznych, Ośrodek Badawczy w Warszawie

<sup>2</sup>Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Archeologii, Toruń

<sup>3</sup>Uniwersytet Warszawski, Instytut Mineralogii, Geochemii i Petrologii,  
e-mail: mkrajcarz@twarda.pan.pl

## **OSADNICTWO PALEOLITYCZNE W JASKINI BIŚNIK W ZAPISIE ANTROPOGENICZNYCH BIOMARKERÓW**

### **Palaeolithic settlement in Biśnik Cave as derived from anthropogenic biomarkers**

**Abstract:** Caves formed a crucial shelters for people of Palaeolithic times. Among many archaeological cave sites known from Poland, the Biśnik Cave is one of the best recognized, with 18 cultural horizons of Middle Palaeolithic. The paper's aim was to check if geochemical traces of Neanderthal people have survived in the cave sediments. The samples of late Middle and early Late Pleistocene layers were analyzed by GC-MS method. The results allow to state the presence of two zoosterols (coprostanol and cholesterol) in sediments and to establish the participation of each sterol in particular layers. The ratio of sterol contents indicates the important impact of human faeces on the sedimentation of final Saalian, Eemian and early Weichselian sediments, but shows no clear evidence of human activity in older layers (middle Saalian). Achieved geochemical data stay in accordance with settlement intensity reconstructed on the basis of archaeological record.

**Słowa kluczowe:** plejstocen, środkowy paleolit, geochemia, koprostanol, cholesterol  
**Key words:** Pleistocene, Middle Palaeolithic, geochemistry, coprostanol, cholesterol

## **WSTĘP**

Jaskinie stanowiły podstawowe schronienie dla ludzi żyjących w okresie paleolitu. Z obszaru Polski znanych jest wiele jaskiń, w których stwierdzono ślady paleolitycznego osadnictwa (Madeyska, Cyrek 2002). Jednym z lepiej pozna-

nych stanowisk jest jaskinia Biśnik (ryc. 1). W jaskini tej stwierdzono za pomocą badań archeologicznych najdłuższą w Polsce – i jedną z najdłuższych w Europie Środkowej – sekwencję poziomów kulturowych, związanych z osadnictwem najpierw człowieka neandertalskiego *Homo neanderthalensis*, później człowieka anatomicznie współczesnego *H. sapiens* (Cyrek i in. 2010). Poziomy kulturowe zachowały się w postaci występujących w namulisku jaskiniowym przewarstwień bogatych w zabytki archeologiczne. Były nimi: narzędzia krzemienne i kościane, kości zwierzęce będące resztkami pożywienia, popioły i węgle drzewne pozostałe po ogniskach.

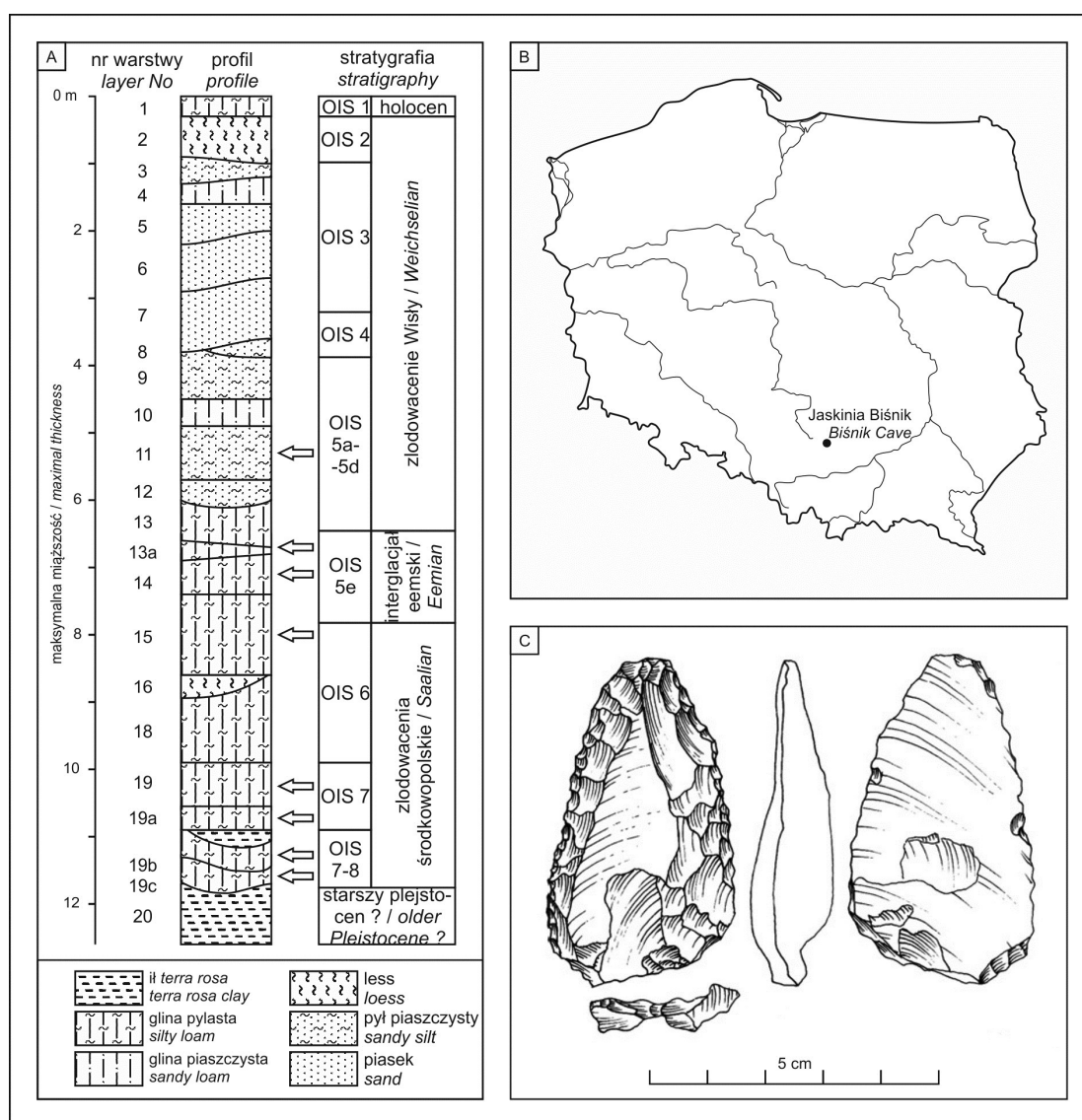
Autorzy postanowili sprawdzić, czy w osadach jaskiniowych zachowały się – obok makroskopowo rozpoznawalnych zabytków – również chemiczne ślady pobytu ludzi. Potwierdzenie takiej możliwości otwierałoby drogę dla poszukiwań śladów paleolitycznego osadnictwa w takich miejscach jaskini Biśnik (lub innych jaskiń), w których z różnych powodów nie zachowały się zabytki archeologiczne.

Podstawowym chemicznym śladem pobytu w jaskini zwierząt (również ludzi) są zoogeniczne biomarkery – zoosterole. Przedostają się one do osadów wraz z odchodami zwierząt. Najczęściej spotykanymi i znajdowanymi w największych koncentracjach są: cholesterol i koprostanol. Występują one w zmiennych proporcjach w odchodach różnych grup zwierząt, a proporcja ta zależy głównie od sposobu odżywiania się zwierzęcia i składu jego flory jelitowej (ryc. 2). Odchody człowieka są łatwe do rozpoznania wskutek najwyższej wśród wszystkich zwierząt względnej zawartości koprostanolu (Leeming i in. 1996). Koprostanol może jednak powstawać wtórnie w osadzie z cholesterolu, wskutek działalności mikroorganizmów gnilnych (Bull i in. 2002). Poprzednie badania autorów, oparte na analizach proporcji zawartości w jaskini Biśnik biogenicznych węglowodorów i ich pochodnych powstających przy udziale mikroorganizmów glebowych (Krajcarz i in. 2010) pokazały, że w namulisku jaskini Biśnik działalność mikroorganizmów nie była intensywna. Pozwala to przyjąć założenie o niezaburzonym lub nieznacznie zaburzonym względny udziałem zawartości zoosteroli w osadach jaskini.

## STANOWISKO – JASKINIA BIŚNIK

Jaskinia Biśnik położona jest na lewym, zachodnim stoku Doliny Wodącej (mezoregion Wyżyna Częstochowska, mikroregion Wyżyna Ryczowska, powiat olkuski, gmina Wolbrom, 50°25'35"N i 19°40'00"E). W podłożu występują wapienie skaliste i kredowate górnego oksfordu, przykryte nieciągłą i zróżnicowaną pokrywą osadów czwartorzędowych (Bednarek i in. 1978). Wapienie skaliste tworzą w krajobrazie malownicze skałki ostańcowe z licznymi formami krasu podziemnego.

Namulisko jaskini Biśnik jest najlepiej poznane w regionie (Cyrek i in. 2010). Składa się z około 20 różnych litologicznie warstw: glin jaskiniowych, lessów, piasków i koluwiów (Mirosław-Grabowska 2002, Krajcarz, Cyrek 2011). W osadach występuje 18 poziomów kulturowych związanych z okresem paleolitu środkowego, a ponadto poziom górnopaleolityczny i kilka trudnych do rozdzielenia poziomów związanych z kulturami holocenijskimi (ryc. 1). Najstarsze ślady osadnictwa człowieka (warstwy 19 i 19 c, ryc. 1) sięgają ponad 500 000 lat (Cyrek 2006), choć poziomy kulturowe z tego okresu zostały częściowo znisz-



**Ryc. 1.** (A) Budowa namuliska jaskini Biśnik; strzałki wskazują miejsca pobrania próbek; stratygrafia wg Krajcarz, Madeyska (2012). (B) Lokalizacja jaskini. (C) Przykładowe narzędzie krzemienne człowieka neandertalskiego z warstwy 15 (wg Cyrka i in. 2010)

**Fig. 1.** (A) Profile of sediments in the Biśnik Cave; samples were taken from layers indicated by arrows; stratigraphy after Krajcarz, Madeyska (2012). (B) Localization map of the site. (C) Exemplary flint tool of Neanderthal man from layer 15 (after Cyrek et al. 2010)

czone i redeponowane wskutek ruchów masowych (Krajcarz, Cyrek 2011). Najstarsze zabytki archeologiczne zachowane *in situ* należy datować na ok. 250 000 lat (OIS 7, warstwy 19 i 19a, ryc. 1). Osadnictwo w okresie zlodowaceń środkowopolskich (OIS 7 – OIS 6) nie było intensywne i ograniczało się przeważnie do krótkotrwałych obozowisk łowieckich (Cyrek, Sudoł 2010). Bardziej intensywne zasiedlenie związane było z okresem interglacjału eemskiego i wczesnego zlodowacenia Wisły (OIS 5), na co wskazują liczniejsze zespoły zabytków i ślady długotrwałe użytkowanych palenisk (Cyrek i in. 2010, Cyrek, Sudoł 2010). Poziomy kulturowe pochodzące z wymienionych okresów (OIS 7 do OIS 5 oraz z okresu powstania w wyniku ruchów masowych najstarszych osadów – łącznie warstwy od 19c do 11) związane są z aktywnością człowieka neandertalskiego *H. neanderthalensis* i zostały wybrane do badań geochemicznych omówionych w niniejszej pracy.

## MATERIAŁY I METODY

Badaniom poddano warstwy dostępne do opróbowania w latach 2007-2008, tzn. warstwy: 11, 13a, 14, 15, 19, 19a, 19b i 19c (numeracja wg Cyrek i in. 2010, Krajcarz, Cyrek 2011). Nie opróbowano niektórych innych warstw, dostępnych wówczas, ale ubogich w substancje organiczne (por. Krajcarz i in. 2010). Pobrano po jednej próbce osadu (ok. 300 g) z każdej analizowanej warstwy. Zastosowano metodykę właściwą dla tego typu badań (Gola i in. 2011). Próbkę osuszone i przesiano. Frakcję > 2 mm, zawierającą gruz wapienny, kości zwierzęce i zabytki archeologiczne, odrzucono. Drobniejszą frakcję poddano homogenizacji, roztarto w moździerzu agatowym i poddano kwartowaniu, wskutek czego z każdej próbki wydzielono mniejszą próbkę o masie 10 g. Próbkę ekstrahowano w aparacie Soxhleta przez 72 godz. w mieszaninie dichlorometan-metanol (w proporcji 70-30). Ekstrakty skondensowano w ewaporatorze próżniowym i przefiltrowano przez sączi celulozowe. Ekstrakty skierowano do analizy GC-MS na chromatografie gazowym sprzężonym ze spektrometrem masowym Clarus 500 Perkin Elmer (Laboratorium Chemii Wód, Gleb i Skał Wydziału Geologii UW). Zastosowano chromatograf wyposażony w kolumnę kapilarną Elite-5MS (długość kolumny 30 m, średnica 0.25 mm, grubość filmu 0,25  $\mu\text{m}$ ). Temperatura linii transferowej wynosiła 300°C, temperatura źródła elektronowego 200°C, napięcie jonizacji 70 eV. Zakres zliczanych mas wynosił 35-600 AMU, częstotliwość zliczeń 1 s<sup>-1</sup>. Jako gaz nośny zastosowano hel. Inicjalna temperatura pieca chromatografu (40°C) była utrzymywana przez 1 minutę, następnie piec rozgrzewał się w tempie 3°C/min do osiągnięcia 300°C i był utrzymywany w tej temperaturze przez 20 minut. Do kalibracji chromatografu użyto dostępne komercyjnie wzorce cholesterolu i koprostanolu.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Obecność i zawartość w osadach niektórych związków organicznych – tzw. biomarkerów – jest wskaźnikiem wpływu określonych organizmów żywych na proces sedymentacji (Gola i in. 2011). Skład biomarkerów jest warunkowany strukturą ekosystemu, który stanowił obszar lub materiał alimentacyjny dla osadu. W badaniach osadów plejstocenijskich liczą się tylko te związki organiczne, które są stabilne w środowisku geologicznym przez okres co najmniej stu kilkudziesięciu tysięcy lat. Do takich skamieniałości molekularnych należą sterole (Rousseau i in. 1995, Xie i in. 2002). Sterole produkowane przez rośliny (fitosterole) lub zwierzęta (zoosterole) są wskaźnikowe dla tych dwóch grup organizmów (Evershed i in. 1995, Leeming i in. 1996, Rousseau i in. 1995, Xie i in. 2002). Fitosterole występują w tkankach roślinnych i próchnicy roślinnej, zaś zoosterole w tkankach i odchodach zwierzęcych. W osadach plejstocenijskich najczęściej spotyka się zoosterole takie jak: cholesterol i koprostanol, oraz fitosterole: sitosterol, stigmastanol i kampesterol.

We wszystkich badanych próbkach z jaskini Biśnik stwierdzono występowanie czterech steroli: koprostanolu, cholesterolu, stigmastanolu i  $\beta$ -sitosterolu. Związki te występują w różnych proporcjach w poszczególnych próbkach (tab. 1).

**Tabela 1.** Udział steroli w próbkach plejstocenijskich osadów jaskini Biśnik  
**Table 1.** Sterol participation in samples of Pleistocene sediments from Biśnik Cave

Warstwa <i>Layer</i>	Udział steroli (w przeliczeniu na 100% sumy steroli) <i>Sterol percentages (total sterol content counted as 100%)</i>			
	koprostanol / <i>coprostanol</i> (5 $\beta$ -cholestan-3 $\beta$ -ol)	cholesterol (cholest-5-en-3 $\beta$ -ol)	$\beta$ -sitosterol (24-etylcholest-5-en-3 $\beta$ -ol)	stigmastanol (24 $\alpha$ -etylo-5 $\alpha$ -cholestan-3 $\beta$ -ol)
11	63,46	6,42	15,40	14,72
13a	61,71	11,06	12,43	14,79
14	57,98	7,96	17,27	16,79
15	42,81	5,97	29,36	21,85
19	21,01	9,84	43,39	25,76
19a	38,63	17,98	26,80	16,60
19b	11,04	14,41	39,08	35,47
19c	19,20	23,37	33,31	24,11

Pochodzenie materii organicznej, występującej w osadach jaskiniowych, łączy się w literaturze geologicznej i archeologicznej, dość niekonsekwentnie, z dwoma różnymi procesami (Chmielewski 1988, Cyrek 2002, Madeyska, Valde-Nowak 2003, Madeyska-Niklewska 1969, Mirosław-Grabowska 2002). Materię

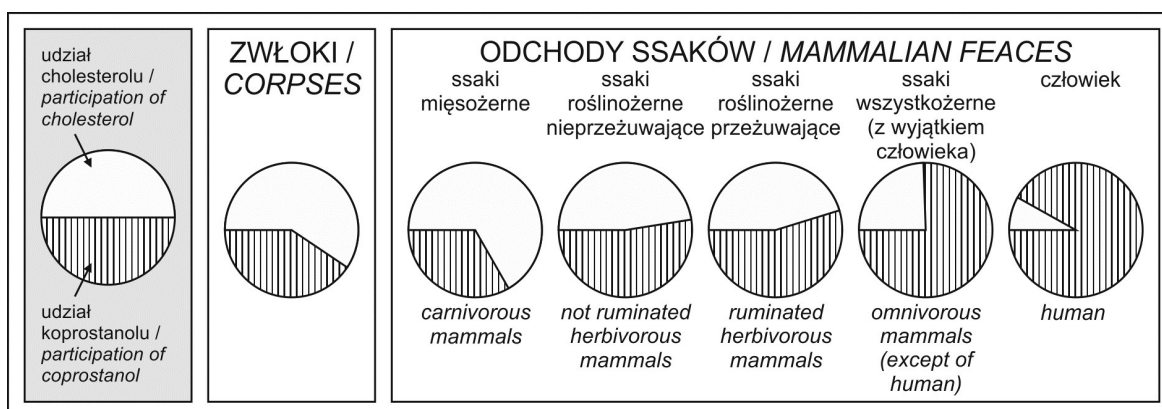
organiczną występującą w warstwach holocenijskich interpretuje się przeważnie jako próchnicę roślinną i łączy z procesami nawiewania lub namywania szczątków roślinnych do jaskini. Materię organiczną występującą w warstwach plejstocenijskich zazwyczaj wiąże się z działalnością człowieka i traktuje jako pył węgla drzewnego, pozostały po dawnych paleniskach. Ta niejasność była jednym z powodów podjęcia przez autorów niniejszych badań. Analizy zawartości związków organicznych z jaskini Biśnik wskazują na dwa źródła materii organicznej w plejstocenijskich warstwach: (1) próchnica roślinna (szczątki liści roślin), (2) odchody lub zwłoki zwierzęce. Żaden spośród dwóch wykrytych fitosteroli nie wskazuje jednoznacznie na pochodzenie materii organicznej od roślin ( $\beta$ -sitosterol i stigmastanol są wytwarzane przez rośliny, ale mogą występować w odchodach zwierząt roślinożernych). Jednakże wcześniejsze badania n-alkanów (Krajcarz i in. 2010) wykazały, że w osadach jaskini Biśnik niewątpliwie występuje materia organiczna pochodzenia roślinnego.

Wysoki udział zoosteroli wskazuje na organizmy zwierzęce jako głównych producentów materii organicznej w namulisku (ryc. 3). Stosunki zawartości koprostanolu i cholesterolu w warstwach są zróżnicowane. Proporcje zawartości obu tych zoosteroli w odchodach zwierzęcych zależą od flory bakteryjnej przewodu pokarmowego, a pośrednio od pożywienia zwierząt (Bull i in. 2002, Leeming i in. 1996). Są zatem charakterystyczne dla grup zwierząt o określonych preferencjach pokarmowych.

Najwyższy udział cholesterolu notowany jest w odchodach zwierząt mięsożernych (ryc. 2). Podobnie wysoki udział występuje w zwłokach zwierzęcych (Evershed i in. 1995, Leeming i in. 1996). Odróżnienie wpływu zwłok od wpływu odchodów zwierząt mięsożernych na osad jest w zasadzie niemożliwe na podstawie badań geochemicznych. Nie przedstawia to jednak trudności dla interpretacji, gdyż obecność zwłok zwierzęcych i ich pozostałości w jaskini jest zazwyczaj związana z działalnością zwierząt mięsożernych, które mieszkają w jaskini i znosiły do niej upolowane ofiary lub padlinę, a także pozostawiały odchody. W osadach jaskiniowych Polski, datowanych na schyłkową część środkowego plejstocenu i na późny plejstocen, najczęściej znajdowane szczątki dużych zwierząt mięsożernych należą do gatunków: wilka *Canis lupus*, lwa jaskiniowego *Panthera spelaea* i hieny jaskiniowej *Crocuta spelaea* (Barycka 2008, Wojtal 2007, Stefaniak, Marciszak 2009). Znacznie rzadsze, ale również znane z Polski, są szczątki niedźwiedzia brunatnego *Ursus arctos*, rosomaka *Gulo gulo*, rysia *Lynx lynx* i lamparta *Panthera pardus* (Barycka 2008, Krajcarz 2012, Marciszak i in. 2011a,b, Wojtal i in. 2011). Często odkrywane są również kości i zęby drobnych ssaków drapieżnych, m.in. lisa *Vulpes vulpes*, pieśca *Vulpes lagopus*, kuny leśnej *Martes martes*, tchórza *Mustela putorius*, łasicy *Mustela nivalis* i innych.

Odchody zwierząt roślinożernych charakteryzują się nieznaczną przewagą udziału koprostanolu (ryc. 2; Leeming i in. 1996, Tyagi i in. 2008). W osadach

jaskiniowych Polski szczątki zwierząt roślinożernych stanowią grupę najliczniej spotykanych skamieniałości. Zaliczają się tu m.in. ssaki kopytne i gryzonie, które jednak nie zamieszkują w jaskiniach. Uważa się, że szczątki te reprezentują głównie resztki ofiar lub padliny, pozostawione w jaskini przez mięsożerców. Nie można wykluczyć, że odchody zawarte w zwłokach tych zwierząt przedostały się do osadów i miały swój wpływ na ich skład chemiczny. Jednak znaczny udział w nagromadzeniu odchodów mogło mieć jedyne duże zwierzę roślinożerne, które mieszkało w jaskiniach Polski w późnym plejstocenie – niedźwiedź jaskiniowy *Ursus spelaeus* (por. Bocherens i in. 1994). Jego zęby i kości stanowią najliczniejszą grupę szczątków zwierzęcych znajdujących w jaskiniach Polski, w tym w jaskini Biśnik (Cyrek i in. 2010, Stefaniak, Marciszak 2009).



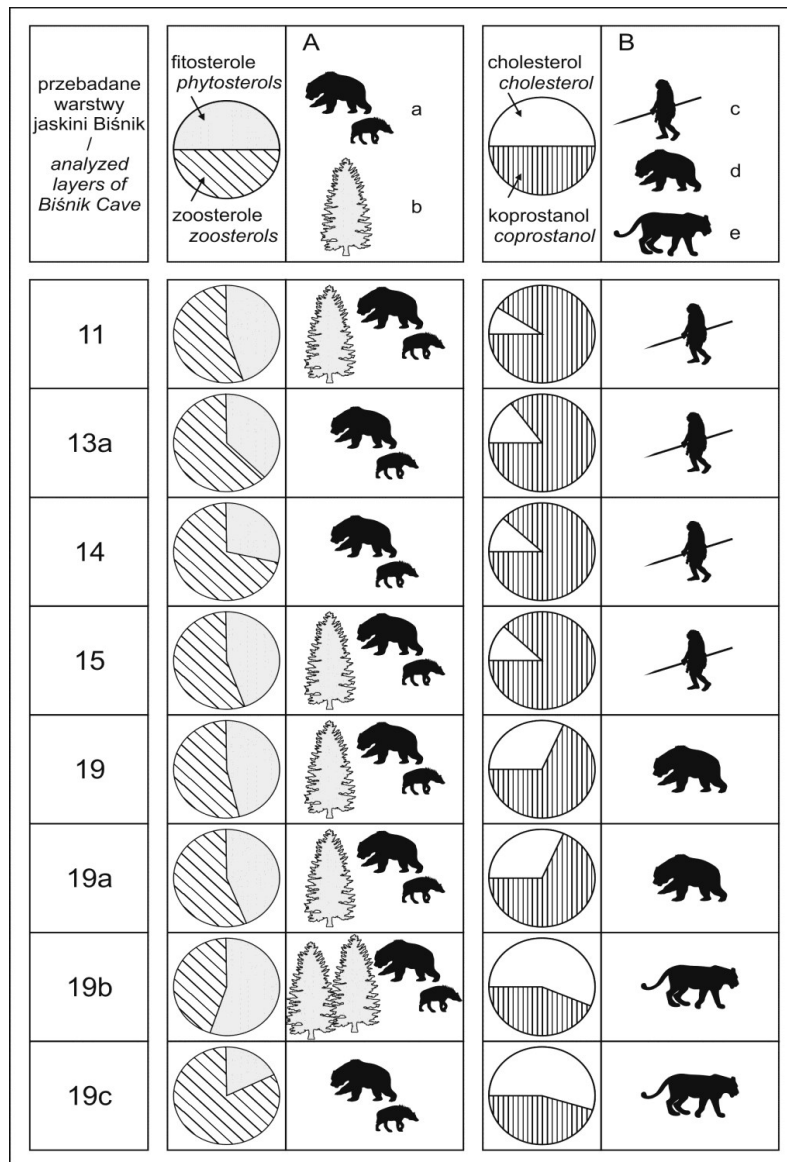
**Ryc. 2.** Udział zoosteroli w zwłokach i odchodach ssaków w zależności od sposobu odżywiania się (na podstawie: Evershed i in. 1995, Leeming i in. 1996, Bull i in. 2002, Tyagi i in. 2008)

**Fig. 2.** Zoosterol participation in corpses and feces of mammals with different nutrition strategies (according to: Evershed i in. 1995, Leeming i in. 1996, Bull i in. 2002, Tyagi i in. 2008)

Odchody zwierząt wszystkożernych, ze względu na specyficzną florę bakteryjną jelit, charakteryzują się wysokim udziałem koprostanolu (Bull i in. 2002, Tyagi i in. 2008). Spośród fauny jaskiniowej plejstocenu do tej grupy zaliczyć można m.in. niedźwiedzia brunatnego *U. arctos* i borsuka *Meles meles* (Wojtal 2007), ale także człowieka neandertalskiego *Homo neanderthalensis*. Najwyższy udział tego sterolu obserwuje się w ludzkich odchodach (Leeming i in. 1994, Bull i in. 2002), co pozwala na odróżnienie wpływu człowieka od wpływu innych zwierząt na skład materii organicznej osadu (ryc. 2).

W jaskini Biśnik przy niewątpliwym udziale odchodów człowieka powstały warstwy: 11, 13a, 14 i 15, na co wskazuje bardzo wysoka zawartość koprostanolu (ryc. 3). Spośród współcześnie żyjących organizmów tylko człowiek wydala odchody o ponad dziesięciokrotnej przewadze koprostanolu nad cholesterolem, jaka jest obserwowana w wymienionych warstwach. Innym źródłem koprostanolu

lu jest rozkład cholesterolu, zachodzący przy udziale mikroorganizmów glebowych i wodnych (Leeming i in. 1996). Dane ze stanowisk archeologicznych wskazują jednak, że zoosterole są w osadzie stabilne i ich zawartości utrzymują się na stałym poziomie przez okres co najmniej ok. 100 tysięcy lat (Evershed i in. 1995). Ponadto uzyskane dla jaskini Biśnik wskaźniki zaawansowania diagenety mikrobiałej (Krajcarz i in. 2010) są niskie i słabo zróżnicowane między warstwami. Oznacza to, że rozkład cholesterolu prowadzący do wtórnego po-



**Ryc. 3.** Pochodzenie substancji organicznych w osadach jaskini Biśnik. (A) Główny wpływ na pochodzenie materii organicznej: (a) odchodów lub zwłok zwierzęcych, (b) próchnicy roślinnej. (B) Główny wpływ na akumulację odchodów: (c) człowieka, (d) ssaków wszystko- i roślinożernych, (e) ssaków mięsożernych

**Fig. 3.** Origin of organic matter from Biśnik Cave. (A) Main impact on the accumulation of organic matter: (a) animal faeces or corpses, (b) plant humus. (B) Main impact on the accumulation of faeces: (c) human, (d) omni- and herbivorous mammals, (e) carnivorous mammals



wstawania koprostanolu zachodził w niewielkim stopniu, a ponadto zachodził w podobnym stopniu dla wszystkich warstw. Stosunek zawartości koprostanolu do cholesterolu obserwowany w osadach jaskini Biśnik może być wtórnie zmieniony, ale nieznacznie i w stopniu nie wpływającym na interpretację.

Teza o akumulacji warstw 11, 13a, 14 i 15 przy znaczącym udziale ludzkich odchodów dobrze koresponduje z danymi archeologicznymi. W warstwach tych odkryto duże nagromadzenia zabytków krzemiennych oraz pozostałości ognisk (Cyrek, Sudoł 2010, Sudoł 2012).

Warstwy 19 i 19a wykazują proporcje zoosteroli zbliżone do obserwowanych w odchodach zwierząt roślinożernych (rys. 3), co pozwala powiązać ich akumulację z intensywnym zamieszkiwaniem jaskini przez niedźwiedzia jaskiniowego *U. spelaeus*. Duża liczba szczątków niedźwiedzia jaskiniowego, występująca w obu tych warstwach (43 % i 65 % wszystkich szczątków; Stefaniak 2006), sugeruje, że właśnie to zwierzę było odpowiedzialne za nagromadzenie odchodów w osadach omawianych warstw.

Warstwy 19b i 19c wykazują proporcje zawartości koprostanolu i cholesterolu typowe dla odchodów zwierząt mięsożernych lub zwłok zwierzęcych (ryc. 3). Sugeruje to, że w trakcie akumulacji omawianych warstw jaskinia służyła jako schronienie zwierząt drapieżnych, które zostawiały tam odchody lub szczątki swoich ofiar. Taką tezę potwierdzają badania paleontologiczne (Krajcarz 2009, Marciszak i in. 2011b, Marciszak, Stefaniak 2010, Stefaniak 2006). W omawianych warstwach występują szczątki zwierząt drapieżnych (lwa jaskiniowego *P. spelaea* – do 7 % sumy szczątków, a także jaguara *P. onca*, niedźwiedzia *U. deningeri*, lisa *V. vulpes* i pieśca *V. lagopus*).

## WNIOSKI

Antropogeniczne biomarkery (zoosterole), pozostawione w jaskini Biśnik przez człowieka neandertalskiego, pozwalają wskazać warstwy związane z najintensywniejszym zasiedleniem jaskini w okresie środkowego paleolitu. Są to warstwy od 15 do 11, powstałe w okresie interglacjału eemskiego, a częściowo również w schyłku zlodowaceń środkowopolskich i na początku zlodowacenia Wisły. W starszych warstwach (poniżej warstwy 15) w zapisie geochemicznym zaznacza się wyłącznie udział zwierząt w akumulacji warstw. Wyniki badań geochemicznych są zgodne z danymi archeologicznymi, które wskazują na sporadyczne odwiedzanie jaskini przez ludzi w okresie sedymentacji starszych warstw, i na późniejszą intensyfikację zasiedlenia w okresie interglacjału eemskiego i wczesnego zlodowacenia Wisły (Cyrek 2002, 2006, Cyrek i in. 2010, Cyrek, Sudoł 2010, Sudoł 2012). Intensyfikację penetracji jaskini przez ludzi neandertalskich należy wiązać ze złagodzeniem klimatu i rozwojem ekosystemów leśnych (por. Krajcarz i in. 2010).

Przeprowadzone badania miały charakter wstępny. Niezbędne jest rozszerzenie badań w przyszłości o górną część profilu namuliska, oraz szczegółowe prześledzenie cech geochemicznych poszczególnych warstw w układzie poziomym.

Przedstawione tutaj wyniki wskazują na znaczny potencjał poznawczy i interpretacyjny badań zoosteroli w osadach jaskini Biśnik. Wydaje się, że metoda ta może mieć zastosowanie w badaniach archeologicznych również innych stanowisk jaskiniowych Polski.

### Podziękowania

Autorzy są wdzięczni recenzentowi, Panu dr. Piotrowi Szwarczewskiemu, za cenne uwagi.

### Literatura

- Barycka E., 2008, Middle and late Pleistocene Felidae and Hyaenidae of Poland, *Fauna Poloniae*, 2, 1-228.
- Bednarek J., Kaziuk H., Zapaśnik T., 1978, Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, skala 1 : 50 000, arkusz Ogrodzieniec (913), Wyd. Geologiczne, Warszawa, 1-76.
- Bocherens H., Fizet M., Mariotti A., 1994, Diet, physiology and ecology of fossil mammals as inferred from stable carbon and nitrogen isotope biochemistry: implications for Pleistocene bears, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107, 213-225.
- Bull I.D., Lockheart M.J., Elhmmali M.M., Roberts D.J., Evershed R.P., 2002, The origin of faeces by means of biomarker detection, *Environment International*, 27, 647-654.
- Chmielewski W., 1988, Ogólna charakterystyka jaskiń Doliny Sąpowskiej pod względem występowania w nich źródeł archeologicznych, [w:] W. Chmielewski (red.), Jaskinie Doliny Sąpowskiej. Tło przyrodnicze osadnictwa pradziejowego, Wyd. UW, Warszawa, 5-17.
- Cyrek K., 2002, Rekonstrukcja zasiedlenia Jaskini Biśnik, [w:] K. Cyrek (red.), Jaskinia Biśnik. Rekonstrukcja zasiedlenia jaskini na tle zmian środowiska przyrodniczego, Wyd. UMK, Toruń, 9-142.
- Cyrek K., 2006, Środkowopaleolityczne vistuliańskie zespoły wyrobów krzemienych z Jaskini Biśnik, *Światowit, Supplement series P: Prehistory and Middle Ages*, 11, 93-100.
- Cyrek K., Socha P., Stefaniak K., Madeyska T., Mirosław-Grabowska J., Sudoł M., Czyżewski Ł., 2010, The Palaeolithic of the Biśnik Cave (Southern Poland) against the environmental background, *Quaternary International*, 220(1-2), 5-30.
- Cyrek K., Sudoł M., 2010, Zmiany w zasiedleniu Jaskini Biśnik w plejstocenie. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sec. B*, 65(2), 57-68.
- Evershed R.P., Gordon T.-W., Hedges R.E.M., Tuross N., Leyden A., 1995, Preliminary results for the analysis of lipids in ancient bone, *Journal of Archaeological Science*, 22, 277-290.

- Gola M., Karger M., Gazda L., 2011, Dystrybucja biomarkerów i dojrzałość termiczna materii organicznej w tonsteinie i węglu kamiennym z pokładu 385/2 z kopalni *Bogdanka* (Lubelskie Zagłębie Węglowe), *Przegląd Geologiczny*, 59(12), 777-784.
- Krajcarz M., 2009, Pochodzenie szczątków lwa jaskiniowego (*Panthera spelaea* Goldfuss 1823) z jaskini Biśnik, *Materiały 43. Sympozjum Speleologicznego*, Sekcja Speleologiczna PTP im. M. Kopernika – Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, 70-71.
- Krajcarz M.T., 2012, Small fossil wolverine *Gulo* from Middle Pleistocene of Poland, *Acta zoologica cracoviensia* 55(1), 79-87.
- Krajcarz M.T., Cyrek K., 2011, The age of the oldest Paleolithic assemblages from Biśnik Cave (southern Poland) in the light of geological data, *Przegląd Archeologiczny* 59, 55-74.
- Krajcarz M.T., Gola M., Cyrek K., 2010, Preliminary suggestions on the Pleistocene palaeovegetation around the Biśnik Cave (Częstochowa Upland, Poland) based on studies of molecular fossils from cave sediments, *Studia Quaternaria* 27, 55-61.
- Krajcarz M.T., Madeyska T., 2012, Geology and chronostratigraphy of sediments from Biśnik Cave, [w:] International Conference European Middle Palaeolithic during MIS 8 – MIS 3: cultures – environment – chronology. Wolbrom, Poland September 25<sup>th</sup>-28<sup>th</sup>, 2012, 56-58.
- Leeming R., Ball A., Ashbolt N., Nichols P., 1996, Using faecal sterols from humans and animals to distinguish faecal pollution in receiving waters, *Water Researches* 30 (12), 2893-2900.
- Madeyska T., Cyrek K., 2002, Cave fillings – a chronicle of the past. An outline of the Younger Pleistocene cave sediments study in Poland, *Acta Geologica Polonica* 52(1), 75-95.
- Madeyska T., Valde-Nowak P., 2003, Description of sediments, [w:] P. Valde-Nowak, A. Nadachowski, T. Madeyska (red.), *Obłazowa Cave. Human activity, stratigraphy and palaeoenvironment*, Institute of Archaeology and Ethnology PAS, Kraków, 13-15.
- Madeyska-Niklewska T., 1969, Górnoplejstocenijskie osady jaskiń Wyżyny Krakowskiej, *Acta Geologica Polonica* 19(2), 341-390.
- Marciszak A., Krajcarz M.T., Krajcarz M., Stefaniak K., 2011a, The first record of leopard *Panthera pardus* LINNAEUS, 1758 from the Pleistocene of Poland, *Acta zoologica cracoviensia* 54A(1-2), 39-46.
- Marciszak A., Socha P., Nadachowski A., Stefaniak K., 2011b, Carnivores from Biśnik Cave. *Quaternaire, Hors-serie* 4, 101-106
- Marciszak A., Stefaniak K., 2010, Two forms of cave lion: Middle Pleistocene *Panthera spelaea fossilis* REICHENAU, 1906 and Upper Pleistocene *Panthera spelaea spelaea* GOLDFUSS, 1810 from the Biśnik Cave, Poland. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen* 258 (3), 339-351.
- Mirosław-Grabowska J., 2002, Geological value of Biśnik Cave sediments (Cracow-Częstochowa Upland). *Acta Geologica Polonica* 52(1), 97-110.
- Rousseau L., Laafar S., Pépe C., de Lumley H., 1995, Sterols as biogeochemical markers: results from ensemble E of the stalagmitic floor, Grotte du Lazaret, Nice, France, *Quaternary Science Reviews* 14, 51-59.
- Stefaniak K., 2006, Sprawozdanie z badań dużych ssaków w jaskini Biśnik w latach 2003-2006. Archiwum IA UMK, Toruń [niepublikowane].
- Stefaniak K., Marciszak A., 2009, Large mammals (Carnivora, Ungulata) from Pleistocene sediments of the Biśnik Cave, [w:] K.Stefaniak, A. Tyc, P. Socha (red.), *Karst*

- of the Cześćochowa Upland and of the Eastern Sudetes: palaeoenvironments and protection, *Studies of the Faculty of Earth Sciences, University of Silesia*, 56, Sosnowiec, 225-254.
- Sudoł M., 2012, Upper Pleistocene flint assemblages from the Biśnik Cave, [w:] International Conference European Middle Palaeolithic during MIS 8 – MIS 3: cultures – environment – chronology. Wolbrom, Poland September 25<sup>th</sup>-28<sup>th</sup>, 2012, 68-70.
- Tyagi P., Edwards D.R., Coyne M.S., 2008, Use of Sterol and Bile Acid Biomarkers to Identify Domesticated Animal Sources of Fecal Pollution, *Water, Air and Soil Pollution* 187, 263-274.
- Wojtal P., 2007, Zooarchaeological studies of the Late Pleistocene sites in Poland, Institute of Systematics and Evolution of Animals, Polish Academy of Sciences, Kraków, 1-189.
- Wojtal P., Wilczyński J., Lipecki G., Miękina B., 2011, Badania paleontologiczne jaskiń Ojcowa i okolic, [w:] Materiały 45. Sympozjum Speleologicznego, Ojców, 20-23.10.2011 r., 107.
- Xie S., Wang Z., Wang H., Chen F., An C., 2002, The occurrence of grass vegetation over the Chinese Loess Plateau since the last interglacial: the molecular fossil record, *Science of China, Series D: Earth Sciences* 45, 53-62.