

Sylwia Jędrzejewska

Analizy trwałych izotopów a problem pochodzenia Słowian. Zarys metod i pytania o perspektywy badawcze

Słowa kluczowe: Słowianie, pochodzenie, archeologia, izotopy trwałe, stront, ciałopalenie

Key words: Slavs, origin, archaeology, stable isotopes, strontium, cremation

I. Wprowadzenie. II. Analizy stabilnych izotopów — zarys metod. III. Perspektywy zastosowania analiz trwałych izotopów w badaniach nad pochodzeniem Słowian. IV. Zakończenie

I. Wprowadzenie

Od wielu dekad, rozważając pochodzenie Słowian i ich najstarsze ślady utrwalone w źródłach archeologicznych, dysponujemy informacjami o dwóch zasadniczych koncepcjach odnoszących się do tego problemu. Teoria zakładająca „odwieczną” obecność przodków ludności słowiańskiej w środkowej Europie nazywana jest — z perspektywy współczesnych ziem polskich — autochtonistyczną. Pogląd o stopniowej kolonizacji dorzeczy Wisły i Odry najwcześniej od ok. V/VI w. przez przybyszów z Podnieprza okreśłany jest natomiast jako hipoteza allochtonistyczna. Dyskusja prowadzona przez archeologów w dużym stopniu koncentruje się, upraszczając, na możliwości odniesienia materiałów kopalnych do Słowian z czasów pojawienia się ich w najstarszych wczesnośredniowiecznych przekazach pisanych (w VI w.) oraz wskazania „starszego ogniwa” tak wyróżnionych wspólnot kulturowych. Jako obszary ich formowania się rozpatrywane są w różnych wariantach: południowa część górnego i środkowe Podnieprze wraz z jego lewobrzeżem¹, dorzecza górnego i środkowego Dniestru oraz górnego Prutu², a także dorzecze Prypeci³. Część badaczy widzi ponadto zachodnią strefę krystalizacji etnosu słowiańskiego w dorzeczach Odry i Wisły⁴, podczas gdy inni, jak wspomniano, uważają je za obszar późniejszej słowiańskiej ekspansji. Pomijając niektóre starsze ujęcia tego zagadnienia, zainteresowania badaczy koncentrują się na sytuacji kulturowej między Odrą a Dnieprem przede wszystkim w okresie od I do VII w.⁵

¹ Np. Prihodnik O.M. 1998, s. 72–73; Godłowski K. 2000, s. 167; Terpilovskij R.V. 2004, s. 59–72; Terpilovskij R.V. 2008, s. 298–299; Parczewski M. 2005; Oblomskij A.M. 2007; Oblomskij A.M. 2016, s. 54 n.

² Np. Vinokur I.S. 2000, s. 288 n.; Magomedov B. 2001, s. 124–129; Baran V.D. 2002, tam starsza literatura; Milán T. 2006; Cigilik V. 2008; Kozak D. 2008, s. 38–40.

³ Np. Gavrituhin I.O. 2005, s. 434 n.; Gavrituhin I.O. 2009, s. 20–21; Vârgej V.S. 2005, s. 499; Vârgej V.S. 2008, s. 240 n.; Vârgej V.S. 2016, s. 52 n.; Belevac V.G. 2019.

⁴ Np. Kostrzewski J. 1961; Rusanova I.P. 1976, s. 199 n.; Jażdżewski K. 1982; Sedov V.V. 2002, s. 97–125, 203 n.; Leciejewicz L. 2005, tam starsza literatura; Kara M. 2009, s. 63 n.

⁵ Uwagi przedstawione w artykule stanowią fragment rozprawy doktorskiej pt. „Stan badań archeologicznych nad zagadnieniem etnogenezy Słowian w Polsce i krajach Europy Wschodniej” przygotowywanej w Instytucie Archeologii Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Przyrost wiedzy o najstarszych reliktach wczesnośredniowiecznych (V–VII w.) łączonych z osadnikami słowiańskimi, jaki dokonał się od lat pięćdziesiątych XX w., gdy problematyka ta faktycznie zaistniała w archeologii środkowo- i wschodnioeuropejskiej, jest trudny do przecenienia. Co więcej, archeologia na tle innych dyscyplin zajmujących się wczesnymi dziejami Słowian wyróżnia się stopniowym dopływem nowych źródeł. Ich różnorodna interpretacja, wynikająca z założeń teoretycznych lub obiektywnych przeszkód (np. charakteru znalezisk i problemów z ustalaniem ich precyzyjnej chronologii), sprawia jednak, że wypracowanie jednej wizji przeszłości pozostaje jak dotąd niemożliwe. Interdyscyplinarność archeologii i jej efektywna współpraca na wielu polach z przedstawicielami innych nauk inspiruje do poszukiwań nowych sposobów analizy materiałów wykopaliskowych. Warto bowiem rozpatrzyć wszelkie możliwości uzyskania jak najpełniejszego zasobu danych z ograniczonych kategorii źródeł z trzeciej ćwierci I tysiąclecia n.e.

Metodą od lat znaną i powszechną w archeologii jest wykorzystanie zjawiska połowicznego rozpadu izotopów promieniotwórczych, czyli nietrwałych (np. ^{14}C), w celu datowania zabytków. Narzędziem coraz częściej wdrażanym do analizy źródeł archeologicznych staje się badanie izotopów trwałych (stabilnych)⁶, w Polsce zyskujące na popularności od nieco ponad dekady. Na gruncie archeologii badania izotopów trwałych z jednej strony mogą być stosowane do ustalenia pochodzenia surowców budowlanych i tych, z których wykonano przedmioty kamienne, ceramiczne, szklane oraz tkaniny⁷, z drugiej materiał osteologiczny z wykopalisk otwiera nowe pole współpracy z antropologami fizycznymi. Wskazuje się bowiem na możliwość rekonstrukcji diety społeczności pradziejowych, klimatu, w jakim żyły, długości okresu karmienia piersią lub wnioskowania na temat pochodzenia i migracji ludzi⁸. Niezwykle ciekawe ustalenia dokonane na tej ostatniej płaszczyźnie w odniesieniu do populacji z różnych czasów i rejonów świata rodzą pytanie o potencjalny wkład analiz trwałych izotopów w dyskusję o etnogenezie Słowian.

II. Analizy stabilnych izotopów — zarys metod

Odniesienie się do perspektyw badawczych w zakresie wykorzystania analiz stabilnych izotopów w dociekaniach nad przywołaną we wstępie problematyką wymaga przedstawienia podstawowych informacji o specyfice i warunkach stosowania tego rodzaju badań. Ich szcze-

⁶ Izotopy to atomy danego pierwiastka różniące się masą ze względu na liczbę neutronów w jądrze. W przeciwieństwie do izotopów promieniotwórczych te trwale nie rozpadają się, jednak ich skład może się zmieniać wraz z przekształceniami zachodzącymi w środowisku. Z uwagi na różną masę izotopy mają nieco inne właściwości fizykochemiczne (np. temperatura topnienia, gęstość). Lżejsze wykazują większą podatność na reakcje wymienne. Proporcja koncentracji izotopu cięższego do lżejszego w danej substancji (np. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) nazywana jest stosunkiem izotopowym. Do opisu składu izotopowego pierwiastka w próbce używa się wielkości określonej jako delta izotopowa (np. $\delta^{13}\text{C}$), wyliczanej z odpowiedniego wzoru i podawanej w promilach. Informuje ona o względnym odchyleniu stosunku izotopowego badanej próbki od międzynarodowego wzorca. Odniesienie wyniku do ustalonego standardu pozwala na porównywanie danych uzyskanych w różnych laboratoriach. Pomiar składu izotopowego przeprowadzane są za pomocą spektrometru masowego. Dodatnia wartość delty izotopowej świadczy o wzbogaceniu, a ujemna o zubożeniu próbki względem wzorca. Zmiany składu izotopowego pierwiastków określane są jako frakcjonowanie lub wyróżnienie izotopowe. Opisuje je ilościowo współczynnik frakcjonowania (δ), będący rezultatem porównania stosunków izotopowych między dwoma substancjami (np. $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ między wodą a węglanem wapnia) lub substancją przed i po transformacji (np. wodą przechodzącą ze stanu ciekłego w gazowy) (zob. np. Miśkiewicz K. 2004, s. 177–178; Hoefs J. 2009, s. 1–9). Krótko na temat historii odkryć dotyczących izotopów i spektrometrii mas zob. np.: Miśkiewicz K. 2004, s. 176–177; Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 125–126; w tych pracach starsza literatura.

⁷ Por. np. Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 760–761, tam starsza literatura.

⁸ Np. Szostek K. 2009, s. 4–7; Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 129–136; Sehrawat J.S., Kaur J. 2017, s. 246–251; w tych pracach starsza literatura.

gólwe omówienie zawiera cytowana literatura specjalistyczna. Poniższa przekrojowa charakterystyka wydaje się jednak zasadna, by w przystępny sposób przybliżyć tę interesującą dziedzinę również czytelnikom niebędącym na co dzień odbiorcami tych opracowań.

Rozmaite elementy litosfery, biosfery i hydrosfery posiadają określony skład izotopowy (przedział jego wartości). Jest on zależny od wielu czynników m.in. sposobu i warunków ich powstawania, położenia geograficznego, rodzaju ekosystemu (wodny, lądowy), temperatury czy wysokości nad poziom morza. Organizmy żyjące w danym środowisku odzwierciedlają spektrum jego składu izotopowego. Pozostaje on zapisany w tkankach (kościach, zębach) nawet po śmierci⁹. Odkrycia z zakresu geochemii stabilnych izotopów znalazły bardzo szerokie zastosowanie w różnorodnych dziedzinach, począwszy od rekonstrukcji paleoklimatu, przez prognozowanie zjawisk geologicznych, badanie skażeń środowiska, śledzenie wędrówek zwierząt, analizę diety, kontrolę jakości produktów spożywczych, po działania z zakresu medycyny, kryminalistyki, badania kosmosu i wiele innych¹⁰.

Pierwiastkami, których badanie pozwala na identyfikację migrantów, wytypowanie prawdopodobnych regionów ich pochodzenia oraz śledzenie szlaków wędrówek pradziejowych populacji są przede wszystkim stront (Sr) i tlen (O)¹¹. Skład izotopowy szczątków ludzkich porównywany jest z danymi dotyczącymi środowiska, w którym je odkryto. Sygnał izotopowy ludności lokalnego pochodzenia powinien mieścić się w przedziale wartości charakterystycznym dla danego regionu, a allochtonów wykraczać poza ten zakres. Ostateczna interpretacja wyników uwzględniać musi jednak rozmaite czynniki wpływające na dokonywane pomiary (zob. niżej).

W przypadku strontu badaniu podlegają proporcje radiogenicznego ⁸⁷Sr (powstałego z rozpadu promieniotwórczego izotopu rubidu ⁸⁷Rb) do ⁸⁶Sr. Wartości tego stosunku izotopowego uwarunkowane są przede wszystkim rodzajem i wiekiem podłoża geologicznego na danym terenie. W wyniku procesu wietrzenia stront trafia ze skał do gleby i wód gruntowych, wchłaniany jest przez rośliny i zwierzęta, a następnie przez wodę i pokarm dostaje się do tkanek ludzkich. Co istotne, skład izotopowy roślin jest zależny od wzajemnych relacji sygnatur podłoża i wody opadowej, która pochodzi głównie z parowania mórz i oceanów mających stałą od początku holocenu wartość — około 0,7092. Te same gatunki występujące na obszarach o innej budowie geologicznej cechują się zatem odmiennymi wskaźnikami $\delta^{87}\text{Sr}$. Nie bez znaczenia jest też głębokość systemu korzeniowego roślin i ilość pobieranych przez nie wód podziemnych (o $\delta^{87}\text{Sr}$ bardziej zbliżonym do podłoża). Skład tkanek ludzkich jest z kolei wypadkową mieszania się izotopów z podłoża i wód deszczowych wchłanianych po drodze przez spożywane przez człowieka rośliny i zwierzęta. Właściwością strontu podkreślaną przez specjalistów jest fakt, że nie ulega on — w przeciwieństwie do tlenu czy azotu — zauważalnemu frakcjonowaniu podczas zjawisk zachodzących w środowisku (takich jak parowanie i wietrzenie) oraz w trakcie procesów metabolicznych w organizmach, zatem jego skład izotopowy pozostaje niezmienny¹².

Tlen występuje w postaci trzech stabilnych izotopów, z których analizie poddawane są proporcje ¹⁸O do ¹⁶O. Źródłem tlenu trafiającego do tkanek ludzkich jest przede wszystkim woda pitna. W mniejszym stopniu o ich składzie izotopowym decyduje pożywienie i tlen atmosferyczny. Wartość $\delta^{18}\text{O}$ jest rezultatem procesów wchłaniania i wydalania przez organizm. Woda

⁹ Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 125.

¹⁰ Zob. np. Miśkiewicz K. 2004, s. 178–181.

¹¹ Obszerną literaturę dotyczącą takiego zastosowania analiz izotopowych przytaczają np. Szostek K. 2009, s. 6; Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 755–759; Szostek K., Mądrzyk K., Cienkosz-Stepańczak B. 2015, s. 134 (jako badania uzupełniające w tym kontekście wskazywane są także pomiary izotopów ołowiu: Szostek K., Mądrzyk K., Cienkosz-Stepańczak B. 2015, s. 146).

¹² Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 743–744; Pospieszny L., Belka Z. 2015, s. 172, 179; Szostek K., Mądrzyk K., Cienkosz-Stepańczak B. 2015, s. 135–136, 138–139; w tych pracach starsza literatura.

środowiskowa z różnych obszarów cechuje się odmiennymi proporcjami izotopowymi. Zależą one od takich czynników jak temperatura, wilgotność powietrza, odległość od morza/oceanu, a także wysokość nad poziom morza. Na terenach o podobnej temperaturze i położeniu geograficznym jej sygnał izotopowy może zatem być zbliżony. Dodatkowo rolę odgrywa tu wspomniany już proces frakcjonowania. Wskazuje się, że na poziom izotopowy wody spożywanej przez ludzi wpływają zasilane opadami wody powierzchniowe i gruntowe, a także wilgotność gleby¹³.

Do badań stabilnych izotopów pobierane są próbki z zachowanych kości (zwłaszcza istota zbita z trzonów kości długich lub żeber) i zębów. W zależności od testowanego pierwiastka wykorzystywana jest ich organiczna (kolagen) lub nieorganiczna część (hydroksyapatyt). Stront i tlen wbudowywane są we frakcję mineralną, której najlepszym źródłem do analiz jest szkliwo zębów. Składa się ono w około 98% z kryształów hydroksyapatytu, co sprawia, że jest najtwardszą i jednocześnie najbardziej odporną na degradację i zanieczyszczenia tkanką. W przypadku zębiny i kości zawartość części nieorganicznej wynosi 70%. Dodatkową zaletą szkliwa jest fakt, że od momentu uformowania się w okresie dziecięcym aż do śmierci osobnika nie zmienia ono swego składu chemicznego. Odzwierciedla zatem sygnał izotopowy przyjmowanej wody i pożywienia z czasu mineralizacji zębów. Z zupełnie inną sytuacją mamy do czynienia w przypadku kości. Podlegają one bowiem procesowi tzw. remodelingu, który polega na samoistnej zmianie składu izotopowego tkanki kostnej w czasie życia osobnika. Dochodzi wówczas do wymiany ok. 50% składników budujących kość. Przyjmuje się, że zmiana ta u osób dorosłych trwa od 7 do 11 lat, a u dzieci ok. roku. Czas ten zależy również od rodzaju i elementu kości (np. szybszej przebudowie ulegają żebra niż nasady kości długich). Badacze wykorzystują ponadto wiedzę na temat okresu kształtowania się poszczególnych zębów i ich części, co pozwala na łączenie różnic w ich sygnale izotopowym z ewentualnymi zmianami miejsc pobytu w dzieciństwie. Do badań służą szczególnie pierwsze (formują się do ok. 3 roku życia) i drugie trzonowce oraz zęby przedtrzonowe (mineralizacja do ok. 7 roku życia)¹⁴.

Próbki pobrane z archeologicznego materiału kostnego sprawdzane są przy użyciu rozmaitych metod pod kątem czystości i przydatności do analizy stabilnych izotopów. Zdeponowane w ziemi szczątki mogą bowiem podlegać zjawisku diagenety — procesom, które prowadzą do zmiany ich struktury i składu chemicznego w rezultacie kontaktu z otoczeniem grobowym. Do czynników diagenetycznych zalicza się działanie mikroorganizmów (bakterii, grzybów), warunki atmosferyczne (m.in. opady, temperaturę), aktywność hydrologiczną otoczenia grobu, a także rodzaj i pH gleby. Mniej narażony na ich wpływ jest kolagen. W przypadku frakcji mineralnej największą odpornością cechuje się natomiast szkliwo zębów, ze względu na brak porowatości, niewielką zawartość części organicznej i większą krystaliczność niż kości¹⁵.

W celu określenia, czy badany osobnik pochodzi z miejsca, w którym zostały odkryte jego szczątki, niezbędne jest ustalenie składu izotopowego środowiska, będącego źródłem pożywienia i wody. Konkretny obszar nie posiada tylko jednej wartości sygnału izotopowego, lecz ich przedział, zatem poznanie tła porównawczego wymaga zgromadzenia wielu próbek. W przypadku strontu badacze wskazują, że nie jest wystarczające zbadanie jedynie zakresu lokalnych

¹³ Szostek K. 2009, s. 14; Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 135; Stepańczak B., Szostek K. 2010a, s. 202; Stepańczak B., Szostek K. 2010b, s. 97; Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 746; Mądryk K., Noga P., Kępa M. 2013, s. 283; Szostek K., Mądryk K., Cienkosz-Stepańczak B. 2015, s. 145; Lisowska-Gaczorek A., Cienkosz-Stepańczak B., Szostek K. 2017, s. 60–61.

¹⁴ Szostek K. 2009, s. 13–14; Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 127–128, 134, ryc. 7; Stepańczak B., Szostek K. 2010a, s. 202; Stepańczak B., Szostek K. 2010b, s. 95; Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 747–748 i tab. 35.1; Mądryk K., Noga P., Kępa M. 2013, s. 282; w tych pracach starsza literatura.

¹⁵ Szostek K. 2009, s. 17–22; Stepańczak B., Szostek K. 2010b, s. 97 n., ryc. 1; Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 747.

wskaźników dla skały macierzystej oraz wód gruntowych i powierzchniowych¹⁶, gdyż mogą one znacząco odbiegać od biologicznie dostępnych wartości stosunków izotopowych w rozmaitych elementach łańcucha pokarmowego. Pożądanym materiałem porównawczym są próbki archeofauny (zwierzęta żyjące blisko człowieka i spożywające często zbliżony pokarm, np. świnie, dają podobny dla niego sygnał izotopowy) i archeoflory z tego samego stanowiska lub okolicy. W razie braku szczątków odpowiadających chronologicznie badanym szkieletom ludzkim za materiał referencyjny służą też znaleziska z innych okresów prahistorycznych. W odniesieniu do próbek od zwierząt współczesnych zaleca się badanie różnych gatunków i zestawianie wyników z analizowanymi materiałami kopalnymi, gdyż w obydwu przypadkach może dochodzić do zakłóceń np. z powodu karmienia współczesnych zwierząt paszą obcego pochodzenia lub zanieczyszczenia szczątków kostnych z wykopalisk w efekcie oddziaływania czynników diagenetycznych¹⁷. Jednocześnie w literaturze przedmiotu sygnalizuje się, że poleganie głównie na próbkach archeologicznej fauny jako materiale porównawczym może prowadzić do zakłamania wyników i niepoprawnego wnioskowania na temat lokalnego lub nielokalnego pochodzenia ludzi. Nie można bowiem np. z góry wykluczać niemiejsowego pochodzenia zwierząt¹⁸. W związku z tym postulowane jest uwzględnianie różnorodnych elementów ekosystemu, zwłaszcza podłoża geologicznego i sieci hydrologicznej, do ustalenia lokalnego zakresu wartości $\delta^{87}\text{Sr}$ ¹⁹. Modele prezentujące zróżnicowanie terytorialne biologicznie dostępnych wartości izotopowych strontu opracowywane są ponadto z użyciem współczesnej roślinności²⁰.

Tło porównawcze dla analiz izotopów tlenu szczątków ludzkich stanowi, o ile to możliwe, skład izotopowy kości i zębów zwierząt odkrytych na tym samym stanowisku lub w jego okolicy i pochodzących z tego czasu co zmarli. Wskazuje się przy tym na możliwość występowania różnic międzygatunkowych spowodowanych odmiennymi procesami fizjologicznymi dotyczącymi wchłaniania i wydalania izotopów tlenu przez zwierzęta. Istotne, by próbki nie należały do zwierząt migrujących (preferowane są zatem zwłaszcza te udomowione i nie wypasane w oddalonych miejscach). Z ostrożnością należy podchodzić do przedmiotów kościanych, które mogą być efektem handlu. Badaniu podlegają ponadto próbki wody (opadowej i ze zbiorników wodnych) z terenu rozpatrywanego jako miejsce pochodzenia (i odżywiania się) danych osobników. Skład izotopowy tlenu w wodzie środowiskowej w pradziejach jest niezny, choć zakłada się, że w przypadku wody z warstw powierzchniowych różnice nie musiały być duże. Badacze, wykorzystując dane współczesne i posługując się odpowiednimi modelami matematycznymi, są w stanie oszacować przedział wartości dla populacji z danego regionu²¹. W odniesieniu do terenu Polski na uwagę zasługuje projekt, którego celem było zgromadzenie danych referencyjnych dotyczących zróżnicowania składu izotopowego wody opadowej w 279 lokalizacjach, gdzie prowadzone były badania archeologiczne na stanowiskach z różnych okresów. W efekcie pozwoliło to na wydzielenie czterech makroregionów o określonych przedziałach

¹⁶ W odniesieniu do Polski udało się dotychczas zgromadzić dane referencyjne dotyczące składu izotopowego dorzecza Odry, przy czym nie informują one o sytuacji w czasach prahistorycznych. Spowodowane jest to silnym oddziaływaniem na współczesny skład izotopowy wody czynników antropogenicznych, takich jak nawozy sztuczne i działalność górnicza (por. Zieliński M. i in. 2016; Zieliński M. i in. 2017; Zieliński M. i in. 2018).

¹⁷ Szostek K. 2009, s. 16; Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 745–746, 752–753; Pospieszny Ł., Bełka 2015, s. 172–173; Szostek K., Mądryk K., Cienkosz-Stepańczyk B. 2015, s. 140–143 — tu więcej na temat metod badań i czynników wpływających na ich rezultaty.

¹⁸ Por. też: Snoeck C. i in. 2020, s. 2.

¹⁹ Szczepanek A. i in. 2018, s. 17, tam literatura.

²⁰ Zob. np. Snoeck C. i in. 2020, tam literatura.

²¹ Stepańczyk B., Szostek K. 2010a, s. 202; Mądryk K., Noga P., Kępa M. 2013, s. 283; Lisowska-Gaczorek A., Cienkosz-Stepańczyk B., Szostek K. 2017, s. 58–60.

wartości i stwierdzenie, iż skład izotopowy tlenu w przypadku materiałów kostnych z wykopalisk może zależeć od pochodzenia osobników z danej strefy²².

Badania stabilnych izotopów pod kątem mobilności i pochodzenia mogą dostarczyć wiedzy o różnych etapach życia konkretnego człowieka, informować o składzie i relacjach między osobnikami w obrębie danej populacji, jak też dawać dowody na przemieszczenia całych grup i przyczyniać się do poznania ich stosunków z innymi społecznościami.

Jak zaznaczono wyżej, sygnał izotopowy szkliwa zębów odzwierciedla skład izotopowy środowiska, w którym doszło do narodzin i/lub spędzenia wczesnych lat życia. Porównanie prób pochodzących z różnych zębów jednego człowieka może ujawnić zmiany miejsca zamieszkania w okresie, gdy dokonywało się ich formowanie. Różnice między poziomem izotopowym z zębów i kości zmarłego świadczyć będą natomiast o zamieszkiwaniu różnych obszarów w dzieciństwie i w ostatnich latach życia. W związku ze wspomnianym procesem remodelingu badacze wskazują, że próby z kości informują o składzie izotopowym środowiska, w którym osobnik dorosły przebywał przez ostatnie około 10 ($\delta^{18}\text{O}$) lub 10–20 lat ($\delta^{87}\text{Sr}$), a dziecko przez rok. Oprócz wnioskowania na temat zmian, jakie zachodziły w ciągu życia danego człowieka, badania izotopowe umożliwiają stwierdzenie, czy wśród grupy ludzi pochowanych na określonym cmentarzu znajdowali się migranci. Lokalny sygnał z kości i nielokalny z zębów badanej osoby przemawiają za jej przybyciem na teren, gdzie została pochowana, już po uformowaniu się szkliwa zębów. Odwrotna sytuacja mogłaby świadczyć (o ile nie doszło do zanieczyszczenia próbki), że zmarły spędził ostatnie lata życia na innym obszarze, żywiąc się tamtejszym jedzeniem, a do miejsca pochodzenia wrócił niedługo przed śmiercią. Wariant, w którym obydwa wyniki (z zębów i kości) odbiegają od lokalnego przedziału wartości składu izotopowego, interpretować można jako dowód na śmierć migranta w stosunkowo krótkim czasie po dotarciu w nowe miejsce (nim doszło do przebudowy kości). Teoretycznie dopuszczalna jest też w takim wypadku interpretacja, że przybysz, mieszkając w okolicy, gdzie został pochowany, żywił się produktami nielokalnego pochodzenia²³.

Jednym z ograniczeń w badaniach izotopowych strontu jest fakt istnienia na świecie obszarów o podobnym podłożu geologicznym i — co za tym idzie — zbliżonym przedziale wartości sygnału izotopowego. W przypadku wędrówki między takimi dwoma regionami poziom $\delta^{87}\text{Sr}$ migranta może mieścić się w zakresie charakteryzującym lokalną społeczność. Za pewne utrudnienie w interpretacji wyniku uważana jest zróżnicowana budowa geologiczna testowanego terenu, choć jednocześnie do dyspozycji badaczy są wówczas też próbki fauny oraz różnych szczątków ludzkich. Z uwagi na czas potrzebny do „zapisania” w kościach sygnału izotopowego odzwierciedlającego specyfikę danego otoczenia praktycznie niemożliwe jest uchwycenie krótkotrwałych przemieszczeń, zwłaszcza na obszary o podobnej budowie geologicznej. Poza tym migranci mogą zostać zidentyfikowani tylko w pierwszym pokoleniu, bowiem ich potomkowie cechować się będą już sygnałem izotopowym właściwym dla nowego miejsca osiedlenia (i czerpania pożywienia). Metoda izotopowa częściej też pozwala na stwierdzenie samego faktu obcego pochodzenia badanych osobników, niż na precyzyjne określenie terenu, z którego przybyli. Umożliwia jednak sprawdzenie prawdopodobieństwa hipotez postawionych na podstawie przesłanek archeologicznych lub historycznych. Specjaliści zwracają też uwagę, że wpływ na otrzymane rezultaty analiz może mieć dieta badanych, tj. spożywanie produktów niemiejscowego pochodzenia, zwłaszcza bogatych w stront i wapń (takich jak ryby morskie, sól mor-

²² Lisowska-Gaczorek A., Cienkosz-Stepańczyk B., Szostek K. 2017, s. 62–67 (tam bliżej o zastosowanych metodach i rezultatach).

²³ Szostek K. 2009, s. 13–16 i tab. 1; Stepańczyk B., Szostek K. 2010a, s. 201, 203–204; Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 744, 747–749; Mądryk K., Noga P., Kępa M. 2013, s. 284; Szostek K., Mądryk K., Cienkosz-Stepańczyk B. 2015, s. 144–145; w tych pracach starsza literatura.

ska, rośliny strączkowe czy nabiał). W takiej sytuacji warto posiłkować się analizami izotopów węgla i azotu, które nie przynoszą co prawda bezpośrednich danych na temat migracji, ale mogą pozwolić na uchwycenie specyfiki diety zaburzającej wyniki badań strontu. W tym kontekście wskazuje się na problematyczność śledzenia migracji między regionami usytuowanymi u wybrzeży morskich, których mieszkańcy stosowaliby dietę opartą wyłącznie na produktach pochodzenia morskiego²⁴.

Badacze podkreślają, że interpretując wynik analizy izotopowej tlenu, trzeba uwzględnić czynniki wywierające na niego wpływ, tj. karmienie piersią w odniesieniu do dzieci, różnice dotyczące płci, możliwość różnorodnej diety czy zmiany klimatyczne²⁵. W literaturze przedmiotu zalecono ostrożność w przypadku wnioskowania na temat pochodzenia i migracji osobników starszych oraz wzięcie pod uwagę zależności między wiekiem zmarłych a poziomem $\delta^{18}\text{O}$. W tym kontekście przywołano rezultaty badań korelacji między składem izotopowym tkanki kostnej, a wiekiem osób pochowanych na wczesnośredniowiecznym (X–XI w.) cmentarzystku odkrytym na Rynku Głównym w Krakowie. O ile takie powiązania nie wystąpiły ani u kobiet, ani u mężczyzn do 40 roku życia, to u starszych kobiet poziom $\delta^{18}\text{O}$ w tkance kostnej znacząco spadał wraz z wyższym wiekiem. Zdaniem badaczy może to świadczyć o uwarunkowaniu składu izotopowego tlenu nie tylko czynnikami środowiskowymi, ale również zmianami inwolucyjnymi (wstecznymi) zachodzącymi w organizmie w związku z jego starzeniem się²⁶. Rezultatem badań eksperymentalnych jest ponadto stwierdzenie wpływu spożywania wody poddanej obróbce termicznej (co pociąga za sobą frakcjonowanie izotopowe) na poziom $\delta^{18}\text{O}$ w tkance kostnej badanych zwierząt. Wyniki te odniesiono do interpretacji analiz szkieletów ludzkich, dowodząc, że „Dzięki określeniu maksymalnej różnicy w wartościach $\delta^{18}\text{O}$ ²⁷ u osobników spożywających wodę gotowaną i nieprzetworzoną możliwe staje się ustalenie, którzy ludzie, spośród tych których szczątki odnaleziono na danym stanowisku archeologicznym, mogli pochodzić z danej lokalizacji pomimo podwyższonych proporcji izotopowych tlenu w apatyce kostnym²⁸”.

Z uwagi na przywołane ograniczenia i zależności oddziałujące na otrzymywane wyniki, w pracach specjalistycznych sugeruje się jednoczesne badanie składu izotopowego strontu i tlenu, podnoszące wiarygodność dalszych interpretacji.

Pośrednią i dodatkową przesłanką w rozważaniach na temat pochodzenia danego osobnika może być jego dieta, o ile w miejscu wcześniejszego zamieszkania była bardzo charakterystyczna i znacząco różna od pokarmu dostępnego w najbliższej okolicy pochówku. Ustalenia dotyczące sposobu żywienia najczęściej jednak umożliwiają interpretacje w zakresie zróżnicowania diety ze względu na wiek, płeć lub sposób życia (osiadły, pasterski), a także status społeczny zmarłych (dostęp do określonych kategorii produktów). Wyniki analiz stabilnych izotopów mogą służyć do porównywania praktyk żywieniowych współczesnych sobie populacji, pozwalają również na wykrycie zmian zachodzących pod tym względem w czasie.

Wnioskowanie o jadłospisie na podstawie badań składu izotopowego wynika z przywołanej przez specjalistów zasady „jesteś tym, co jesz”. Zapisany w kolagenie kości lub zębów sygnał izotopowy odzwierciedla bowiem średni poziom izotopowy pożywienia. W celu poznania prawidłowości diety populacji pradziejowych wykorzystywane są przede wszystkim proporcje izotopów węgla i azotu ($\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$), rzadziej siarki ($\delta^{34}\text{S}$), a ponadto wskazywany jest

²⁴ Slovak N.M., Paytan A. 2012, s. 744–746; Szostek K., Mądryk K., Cienkosz-Stepańczak B. 2015, s. 143.

²⁵ Szostek K., Mądryk K., Cienkosz-Stepańczak B. 2015, s. 145–146, tam literatura.

²⁶ Stepańczak B., Szostek K., Pawlyta J. 2014.

²⁷ Oznaczenie „p” odnosi się do zawierających tlen fosforanów w części nieorganicznej.

²⁸ Lisowska-Gaczorek A., Tomczyk J., Szostek K. 2018, s. 19.

w tym kontekście potencjał analizy wapnia ($\delta^{44}\text{Ca}$) i innych pierwiastków. Do oszacowania momentu odstawienia dziecka od piersi i przestawienia go na pokarm pozamatczyny używany jest głównie $\delta^{18}\text{O}$. W przypadku węgla i azotu badaniu podlega kolagen z istoty zbitiej kości długich i żeber oraz z zębiny. Ta ostatnia „informuje” o diecie z okresu dzieciństwa, kości — z uwagi na przywoływane już zjawisko remodelingu — są źródłem danych o składnikach pokarmowych z ostatnich kilku lub kilkunastu lat, u dzieci z ostatniego roku. Kolagen jest odporny na procesy diagenetyczne, umożliwia ponadto kompleksowe zbadanie węgla, obecnego też w apatycie, i azotu, który występuje tylko w kolagenie. Pomiary z tkanek ludzkich odnoszone są do tła, jakie stanowią wartości izotopowe ze szczątków roślinnych i zwierzęcych. Porównuje się je poza tym z przedziałami charakterystycznymi dla różnego rodzaju pożywienia lub ekosystemów²⁹.

Wyznaczanie stosunku stabilnych izotopów węgla ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) stosuje się do odróżnienia składników roślin zaliczanych do grup C3 i C4 (przynależność do nich zależy od rodzaju fotosyntezy prowadzonej przez rośliny). Kategorie te charakteryzują się odrębnymi zakresami wartości $\delta^{13}\text{C}$ ³⁰. W skład pierwszej z nich, dominującej w środkowej Europie, wchodzi rośliny typowe dla klimatu umiarkowanego, np. zboża (pszenica, żyto), trawy, owoce i warzywa, drugiej — rośliny subtropikalne, jak sorgo, kukurydza, trzcina cukrowa oraz proso³¹. Dla dużego udziału w diecie roślin C4 charakterystyczne są wysokie wartości sygnatury $\delta^{13}\text{C}$. W literaturze wskazuje się, że na jej zmienność w obrębie roślin z grupy C3 wpływ mają dostępność wody i skład izotopowy CO_2 w atmosferze. Analiza składu izotopowego węgla pozwala także ocenić, czy pożywienie pochodziło ze środowiska lądowego, wodnego czy z obydwu³².

Proporcje izotopów azotu ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) dają natomiast odpowiedź na pytanie o poziom troficzny, do którego należał badany osobnik — czy był roślino-, mięso- czy wszystkożercą. Zwierzęta wszystkożerne (np. świnie) cechują się wyższymi sygnaturami niż roślinożercy, mniejszymi natomiast niż mięsożercy. Generalnie im wyższy poziom troficzny, tym wyższe są sygnatury i azotu, i węgla. Poziom $\delta^{15}\text{N}$ daje też podstawy do wysuwania wniosków o ilości w posiłkach produktów pochodzenia zwierzęcego (mięsa, nabiału, jajek), a także o dostarczaniu pokarmu ze środowiska wodnego lub lądowego. Co charakterystyczne podwyższonymi wartościami tego parametru cechuje się dieta bogata w ryby. Na uzyskiwane wyniki wpływ ma też zawartość azotu w glebach (skąd przyswajany jest przez rośliny), a także dostęp do wody pitnej (zależny od klimatu). Dodatkowo wysokimi poziomami $\delta^{15}\text{N}$ może skutkować długotrwałe niedożywienie, a niższe wartości charakterystyczne są dla osobników w okresie wzrostu tkanki kostnej³³.

Zbadanie składu izotopowego wapnia ($\delta^{44}\text{Ca}$) może uzupełnić dane o sposobie odżywiania w zakresie konsumpcji mleka i produktów mlecznych. Bogata w nie dieta skutkuje bowiem obniżeniem poziomu izotopowego w tkance kostnej ze względu na to, że obecny w nich wapń ma niższą wartość $\delta^{44}\text{Ca}$ niż ten zawarty w mięsie i produktach roślinnych. W przypadku dzieci wzrost poziomu izotopowego wapnia może być natomiast traktowany jako sygnał odstawie-

²⁹ Szostek K. 2009, s. 4–5, 7; Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 129–134; Stepańczak B., Szostek K. 2010a, s. 207; Pospieszny Ł., Belka Z. 2015, s. 172; Fetner R.A. 2017, s. 150.

³⁰ Wyróżniana jest też grupa CAM obejmująca rośliny tropikalne, nie mająca jednak znaczenia dla analiz dokonywanych dla terenów Europy. Przedziały wartości podawane za różnymi autorami wynoszą dla roślin C3 od –35‰ do –20‰ lub od –34‰ do –24‰, zaś dla roślin C4 od –14‰ do –9‰ lub –19‰ do –6‰ lub –16 do –7‰ (Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 130; Stepańczak B., Szostek K. 2010a; Fetner R.A. 2017, s. 151; w tych pracach starsza literatura).

³¹ Sygnały izotopowe przemawiające za udziałem w diecie popularnego u wczesnośredniowiecznych Słowian prosa odnotowano na ziemiach polskich już u osobników z okresu rzymskiego (Reitsem L.J., Kozłowski T. 2013, s. 11–14; Pospieszny Ł., Belka Z. 2015, s. 177–179).

³² Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 129–130; Fetner R.A. 2017, s. 150–152, tam literatura.

³³ Szostek K. 2009, s. 9–11; Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 131–132; Stepańczak B., Szostek K. 2010a, s. 206; Pospieszny Ł., Belka Z. 2015, s. 172; Fetner R.A. 2017, s. 153–154.

nia od piersi i przejścia na pokarm pozamatczyny³⁴. Tzw. *weaning process* diagnozowany jest jednak najczęściej przez analizę $\delta^{18}\text{O}$ w apatyście z zębów dzieci i kości dorosłych z tego samego cmentarzyska. Dorośli reprezentują inny poziom troficzny niż dziecko karmione mlekiem matki, a ich sygnał izotopowy jest niższy z powodu przyswajania tlenu z wody pitnej³⁵. Wyższe wartości w kolagenie takich dzieci — również z uwagi na miejsce w łańcuchu troficznym — przyjmować będzie stosunek izotopowy azotu ($\delta^{15}\text{N}$)³⁶.

Wyniki badań diety dawnych społeczności mogą ujawniać informacje o zróżnicowaniu ich struktury, o pewnych prawidłowościach uwarunkowanych kulturowo, gospodarce lub kontaktach handlowych. Wnioskowanie na temat pochodzenia danej grupy czy pojedynczych jej członków na podstawie tego rodzaju danych wymaga jednak bardzo dużej ostrożności, dodatkowego wsparcia się pomiarami strontu lub/i tlenu, a także uwzględnienia kontekstu archeologicznego lub/i historycznego.

III. Perspektywy zastosowania analiz trwałych izotopów w badaniach nad pochodzeniem Słowian

Zaprezentowane metody badania składu stabilnych izotopów z powodzeniem realizowane są w odniesieniu do szczątków kostnych populacji stosujących inhumację w różnych okresach prehistorii oraz w średniowieczu i nowożytności. Ze względu na obrządek pogrzebowy Słowian w starszych fazach wczesnego średniowiecza zasadne jest pytanie o szansę wdrożenia takiego narzędzia do analizy pozostałości z grobów ciałopalnych.

Trudności i ograniczenia towarzyszące badaniu stabilnych izotopów w spalonych kościach są zagadnieniem podnoszonym w literaturze specjalistycznej. Kremacja powoduje bowiem nie tylko destrukcję szkliwa, zmiany w kształcie, wielkości oraz kolorze kości i zębów, ale również prowadzi do przekształceń ich mikrostruktury i składu chemicznego³⁷. W trakcie rozmaitych badań modelowych starano się odpowiedzieć na pytanie, w jaki sposób temperatura i długość spalania wpływają na ostateczny skład izotopowy szczątków. Ustalono, iż w przypadku tlenu, węgla i azotu zmiany zachodzące w temperaturze osiąganego na stosach ciałopalnych (650°–1000°C) wykluczają wykorzystanie materiału osteologicznego do badań nad mobilnością i dietą. Skład izotopowy tych pierwiastków pozostaje niezmienny jedynie do temperatury ok. 200°C³⁸. Jednocześnie interesujących wyników dostarczyły prace dotyczące strontu. Eksperymenty z użyciem spektrometrów masowego i podczerwieni pokazały, że w czasie spalania nie dochodzi do wykrywalnych zmian stosunku $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, nawet w temperaturze powyżej 1000°C. W związku z tym skład izotopowy tego pierwiastka w kościach poddanych kremacji został wskazany jako wiarygodna podstawa do badań nad mobilnością. Potwierdzono ponadto, że w wyniku reakcji zachodzących między apatytem kostnym a innymi źródłami tlenu i węgla (np. paliwem, czyli drewnem ze stosu ciałopalnego) znacznym przekształceniom w przepalonych kościach ulegają wartości $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$. Mogą być one jednak, wraz z danymi na temat testowanych wskaźników podczerwieni, źródłem informacji o cechach stosu pogrzebowego i warunkach, w jakich zachodziło spalanie³⁹. Rezultatem eksperymentu

³⁴ Mních B., Szostek K. 2018.

³⁵ Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 133–134; Mądryk K., Noga P., Kępa M. 2013, s. 284.

³⁶ Szostek K., Stepańczak B. 2009, s. 132–133; Fetner R.A. 2017, s. 153.

³⁷ Stepańczak B., Szostek K. 2010a, s. 199–201, 208; Harbeck M. i in. 2011, s. 190–191; Snoeck C. 2014, s. 14–16; w tych pracach starsza literatura.

³⁸ Przegląd eksperymentów dotyczących $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ i $\delta^{18}\text{O}$ z wykorzystaniem kości zwierząt współczesnych lub archeofauny, zob. np. w: Stepańczak B., Szostek K. 2010a, s. 208 n., tam starsza literatura; por. też Harbeck M. i in. 2011, s. 195, 198.

³⁹ Snoeck C. 2014, s. 95–137, 207–214; por. też: Harbeck M. i in. 2011, s. 198, 199; Snoeck C. i in. 2015; Snoeck C. i in. 2016a; Snoeck C. i in. 2018, s. 2–4.

polegającego na sztucznej kontaminacji próbek było też stwierdzenie, iż silnie przepalone kości, które uległy rekrystalizacji i osiągnęły cechy porównywalne do szkliwa, są znacznie bardziej odporne na procesy zachodzące po pochówku, niż kości niespalone⁴⁰. Obiecujące wyniki dały wstępne analizy mające na celu sprawdzenie możliwości wykorzystania kości skroniowej osoby poddanej kremacji do badań $\delta^{87}\text{Sr}$, w zastępstwie ulegającego degradacji i rzadko zachowującego się szkliwa zębów⁴¹. Niedawne badania dostarczyły również przesłanek na rzecz tezy, że w przypadku przetrwania przepalone szkliwo również może służyć do wiarygodnego określenia stosunku $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ⁴².

Przegląd literatury pokazuje, że powyższe ustalenia dotyczące składu izotopowego strontu znalazły już zastosowanie w przypadku materiałów ciałopalnych o różnej chronologii, pozwalając niekiedy na sprawdzenie hipotez dotyczących pochodzenia zmarłych, wysuniętych na podstawie źródeł archeologicznych⁴³. Konstatacja ta skłania do utrzymania w polu widzenia tej kategorii znalezisk, które potencjalnie mogą stać się źródłem nowych danych dotyczących wczesnych Słowian — przy świadomości wszelkich ograniczeń i trudności wiążących się z ich zbadaniem, a następnie oceną wyników. Według wiedzy autorki, próby tego rodzaju analizy szczątków ciałopalnych przypisywanych ludności słowiańskiej nie były jeszcze podejmowane. Rozważając taką ewentualność, trzeba mieć jednak na uwadze skromną bazę źródłową, która mogłaby stać się obiektem takich prac.

Oprócz rytuału pogrzebowego, który stanowi czynnik zawężający zakres możliwych analiz, istotnym utrudnieniem jest bowiem niewielka liczba obiektów sepulkralnych łączonych ze Słowianami z najstarszego horyzontu wczesnego średniowiecza. W dorzeczu Wisły i Odry, będących newralgicznym obszarem w sporze o autochtoniczność lub napływ osadników słowiańskich do Europy Środkowej, zarejestrowano dotąd zaledwie kilka grobów w strefie związanej z kulturą praską oraz na niejednoznacznym pod względem „przynależności kulturowej” Mazowszu⁴⁴. Podobnie nieliczne znaleziska pochodzą z terytorium kultury sukowskijskiej (zaliczanej w starszej literaturze do strefy bezpochówkowej). Istnieją też tereny zupełnie pozbawione takich odkryć, jak niemal całe dorzecze Odry oraz przeważająca część Słowacji, z wyjątkiem jej ziem południowo-zachodnich⁴⁵. Liczniejsze stanowiska cmentarne znane są z obszarów położonych dalej na zachód i południowy zachód (dorzecza środkowej i górnej Łaby oraz Morawy)⁴⁶. Dużo rzadsze w porównaniu z osadami są miejsca pochówku przedstawicieli kultury praskiej w jej wschodnim zasięgu (na prawobrzeżu Dniepru)⁴⁷, jak i łączonych w literaturze archeologicznej z ludnością słowiańską kultur pieńkowskiej⁴⁸ oraz kołoczyńskiej⁴⁹. Szczątki zmarłych chowano bezpośrednio w ziemi w niewielkich jamach, w popielnicach, niekiedy sypano kurhany. Znane są znaleziska pojedynczych grobów, niewielkie cmentarzyska z kilkoma pochówkami oraz pozostałości większych nekropoli z kilku-

⁴⁰ Snoeck C. 2014, s. 205–206.

⁴¹ Harvig L. i in. 2014.

⁴² Taylor N., Frei K.M., Frei R. 2020.

⁴³ Np. Snoeck C. i in. 2016b; Price T.D. i in. 2017; Sebald S.V., Zeiler M., Grupe G. 2018; Snoeck C. i in. 2018.

⁴⁴ Parczewski M. 1988, s. 81–86; Jędrzejewska S. 2019, s. 39–40 i tab. 1; w tych pracach starsza literatura.

⁴⁵ Zoll-Adamikowa H. 1979, s. 220 i ryc. 56; Fusek G. 1994, s. 136–143; Fusek G. 2015, s. 159, ryc. 6; Dulinić M. 2001, s. 199–205; Kara M. 2009, s. 65, ryc. 1; w tych pracach starsza literatura.

⁴⁶ Zoll-Adamikowa H. 1979, s. 220–222, ryc. 56; Jelinkova D. 2015, s. 118 i ryc. 1; Profantova N. 2015, s. 98–99, ryc. 1; w tych pracach starsza literatura.

⁴⁷ Rusanova I.P. 1976, s. 42–44; Vårgej V.S. 2016, s. 20–24; w tych pracach starsza literatura.

⁴⁸ Prihodnik O.M. 1998, s. 28–33, tam starsza literatura.

⁴⁹ Oblomskij A.M. 1996, s. 104–108; Oblomskij A.M. 2016, s. 25–34; Gorunov E.A. 2004; w tych pracach starsza literatura.

dziesięcioma i zupełnie wyjątkowo kilkuset grobami. Wiele odkryć wzmiankowanych w literaturze pochodzi sprzed kilkudziesięciu lat, niekiedy dokonano ich przypadkowo, a informacje o nich w nierównym stopniu zostały wprowadzone do obiegu naukowego. W niektórych obiektach uznanych za groby nie znaleziono kości, a niejednokrotnie w opisach znalezisk sygnalizowano ich niewielką liczbę. Weryfikacji wymagałaby zatem faktyczna, obecna zawartość magazynów muzealnych.

Kolejny warunek decydujący o możliwości przeprowadzenia analizy izotopowej to stan zachowania szczątków kostnych. Niewykluczone, że weryfikacja przez specjalistów pod kątem przydatności do badań (rodzaj, stopień przepalenia, czystość) w jakimś stopniu również ograniczyłaby bazę potencjalnych próbek. Jak pokazano wyżej, elementem niezbędnym jest odniesienie wyników uzyskanych dla szczątków ludzkich do tła środowiskowego, a zatem zgromadzenie różnorodnych danych referencyjnych (z okolicy odkrycia pochówku i terenów rozpatrywanych jako potencjalne miejsce pochodzenia zmarłego), które, jak wynika z przeglądu publikacji specjalistycznych, mają na razie charakter wyrwykowy.

Zakładając optymistycznie, że jakieś materiały osteologiczne z wczesnosłowiańskich grobów ciałałpalnych udałoby się zbadać pod względem składu izotopowego strontu, interpretacja wyników w kontekście ewentualnej obcości lub lokalności testowanych osobników wymagałaby po pierwsze uwzględnienia kwestii wynikających z właściwości metody. Jak nadmieniono wcześniej, ujawnienie migrantów możliwe jest tylko w pierwszym pokoleniu przybywających na nowe terytorium. Dodatkowo, o allochtonizmie badanego mógłby zaświadczyć zachowany w zębie/zębach bądź w kości skroniowej nielokalny sygnał izotopowy, lub śmierć osobnika w nowym miejscu musiałaby nastąpić szybciej niż przebudowa składu izotopowego kości. Potencjalna migracja mogłaby nie zostać uchwycona w przypadku przywędrowania osoby z obszaru o podobnej budowie geologicznej i zakresie wartości $\delta^{87}\text{Sr}$. Przyjmując jednak, że próbka dałaby informację o obcym pochodzeniu, pod uwagę należałoby brać zapewne kilka możliwych regionów wyjściowych. Uzyskany wynik mógłby wszelako posłużyć odrzuceniu lub uprawdopodobnieniu hipotezy postawionej na podstawie przesłanek archeologicznych i historycznych. Jeśli przyjmiemy jako słuszną koncepcję o etapowym i nie mającym masowego charakteru napływie osadników przemieszczających się stopniowo na zachód i południowy zachód z terenów dzisiejszej Ukrainy i Białorusi, to rodzi się pytanie, jak duża szansa istnieje na odkrycie i zbadanie szczątków akurat tych uczestników wędrówki, niosących sygnał izotopowy z rozmaitych regionów Podnieprza. Odnosząc się do stanu rozpoznania źródeł archeologicznych z V–VII w., warto przy tym zwrócić uwagę na problem z datowaniem znalezisk z najstarszej fazy wczesnego średniowiecza (przeważnie o charakterze ramowym) i najczęściej brak wyposażenia grobowego, zwłaszcza o walorach datujących. Można jednocześnie rozważać, czy zebranie danych z różnych miejsc objętych ekspansją słowiańską nie wniosłoby nowych, choć ogólnych informacji do opartej dotąd na argumentach archeologicznych i historycznych dyskusji o kierunkach przemieszczania się osadników. Inna kwestia to czy zasadne byłoby traktowanie pojedynczych dowodów wędrówek, mogących być wyrazem indywidualnych decyzji, jako odzwierciedlenia zjawisk o szerszym wymiarze społecznym.

IV. Zakończenie

Przy dostępnym obecnie zasobie źródeł oraz w obliczu zasygnalizowanych, różnorodnych trudności i ograniczeń badania trwałych izotopów nie wydają się narzędziem, które może dostarczyć rozstrzygających argumentów na rzecz którejś z hipotez dotyczących pochodzenia Słowian. Stwarzają one jednak możliwość uzyskania informacji nieosiągalnych tradycyjnymi metodami archeologicznymi. Każda szansa opartego na analizie materiałów źródłowych wzbó-

gacenia zasobu wiedzy o kontrowersyjnym i wciąż mało poznanym etapie dziejów Słowian zasługuje zatem na zainteresowanie.

Adres Autorki:

mgr Sylwia Jędrzejewska

Instytut Archeologii Uniwersytetu Rzeszowskiego

ul. Moniuszki 10

35-015 Rzeszów

sjedrzejewska@ur.edu.pl

<https://orcid.org/0000-0002-5509-4919>

BIBLIOGRAFIA

- Baran Volodimir D. 2002. *Vitoki rann'oseredn'ovičnih slov'âns'kih kul'tur pivdenno-shidnoi Evropi*, „Arheologični doslidžennâ L'vivs'kogo universitetu”, t. 5, s. 94–114.
- Belevac Vadim G. 2019. *Issledovaniâ na seliše Jaskoviči-1 v 2018 g.: k izučeniu pamâtnikov „pred-pražskogo” gorizonta na Belorusskom Poles'e*, „Žurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriiâ”, t. 3, s. 110–145.
- Cigilik Volodimir. 2008. *Do pitannâ etnokul'turnoi situacii u verhn'omu Podnistrov'i v peršij polovini I tis. n.e.*, „Materiali i doslidžennâ z arheologii Prikarpatâ i Volini”, t. 12, s. 162–169.
- Dulnicz Marek. 2001. *Kształtowanie się Słowiańszczyzny Północno-Zachodniej. Studium archeologiczne*, Warszawa.
- Fetner Rafał A. 2017. *Dieta i status we wczesnośredniowiecznej Polsce: analiza izotopów trwałych kolagenu kostnego*, [w:] *Budowa fizyczna człowieka na ziemiach polskich wczoraj i dziś*, red. M. Koczyński, A. Siniarska, Warszawa, s. 147–159.
- Fusek Gabriel. 1994. *Slovensko vo časnoslovanskom období*, Archaeologica Slovaca Monographiae. Studia Instituti Archaeologici Nitriensis Academiae Scientiarum Slovacae, t. 3, Nitra.
- Fusek Gabriel. 2015. *Drevnee slavânskoe naselenie na territorii Slovakii*, [w:] *Slavâne na Dunae. Obretnie rodiny*, „Stratum Plus. Archeologiâ i kul'turnaâ antropologiâ”, nr 5, s. 151–162.
- Gavrituhin Igor' O. 2005. *Kompleksy pražskoj kul'tury s datiruušimi vešami*, [w:] *Archeologia o počâtkach Słowian. Materiały z konferencji, Kraków, 19–21 listopada 2001*, red. P. Kaczanowski, M. Parczewski, Kraków, s. 403–462.
- Gavrituhin Igor' O. 2009. *Ponâtie pražskoj kul'tury*, [w:] *Složenie russkoj gosudarstvennosti v kontekste rannesrednevekovoj istorii Starogo Sveta: materialy meždunarodnoj konferencii, sostoâvšijsâ 14–18 maâ 2007 goda v Gosudarstvennom Ermitaže*, red. B.S. Korotkevič, D.A. Mačinskij, T.B. Seničenkova, Trudy Gosudarstvennogo Ermitaža, t. 49, Sankt-Peterburg, s. 7–25.
- Godłowski Kazimierz. 2000. *Z badań nad zagadnieniem rozprzestrzenienia Słowian w V–VII w. n.e.*, [w:] K. Godłowski, *Pierwotne siedziby Słowian. Wybór pism*, red. M. Parczewski, Kraków, s. 107–169 (pierwodruk w 1979 r.).
- Gorunov Evgenij A. 2004. *Mogil'niki koločinskoj kul'tury*, [w:] *Kul'turne transformacii i vzaimovliâniâ v Dneprovskom regione na ishode rimskogo vremeni i v rannem Srednevekov'e. Doklady naučnoj konferencii posvâšennoj 60-letiu so dnâ roždieniâ E. A. Gorunova (Sankt-Peterburg, 14–17 noâbrâ 2000 g.)*, red. V.M. Gorunova, O.A. Šeglova, Trudy, t. 11, Sankt-Peterburg, s. 10–17.
- Harbeck Michaela, Schleuder Ramona, Schneider Julius, Wiechmann Ingrid, Schmahl Wolfgang W., Grupe Gisela. 2011. *Research potential and limitations of trace analyses of cremated remains*, „Forensic Science International”, t. 204, z. 1–3, s. 191–200.
- Harvig Lise, Frei Karin M., Price T. Douglas, Lynnerup Niels. 2014. *Strontium isotope signals in cremated petrous portions as indicator for childhood origin*, „PLoS ONE”, t. 9 (7): e101603, s. 1–5.
- Hoefs Jochen. 2009. *Stable isotope geochemistry*, wyd. 6, Berlin (pierwodruk w 1973 r.).

- Jażdżewski Konrad. 1982. *Jak patrzeć na zasiedloność i na rozprzestrzenienie Słowian w Europie środkowej i środkowo-wschodniej w starożytności i w początkach wczesnego średniowiecza*, Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, nr 27, Łódź, s. 195–213.
- Jelinkova Dagmar. 2015. *K izučeníu kul'tury s keramikoj pražského tipa na territorii Moravii: formirovanie i osobennosti*, [w:] *Slavâne na Dunae. Obretenie rodiny*, „Stratum Plus. Arheologičã i kul'turnaã antropologičã”, nr 5, s. 117–150.
- Jędrzejewska Sylwia. 2019. *Południowo-wschodnia strefa osadnictwa wczesnosłowiańskiego w Polsce. Stan rozpoznania źródeł archeologicznych*, [w:] *Pogranicza w polskich badaniach mediewistycznych*, red. A. Janeczek, M. Parczewski, M. Dzik, Materiały V Kongresu Mediewistów Polskich, t. 3, Rzeszów, s. 13–53.
- Kara Michał. 2009. *Najstarsze państwo Piastów — rezultat kontynuacji czy przełomu? Studium archeologiczne*, Poznań.
- Kostrzewski Józef. 1961. *Zagadnienie ciągłości zaludnienia ziem polskich w pradziejach (od połowy II tysiąclecia p.n.e. do wczesnego średniowiecza)*, Prace Komisji Archeologicznej, t. 4, z. 3, Poznań.
- Kozak D. 2008. *Venedi, Kiiv*.
- Leciejewicz Lech. 2005. *Starożytna spuścizna kulturowa na ziemiach polskich w początkach średniowiecza*, [w:] *Archeologia o początkach Słowian. Materiały z konferencji, Kraków, 19–21 listopada 2001*, red. P. Kaczanowski, M. Parczewski, Kraków, s. 243–252.
- Lisowska-Gaczorek Aleksandra, Cienkosz-Stepańczak Beata, Szostek Krzysztof. 2017. *Oxygen stable isotopes variation in water precipitation in Poland — anthropological applications*, „Anthropological Review”, t. 80, z. 1, s. 57–70.
- Lisowska-Gaczorek Aleksandra, Tomczyk Jacek, Szostek Krzysztof. 2018. *Kości jako źródło wiedzy o diecie i mobilności organizmu — izotopowe badania modelowe*, [w:] *Mineralizacja tkanki kostnej i jej uwarunkowania w różnych etapach ontogenezy*, red. M. Łopuszańska-Dawid, A. Kopiczko, J. Charzewska, Warszawa, s. 8–21.
- Magomedov Boris. 2001. *Černáhovskaã kul'tura. Problema etnosa*, Monumenta Studia Gothica, t. 1, Lublin.
- Mądrzyk Katarzyna, Noga Patrycja, Kepa Małgorzata. 2013. *Tlen: daje życie i mówi o życiu — wykorzystywanie trwałych izotopów tlenu w antropologii*, „Wszechświat”, t. 114, nr 8–9, s. 282–284.
- Milán Taras. 2006. *Pam'âtki z risami perehidnogo periodu*, „Visnik Institutu arheologii”, t. 1, s. 27–38.
- Miśkiewicz Krzysztof. 2004. *Izotopy trwale „liniami papilarnymi” przyrody*, „Wszechświat”, t. 105, nr 7–9, s. 176–181.
- Mnich Barbara, Szostek Krzysztof. 2018. *Izotopy wapnia: nowe światło w badaniach antropologicznych*, [w:] *Stary materiał — nowe spojrzenie*, red. W. Dzieduszycki, J. Wrzesiński, Funeralia Lednickie. Spotkanie 20, Poznań, s. 133–139.
- Oblomski Andrej M. 1996. *Koločinskaã kul'tura*, [w:] I.O. Gavrituhin, A.M. Oblomskij, *Gaponovskij klad i ego kul'turno-istoričeskij kontekst*, Ranneslavânskij mir, t. 3, Moskwa, s. 96–108.
- Oblomskij Andrej M. 2007. *Formirovanie koločinskoj i pen'kovskoj kul'tur*, [w:] *Vostočnaã Evropa v seređine I tysãčelietã n.e.*, red. I.O. Gavrituhin, A.M. Oblomskij, Ranneslavânskij mir, t. 9, Moskwa, s. 28–30.
- Oblomskij Andrej M. 2016. *Koločinskaã kul'tura*, [w:] *Rannesrednevekovye drevnosti lesnoj zony Vostočnoj Evropy (V–VII vv.)*, red. A.M. Oblomskij, I.V. Islanova, Ranneslavânskij mir, t. 17, Moskwa, s. 10–113.
- Parczewski Michał. 1988. *Najstarsza faza kultury wczesnosłowiańskiej w Polsce*, Kraków.
- Parczewski Michał. 2005. *Podstawy lokalizacji pierwotnych siedzib Słowian*, [w:] *Archeologia o początkach Słowian. Materiały z konferencji, Kraków, 19–21 listopada 2001*, red. P. Kaczanowski, M. Parczewski, Kraków, s. 63–78.
- Pospieszny Łukasz, Bełka Zdzisław. 2015. *Dieta i mobilność u schyłku starożytności. Szczątki ludzkie z cmentarzyska w Karczynie/Witowach stan. 21/22 w świetle badań izotopowych*, [w:] *Karczyn/Witowy stan. 21/22. Birytualne cmentarzyska kultury przeworskiej z Kujaw*, red. A. Romańska, J. Bednarczyk, Studia i Materiały do Dziejów Kujaw, t. 12, Poznań–Inowrocław, s. 171–187.

- Price T. Douglas, Arcini Caroline, Gustin Ingrid, Drenzel Leena, Kalmring Sven. 2017. *Isotopes and human burials at Viking Age Birka and the Mälaren region, east central Sweden*, „Journal of Anthropological Archaeology”, t. 49, s. 19–38.
- Prihodnik Oleg M. 1998. *Pen'kovskaâ kul'tura. Kul'turno-hronologičeskij aspekt issledovaniâ*, Voronež.
- Profantova Nada. 2015. *Slavâne na territorii Čehii i ih kontakty v VI–VII vv.*, [w:] *Slavâne na Dunae. Obretnie rodiny*, „Stratum Plus. Arheologiči i kul'turnâ antropologiči”, nr 5, s. 97–116.
- Reitsema Laurie J., Kozłowski Tomasz. 2013. *Diet and society in Poland before the state: stable isotope evidence from a Wielbark population (2nd c. AD)*, „Anthropological Review”, t. 76, z. 1, s. 1–22.
- Rusanova Irina P. 1976. *Slavânskie drevnosti VI–VII vv. Kul'tura pražskogo tipa*, Moskva.
- Sebald Sidney V., Zeiler Manuel, Grupe Gisela. 2018. *Provenance analysis of human cremations by $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios: migration into an Iron Age mining region in North-Rhine Westphalia*, „Open Journal of Archaeometry”, t. 4, nr 1, s. 6–12.
- Sedov Valentin V. 2002. *Slavâne. Istoriko-arheologičeskoe issledovanie*, Studia historica, Moskva.
- Sehrawat Jagmahebdar S., Kaur Jaspreet. 2017. *Role of stable isotope analyses in reconstructing past life-histories and the provenancing human skeletal remains: a review*, „Anthropological Review”, t. 80, z. 3, s. 243–258.
- Slovak Nicole M., Paytan Adina. 2012. *Applications of Sr isotopes in archaeology*, [w:] *Handbook of environmental isotope geochemistry*, red. M. Baskaran, Advances in Isotope Geochemistry, Berlin, s. 743–768.
- Snoeck Christophe. 2014. „A burning question: structural and isotopic analysis of cremated bone in archaeological contexts”, Oxford, <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:0e08ba32-1f9a-4b3c-afc4-86b99acefb69> (dostęp 10.05.2020).
- Snoeck Christophe, Lee-Thorp Julia A., Schulting Rick J., de Jong Jeroen Deboewe Wendy, Mattielli Nadine. 2015. *Calcined bone provides a reliable substrate for strontium isotope ratios as shown by an enrichment experiment*, „Rapid Communications in Mass Spectrometry”, t. 29, z. 1, s. 107–114.
- Snoeck Christophe, Schulting Rick J., Lee-Thorp Julia A., Lebon Matthieu, Zazzo Antoine. 2016a. *Impact of heating conditions on the carbon and oxygen isotope composition of calcined bone*, „Journal of Archaeological Science”, t. 65, s. 32–43.
- Snoeck Christophe., Pouncett John, Ramsey Greer, Meighan Ian G., Mattielli Nadine, Goderis Steven, Lee-Thorp Julia A., Schulting Rick J. 2016b. *Mobility during the Neolithic and Bronze Age in Northern Ireland explored using strontium isotope analysis of cremated human bone*, „American Journal of Physical Anthropology”, t. 160, s. 397–413.
- Snoeck Christophe, Pouncett John, Claeys Philippe, Goderis Steven, Mattielli Nadine, Parker Pearson Mike, Willis Christie, Zazzo Antoine, Lee-Thorp Julia A., Schulting Rick J. 2018. *Strontium isotope analysis on cremated human remains from Stonehenge support links with west Wales*, „Scientific Reports”, t. 8, art. 10790, s. 2–8.
- Snoeck Christophe, Ryan Saskia, Pouncett John, Pellegrini Maura, Claeys Philippe, Wainwright Ashlea N., Mattielli Nadine, Lee-Thorp Julia A., Schulting Rick J. 2020. *Towards a biologically available strontium isotope baseline for Ireland*, „Science of the Total Environment”, t. 712, art. 136248, s. 1–10.
- Stepańczyk Beata, Szostek Krzysztof. 2010a. *Stable isotopes as a fingerprint of human behaviour — analysis of human archaeological cremains: problems and perspectives*, [w:] *Migration in Bronze and Early Iron Age Europe*, red. K. Dziegielewska, M.S. Przybyła, A. Gawlik, Prace Archeologiczne, t. 63. Studia, Kraków, s. 197–218.
- Stepańczyk Beata, Szostek Krzysztof. 2010b. „...i w proch się obrócisz” — osiągnięcia w badaniu procesów diagenetycznych w aspekcie analiz stabilnych izotopów tlenu, [w:] *Tak więc po owocach poznać ich*, red. W. Dzieduszycki, J. Wrześniński, Funeraria Lednickie. Spotkanie 12, Poznań, s. 95–106.
- Stepańczyk Beata, Szostek Krzysztof, Pawlyta Jacek. 2014. *The human bone oxygen isotope ratio changes with aging*, „Geochronometria”, t. 41, z. 2, s. 147–159.

- Szczepanek Anita, Belka Zdzisław, Jarosz Paweł, Pospieszny Łukasz, Dopieralska Jolanta, Frei Karin M., Rauba-Bukowska Anna, Werens Karolina, Górski Jacek, Hozer Monika, Mazurek Mirosław, Włodarczak Piotr. 2018. *Understanding Final Neolithic communities in south-eastern Poland: New insights on diet and mobility from isotopic data*, „PLoS ONE”, t. 13 (12): e0207748, s. 1–22.
- Szostek Krzysztof. 2009. *Chemical signals and reconstruction of life strategies from ancient human bones and teeth — problems and perspectives*, „Anthropological Review”, t. 72, z. 1, s. 3–30.
- Szostek Krzysztof, Mądrzyk Katarzyna, Cienkosz-Stepańczak Beata. 2015. *Strontium isotopes as an indicator of human migration — easy questions, difficult answers*, „Anthropological Review”, t. 78, z. 2, s. 133–156.
- Szostek Krzysztof, Stepańczak Beata. 2009. *Zastosowanie analizy stabilnych izotopów w antropologii — wstępne wyniki badań*, [w:] *Metody. Źródła. Dokumentacja*, red. W. Dzieduszycki, J. Wrzesiński, Funeralia Lednickie. Spotkanie 11, Poznań, s. 125–140.
- Taylor Nicole, Frei Karin M., Frei Robert. 2020. *A strontium isotope pilot study using cremated teeth from the Vollmarshausen cemetery, Hesse, Germany*, „Journal of Archaeological Science: Reports”, t. 31, art. 102356, s. 1–10.
- Terpilovskij Rostislav V. 2004. *Slavâne Podneprov’â v pervoj polovine I tysâčeletiâ n.e.*, Monumenta Studia Gothica, t. 3, Lublin.
- Terpilovskij Rostislav V. 2008. *Novye pamâtniki III–V vv. v Severo-Vostočnoj Ukraine*, [w:] *Trudy II (XVIII) vserossijskogo arheologičeskogo s’ezda v Suzdale*, t. 2, red. A.P. Derevânko, N.A. Makarov, Moskva, s. 297–299.
- Vârgej Valentina S. 2005. *Praŝkaâ kul’tura v Belarusi*, [w:] *Archeologia o początkach Słowian. Materiały z konferencji, Kraków, 19–21 listopada 2001*, red. P. Kaczanowski, M. Parczewski, Kraków, s. 487–502.
- Vârgej Valentina S. 2008. *Belorusskoe Poles’ie v rimskij period i v načale epohi velikogo pereseleniâ narodov*, [w:] *Lesnaâ i lesostepnaâ zony vostočnoj Evropy v epohi rimskih vliânij i velikogo pereseleniâ narodov*, t. 1, red. A.N. Naumov, Tula, s. 238–255.
- Vârgej Valentina S. 2016. *Sučasny stan i problemy dasledavannâ praŝkaj kul’tury ũ Belarusi*, [w:] *Slavâne na territorii Belarusi v dogosudarstvennyj period. K 90-letiu co dnâ roŝdeniâ doktora istoričeskich nauk, professora Leonida Davydoviča Pabolâ*, t. 2, red. O.N. Levko, V.G. Belevce, Slavânskie drevnosti Belarusi, Minsk, s. 14–61.
- Vinokur Ion S. 2000. *Černâhivs’ka kul’tura: vitoki i dolâ, Kam’â nec’-Podil’skij*.
- Zieliński Mateusz, Dopieralska Jolanta, Belka Zdzisław, Walczak Aleksandra, Siepak Marcin, Jakubowicz Michał. 2016. *Sr isotope tracing of multiple water sources in a complex river system, Noteć River; central Poland*, „Science of the Total Environment”, t. 548–549, s. 307–316.
- Zieliński Mateusz, Dopieralska Jolanta, Belka Zdzisław, Walczak Aleksandra, Siepak Marcin, Jakubowicz Michał. 2017. *The strontium isotope budget of the Warta River (Poland): Between silicate and carbonate weathering, and anthropogenic pressure*, „Applied Geochemistry”, t. 81, s. 1–11.
- Zieliński Mateusz, Dopieralska Jolanta, Belka Zdzisław, Walczak Aleksandra, Siepak Marcin, Jakubowicz Michał. 2018. *Strontium isotope identification of water mixing and recharge sources in a river system (Oder River, central Europe): A quantitative approach*, „Hydrological Processes”, t. 32, z. 16, s. 2597–2611.
- Zoll-Adamikowa Helena. 1979. *Wczesnośredniowieczne cmentarzyska ciałopalne Słowian na terenie Polski. Cz. II. Analiza. Wnioski*, Wrocław–Warszawa.

Analyses of stable isotopes and the problem of the origin of the Slavs.
An outline of methods and research perspectives

Analyses of stable isotopes are among the newest methods applied with success in research on the origin and mobility of pre-historic and historic populations. The article presents the prospects of their application to early-mediaeval remains attributed to the Slavs and their potential contribution to the ongoing discussion on the ethnogenesis of this group. This presentation is preceded with a general outline of analyses of stable isotopes and of the conditions of their application. In connection with Slavic burial rites the article also mentions current views on the possibility of applying this method to cremated remains.

Proofread by
Izabela Szymańska