

Dodatnie anomalie izotopów promieniotwórczych ^{238}U , ^{232}Th i ^{40}K w strefie paleozoicznego uskoku mójczańskiego w Górach Świętokrzyskich

Bolesław J. Kowalski*, Ireneusz J. Olszak**

Anomalies in concentrations of the ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K radionuclides in the Palaeozoic Mójcza fault zone from the Holy Cross Mountains (Central Poland). Pr. Geol., 492–497.

Summary. All the morphological, stratigraphical, and structural geology studies seem to indicate a neotectonic and Recent tectonic activity of the Variscan Mójcza reverse fault from the Palaeozoic core of the Holy Cross Mountains, a marginal zone of the Chęciny–Klimontów anticlinorium. In the subsurface sediments of the very fault zone, the concentrations of the ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K radionuclides are higher, even five times, than the average concentrations in the coeval strata from the Holy Cross Mountains and Poland. These concentrations of radionuclides seem to be connected with juvenile or relic waters migrating toward the Earth surface through a system of deep fault fissures rejuvenated due to neotectonic and Recent tectonic activity. Enrichment in concentrations of the radionuclides is suggested to have occurred in the deep zone of the Late Palaeozoic diabase and lamprophyre intrusions. The results raise a question whether positive anomalies (enrichment) in concentrations of radionuclides in terrigenous sediments near ancient faults might be a new evidence, apart from classical ones, for the Recent reactivation of faults.

Key words: Holy Cross Mountains, Mójcza Range, Mójcza fault, contemporaneous fault reactivation, ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K radionuclides

W strukturze trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich powszechnie są uskoki. Są to przeważnie uskoki waryscyjskie, ale niektóre z nich mogą mieć założenia starsze — kaledońskie (Mizerski & Orłowski, 1993; Kowalczewski & Kowalski, 2000; Mizerski, 1991, 2000). Mają one zwykle zróżnicowany, często zmienny kąt upadu oraz kierunek i zwrot ruchu uskokowego, jak również podłużny, poprzeczny i skośny przebieg względem paleozoicznych kierunków tektonicznych podłoża. Nadają one fałdowemu, paleozoicznemu górotworowi świętokrzyskiemu charakter zrębowy, zarówno w skali regionalnej jak i lokalnej.

W ostatnich latach niejednokrotnie zwracano uwagę, że niektóre z tych uskoków, położone w strefach granicznych głównych jednostek strukturalnych Gór Świętokrzyskich, mogą wykazywać — zgodnie z podstawami teoretycznymi sformułowanymi przez Jaroszewskiego (1994) — przejawy neotektonicznej, a nawet współczesnej aktywności o pionowej, pionowo-poziomej lub rzadziej poziomej składowej przemieszczeń (Kowalski, 1996, 1997, 1998, 2000a, b). Są też sporadyczne sytuacje odzwierciedlania się niektórych uskoków w rzeźbie terenu skarpami uskokowymi, wzdłuż których odnotowano pionową zmianę wyjściową pozycji jednowiekowych osadów czwartorzędowych (Kowalski, 1998, 2000a). Spotykane są również przypadki, że w strefach uaktywnionych uskoków dochodzi do defleksji sieci drenażu (Kowalski, 1995, 2002b), występuje ponadto wzmoczona aktywność destrukcji egzogenicznej (Kowalski, 1996). Świadczą o tym spotykane rozdoły, deprze i wąwozy ze śladami w ich dnach świeżych bruzd erozyjnych z progami regresyjnymi i kociołkami eworsyjnymi (ryc. 1), stożki proluwialne u wylotu dolinek zawieszonych na skarpach uskokowych ponad dnami walnych dolin (ryc. 2) oraz na stokach spłukiwanie powierzchniowe, a u podstawy krawędzi — agradacja deluwialna (ryc. 3).

Natomiast w obrębie wiszących i elewowanych współcześnie skrzydeł uskokowych, występują z reguły wypukłe profile stokowe oraz silnie zeolizowane piaski fluwialne, fluwio-glacialne czy też deluwialne (Jaśkowski, 1999; Kowalski, 1996). Z kolei w zasięgu zrzuconych skrzydeł tych uskoków rozwijają się często mokradła i

nawet zatorfienia (Sołtysik, 2000, 2001; Kowalski, 2000, 2002b). Ponadto w północnej brzeżnej strefie bloku Otracza, na przecięciu dużych uskoków, odnotowano w 1932 r. ognisko trzęsienia ziemi o sile 4 stopni w skali Richtera (Janczewski, 1932), którego hipocentrum zostało wyznaczone na głębokości około 10 km. Trzęsienia ziemi w innych obszarach Gór Świętokrzyskich o magnitudzie 2,5–3,0 były także rejestrowane w latach: 1985, 1986, 1987, 1991 i 1993 (Arch. trzęsień ziemi w Polsce za lata 1989–1991 na serwerze: *IRIS Data Management Center* oraz podobne archiwum za lata 1950–1997 na serwerze: *Prototype International Data Center*).

W osadach bezpośredniej strefy niektórych uskoków trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich (uskoki: mójczański, Pawełkowej Wywary, Bukówki), wykazujących przejawy współczesnej aktywności, odnotowano podwyższoną koncentrację naturalnych izotopów promieniotwórczych: ^{238}U , ^{232}Th i ^{40}K oraz w pojedynczych przypadkach — ^{226}Ra (Kowalski, 2001). Zakładając, że zjawisko to może mieć związek z tendencjami uskoków do odnawiania, poddano strefę jednego z takich uskoków — uskoku mójczański — szczegółowszej analizie w zakresie stężenia izotopów w przypowierzchniowym profilu pionowym naduskokowych osadów detrytycznych (ryc. 4). Celem artykułu jest zatem, prócz zaprezentowania argumentacji geologiczno-geomorfologicznej wskazującej na młodą reaktywację uskoku mójczańskiego, próba znalezienia odpowiedzi na pytanie, czy podwyższona koncentracja radionuklidów w osadach przypowierzchniowych bezpośredniej strefy tego uskoku może mieć związek z jego ewentualną neotektoniczną i współczesną aktywnością?

Geologia i odmiana kinematyczna uskoku

Uskok mójczański jest położony w zachodniej części trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich, związanej ze strefą północną — brzeżną antyklinorium chęcino-klimontowskiego (ryc. 4B, D). Należy on do wiązki zrzutowych dyslokacji diagonalnych typu odwróconego, wyróżnionych tu przez Czarnockiego (1961) i zaktualizowanych w obrazie kartograficznym przez Tomczyka (1974). Opisujący uskoku izoluje wschodni odcinek antykliny dymińskiej, który został zrotowany w płaszczyźnie horyzontalnej i tworzy obecnie antyklinalny blok mójcza-

*Instytut Geografii, Akademia Świętokrzyska, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce

**Uniwersytet Gdański, ul. Dmowskiego 16a, 80-952 Gdańsk

ński o przebiegu osi NNW–SSE, od jej odcinka zachodniego o przebiegu W–E (ryc. 4D, C). Uskok ten jest jednocześnie zachodnią granicą tego bloku, będącego jego skrzydłem wiszącym zbudowanym z różnych litofacjalnie ogniw kambru, ordowiku i syluru (ryc. 4D). Natomiast w krajobrazie z tym uskokiem jest związana, niezależnie od odporności skał na destrukcję, bardzo czytelna, prostoliniowa skarpa uskokowa o wysokości względnej 2,0–3,0 m (ryc. 5). Po stronie zachodniej uskoku, w jego skrzydle zrzuconym, występują osady środkowego dewonu przykryte 6–12 metrową serią gliny stokowej, warstwowanej, zdeformowanej postsedymencie i nadbudowanej piaskami deluwialnymi (ryc. 6). W skrzydle wiszącym uskoku niewielki pakiet tej gliny został wciągnięty w zwietrzelinę skał paleozoicznych strefy między sąsiadującymi z sobą wąskimi blokami uskokowymi. Nie stwierdzono tutaj natomiast, ani w strefie bezpośredniej uskoku, ani też w oddaleniu od niego — co jest ważne ze względu na koncentrację badanych izotopów — powierzchniowego lub wglębnego zalegania gliny lodowcowej.

W wykonanym pod wodociąg wykopie o głębokości ponad 3 m, który przecina w poprzek strefę odwróconego uskoku mójczańskiego, widać wyraźnie jak na glinę stokową skrzydła zrzuczonego są nasunięte ku zachodowi wąskie bloki uskokowe ordowickich piaskowców,



Ryc. 1. Aktywna bruzda erozyjna w dnie debrzy rozwiniętej w elewowanym skrzydła uskoku środkowej Lubrzanki

Fig. 1. Active erosional through at the bottom of a gill developed in the upcast wing of the middle Lubrzanka valley fault



Ryc. 2. Stożek proluwialny u wylotu zawieszono odcinka debrzy na wschodniej krawędzi elewowanego skrzydła uskoku środkowej Lubrzanki

Fig. 2. Wash-out cone in the undercut outlet gill in eastern part of the upcast wing in the middle Lubrzanka valley fault

budujących m. in. jego skrzydło wiszące (przekop A–C na ryc. 6). Bloki te są przeważnie o kształcie klinów zwężających się ku dołowi. Podobne nasunięcie bloków uskokowych w kierunku zachodnim na glinę stokową, wynoszące na linii W–E co najmniej 10 m, jest widoczne w wykopie pod fundament budynku mieszkalnego, położony zaledwie 25 m na południe od wykopu pod wodociąg (ryc. 7). Zaobserwowane i udokumentowane graficznie nasunięcia potwierdzają inwersyjny charakter uskoku mójczańskiego, dostrzeżony przez wcześniejszych badaczy (Czarnecki, 1961; Tomczyk, 1974), jak również jego tendencje do neotektonicznej i współczesnej reaktywacji. Nie wykluczone, że postać bloków w skrzydle wiszącym i powstała sytuacja strukturalna w ich otoczeniu mogą wskazywać na ewentualne aktywizowanie się uskoku w transpresyjnym — przesuwczo-zbieżnym polu naprężeń.

Oznaczony termoluminescencyjnie (Laboratorium TL Uniwersytetu Gdańskiego) wiek bezwzględny gliny stokowej (11 próbek) na głębokości 1–2 m, pobranej w wykopie pod wodociąg i szurfach (stanow. A–G na ryc. 6), zamyka się w przedziale: $23,0 \pm 3,4$ – $29,4 \pm 4,4$ ka BP. U podstawy krawędzi uskokowej w stanowisku C (ryc. 6) wiek gliny oscyluje w przedziale czasowym: $22,7 \pm 3,9$ – $25,7 \pm 3,4$ ka BP. Natomiast na zachód od wzmiankowanej krawędzi jej wiek sukcesywnie wzrasta i w oddaleniu około 200 m przekracza nawet $>63,0$ ka BP. Panuje więc tu zasada, że glina ta jest młodsza, im zalega bliżej krawędzi uskokowej. Z kolei wiek tej gliny w 4 próbkach pobranych pod blokami uskokowymi piaskowców ordowickich, odsłoniętych w głębokim do 5 m wykopie pod fundament budynku, obejmuje przedział czasowy: $32,6 \pm 4,9$ – $111,3 \pm 16,7$ ka BP (ryc. 7). W odsłonięciu tym następuje obniżanie wieku TL gliny, poczynając od bloków wewnętrznych ku blokom zalegającym w strefie zewnętrznej skrzydła wiszącego, a więc w kierunku zachodnim ku krawędzi uskokowej i jej przedpola ze skrzydłem zrzuconym.

Z uzyskanych oznaczeń chronostratygraficznych wynika, że glina stokowa w obrębie skrzydła zrzuczonego uskoku mójczańskiego, u podstawy jego krawędzi uskokowej, była odkładana podczas wszystkich stadiałów i interstadiałów wistulianu, zgodnie z opracowanymi przez Lindnera (1987b) dla czwartorzędu Polski założeniami koncepcyjnymi jednostek chrono- i litostratygraficznych. Z kolei przekraczające zaleganie bloków uskokowych w kie-



Ryc. 3. Agradacja deluwialna u wschodniej podstawy elewowanego skrzydła uskoku środkowej Lubrzanki

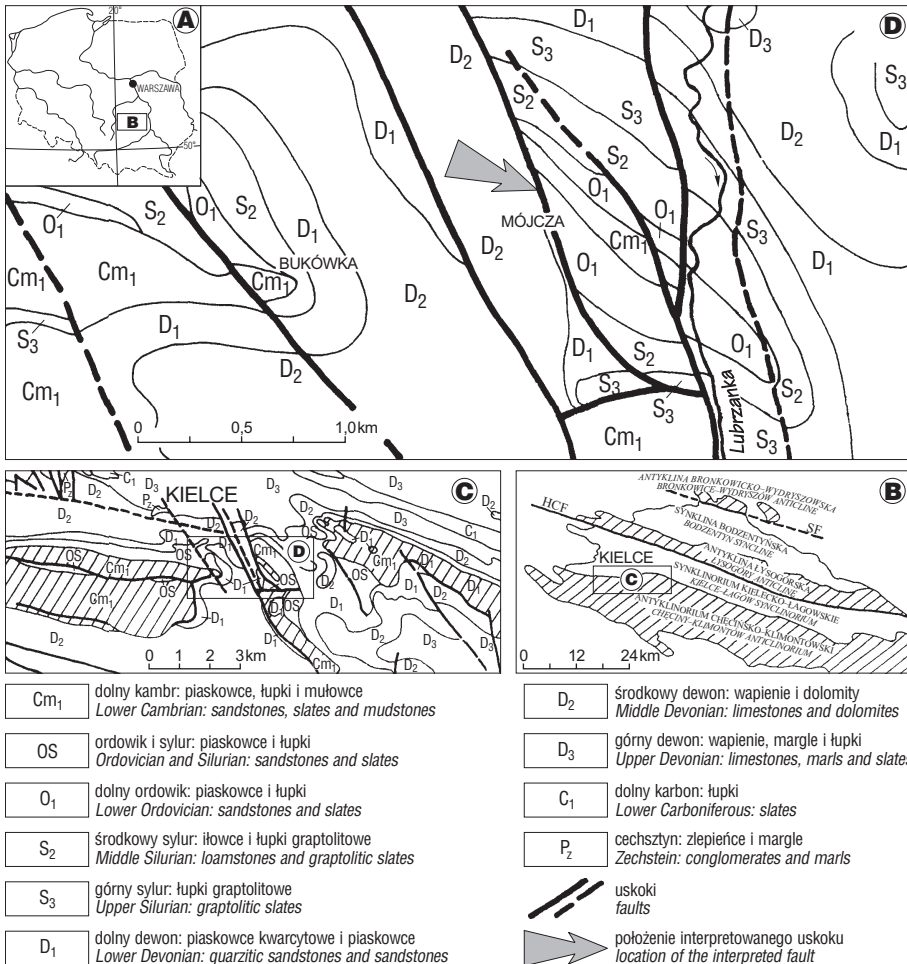
Fig. 3. Deluvial aggradation in eastern part of the upcast wing base in the middle Lubrzanka valley fault

runku zachodnim na coraz młodszych ogniwach gliny stokowej, może tu wskazywać na synchroniczność procesu odkładania tej gliny z neotektonicznymi ruchami nasuwczymi, będącymi na przestrzeni vistulianu dynamicznym przejawem reaktywacji odwróconego uskoku mójczańskiego. To spostrzeżenie potwierdzają także, na bezpośrednim przedpolu krawędzi uskoku, odsłonięte powierzchniowo ogniwa

gliny młodszej oraz jej starsze odpowiedniki facjalne w nieco większym oddaleniu od tej krawędzi (ryc. 6). Wydaje się też prawdopodobne, że naprężenia w górotworze reaktywujące uskoku działały w holocenie i nawet współcześnie. Wskazuje na to zjawisko rejestrowanych w sąsiedztwie trzęsień ziemi, jak również silne, współczesne zbrekconowanie litych skał podłoża w strefie przyuskokowej oraz proces ich rozpulchniania z czytelnymi formami powierzchniowych struktur pęcznienia relaksacyjnego. Całej strefie towarzyszą, niezależnie od jej przykulinacyjnego położenia na obsekwentnym stoku Pasma Mójczańskiego, jak i stanów pogodowych oraz pory roku, wysięki wody. Wysięki te na stoku są znaczone roślinnością charakterystyczną dla mokrych siedlisk (ryc. 8), pośród której dominuje rozpięchły (*Juncus effusus*).

Metoda oznaczenia izotopów

Stężenie wytypowanych do analizy izotopów w strefie uskoku mójczańskiego oznaczono w Laboratorium Termoluminescencji Uniwersytetu Gdańskiego, metodą zmodyfikowaną przez Fedorowicza i Olszaka (1985), a uzyskane wyniki zweryfikowano w podobnym laboratorium Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach. Do oznaczeń został użyty Miernik Promieniotwórczości Naturalnej MAZART-95 z sondą scyntylacyjną SSU-70-2, wyposażoną w kryształ NaI/Tl i kalibracyjne źródło izotopowe Cs-137. Aby uniknąć wpływu zanieczyszczeń z powietrza atmosferycznego na rejestrowaną naturalną promieniotwórczość, próbki do oznaczeń pobrano w profilu poprzecznym z głębokości 0,5–1,2 m i 1,5–2,0 m w wykopie A–C i szurfach D–G (ryc. 6) oraz z głębokości 1–4 m w wykopie pod fundament budynku (ryc. 7). Wyniki zawartości naturalnych radionuklidów w Bq/kg



Ryc. 4. Szkic geologiczny obszaru badań (D) i jego położenie na tle budowy geologicznej zachodniej części antyklinorium chęcinańsko-klimontowskiego (C) oraz paleozoicznego trzonu Gór Świętokrzyskich (B) i Polski (A). Geologia na szkicu D wg Tomczyka (1974), na szkicu C wg Czarnockiego (1961)

Fig. 4. Geological sketch of the study area (D) and its situation against the geological structure of western part of the Chęciny–Klimontów anticline (C), and the palaeozoic structure of the Holy Cross Mts. (B) and Poland (A). Geological structure in the sketch D — after Tomczyk (1974), geological structure in the sketch C — after Czarnocki (1961)

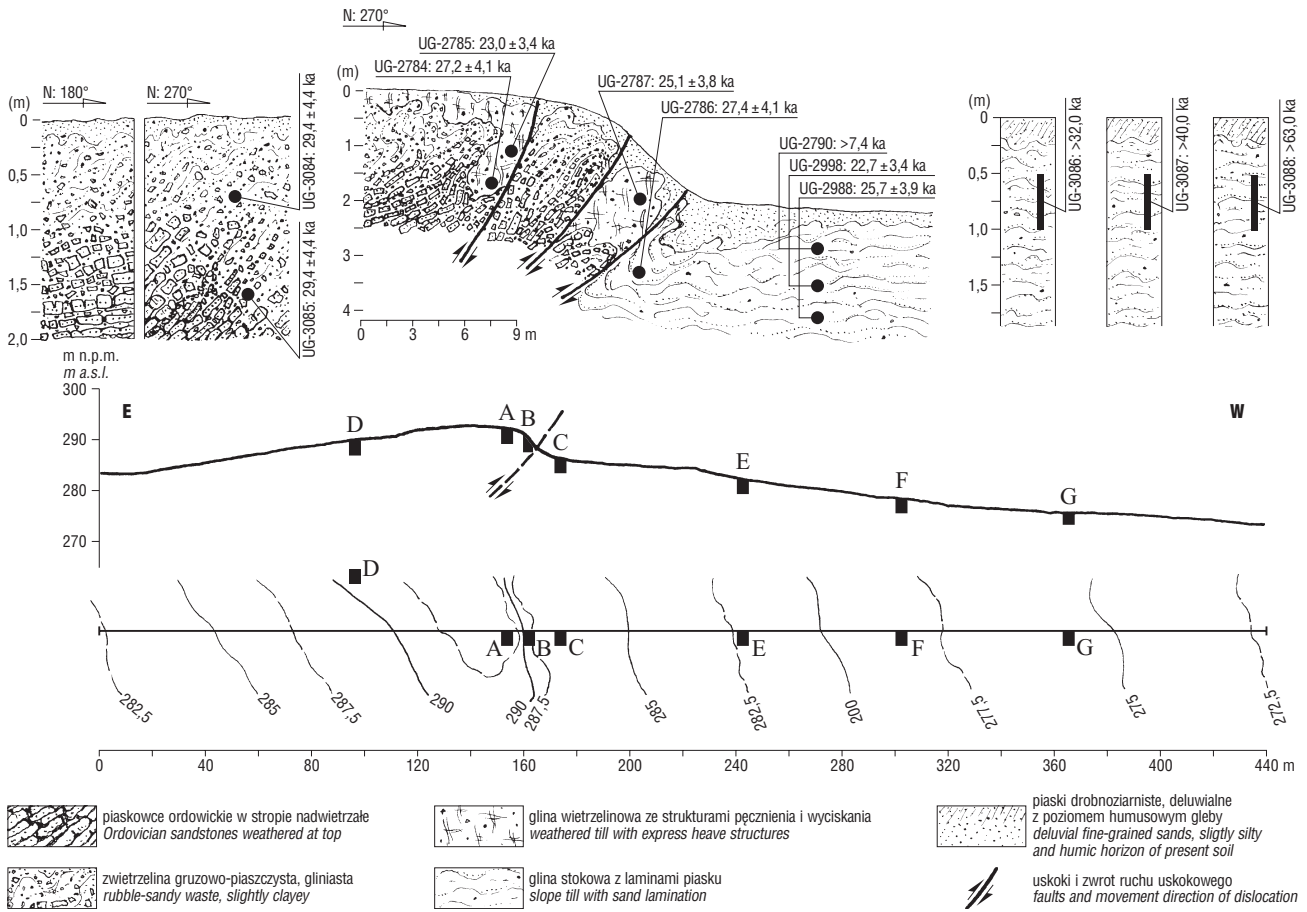


Ryc. 5. Skarpa uskokuwa odmłodzonego współcześnie uskoku mójczańskiego. Widok od zachodu
Fig. 5. Fault scarp of the presently reactivated Mójcza upcast. View from the west

przedstawiono na przekrojach poprzecznych przez strefę uskoku w postaci krzywych koncentracji na tle ich przeciętnej zawartości podanej przez Jagielaka i in. (1998) dla regionu świętokrzyskiego i Polski.

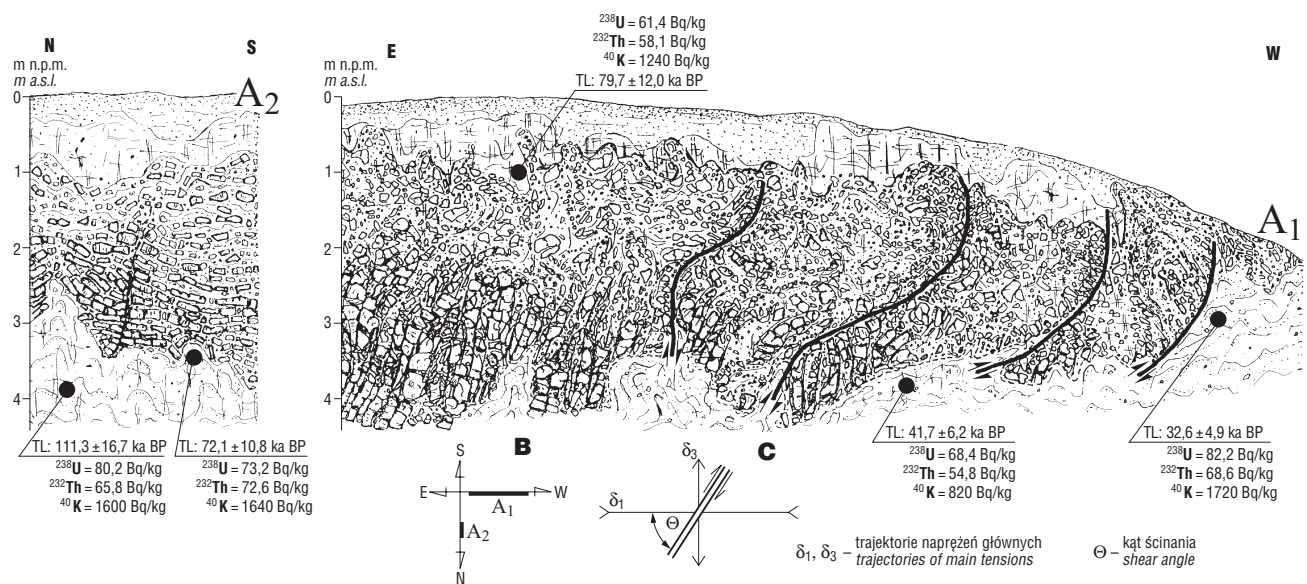
Wyniki

Uzyskane wyniki wskazują, że badana strefa uskoku tworzy wyraźną anomalię dodatnią, gdzie promieniotwórczość uranu-238, toru-232 i potasu-40 oraz w czterech



Ryc. 6. Profil morfologiczny i sytuacja topograficzna strefy uskoku mójczańskiego z chronostratygrafia osadów odsłoniętych w przekopie (A–C) i szurfach (D–G)

Fig. 6. Morphological profile and the topographical situation of the Mójca fault zone with chronostratigraphy of sediments in cross-sectional dig (A–C) and in borehole (D–G)



Ryc. 7. Odsłonięcie osadów przypowierzchniowych w strefie uskoku mójczańskiego w wykopie pod fundament (A₁ i A₂) i położenie udokumentowanych ścian odsłonięcia na różny kierunków (B) oraz przybliżony układ naprężeń uskoku (C)

Fig. 7. Outcrop subsurface sediments in the Mójca fault zone in the borehole (A₁ and A₂) and directional situation of the describe, outcrop walls (B), with approximate tensional pattern of upcast (C)

przypadkach radu-226 jest znacznie wyższa niż naturalny jej poziom w bliższym otoczeniu uskoku i jego dalszym rejonie (ryc. 7, 9). Najwyższą koncentrację tych izotopów na linii poprzecznego przekroju odnotowano bezpośrednio ponad uskokiem w strefie o szerokości około 100 m. Wynosi ona dla uranu-238 do 88 Bq/kg, toru-232 do 90 Bq/kg i potasu-40 do 1875 Bq/kg. Jest regułą, że stężenie tych izotopów, poczynając od skarpy uskoku, konsekwentnie maleje w kierunku zachodnim, a więc zgodnie z kierunkiem nachylenia terenu i odpływu wody wsiękowej oraz atmosferycznej. W oddaleniu około 250 m od uskoku stężenie to zbliża się do średnich wielkości rejestrowanych w osadach powierzchniowych regionu świętokrzyskiego i Polski, które dla potasu-40 jest w granicach 200–400 Bq/kg, a uranu-238 i toru-232 w przedziale 21–26 Bq/kg (Jagielałak i in., 1998) oraz do ich stężeń odnotowanych w pokrywie zwietrzelinowej różnych części świata (IAEA, 2000). Natomiast w kierunku wschodnim (skrzydło wiszące uskoku) stężenie izotopów szybko maleje i już w odległości 60 m od uskoku plasuje się na poziomie średnich regionalnych i krajowych.

Przedstawione fakty wskazują jednoznacznie, że wspomniane wyżej podwyższenie stężenia izotopów nie ma związku z ewentualną zawartością w glinie okruszków starszych skał podłoża. Wiąże się ono natomiast z bezpośrednim sąsiedztwem uskoku.

Stężenie naturalnych radionuklidów w osadach opisywanej, bezpośredniej strefy uskoku, na linii wykopu pod wodociąg i szurfach, we wszystkich przypadkach przekracza jego średnie wielkości podawane dla regionu Gór Świętokrzyskich i Polski (Jagielałak i in., 1998). Dla potasu-40 stężenie to jest przekroczone cztero- i pięciokrotnie, a uranu-238 i toru-232 — ponad trzykrotnie. Również aktywność radu-226, oznaczona z południowego odcinka uskoku, jest ponad dwukrotnie wyższa (około 64 Bq/kg) od przeciętnej jego aktywności podawanej dla obszarów spoza strefy uskoku mójczańskiego (25 Bq/kg). Podobne przekroczenia koncentracji tych izotopów występują na linii uskoku w sąsiednim wykopie pod fundament budynku (ryc. 7), gdzie uran-238 i tor-232 zarejestrowano w granicach 54–82 Bq/kg, a potas-40 w granicach 820–1720 Bq/kg.

Uzyskane wyniki mogą być porównywalne w Polsce jedynie z potencjałem radiologicznym przedstawionym przez Strzeleckiego i in. (1994, 2000) oraz Jagielałaka i in.

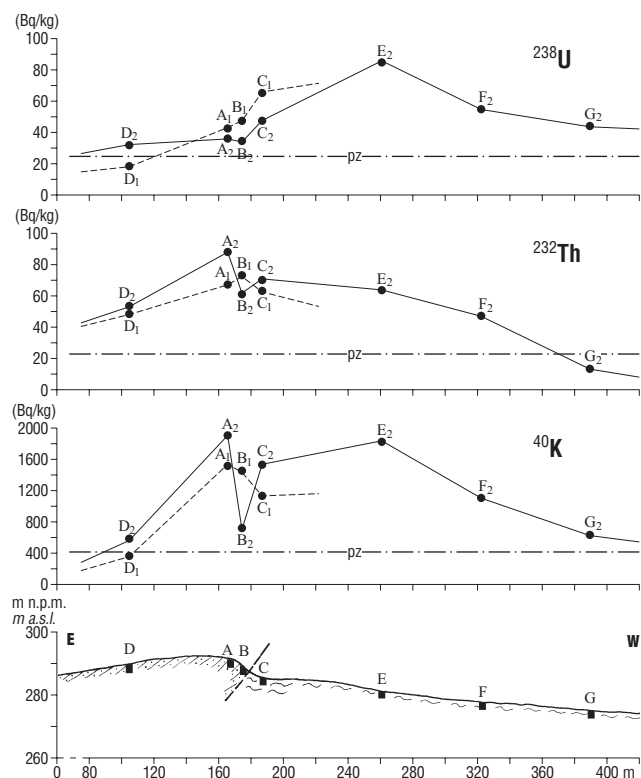


Ryc. 8. Sit rozpięchły (*Juncus effusus*) znaczący w strefie odmłodzonego uskoku mójczańskiego wsięki wody

Fig. 8. Common Rush (*Juncus effusus*) marking a spring line in the reactivated Mójcza fault zone

(1998) dla niektórych stref granitoidowych i metamorficznych w Sudetach. Notowane przez tych badaczy w zwietrzelinie stężenia radu-226 osiągają tam 60 Bq/kg, punktowo zaś — 124 Bq/kg, potasu-40 ponad 700 Bq/kg, a uranu-238 i toru-232 około 75 i więcej Bq/kg.

Przedstawiona koncentracja omawianych izotopów na profilach poprzecznych przez strefę uskoku sugeruje, że może ona mieć bezpośredni związek z uskokiem mójczańskim i potwierdzać obecność tendencji do jego neotektonicznego i współczesnego odnawiania. Nie stwierdzono zwiększonej zawartości tych izotopów w skałach paleozoicznych bloku mójczańskiego, odsłoniętych poza osadami wietrzeniowo-pokrywowymi strefy badanego uskoku. Współczesna morfologia terenu (wyniesiony ponad otoczenie i zaokrąglony grzbiet Pasma Mójczańskiego) oraz charakter litofacjalny osadów detrytycznych z podwyższoną koncentracją izotopów, wyklucza też ich alimentację poza blokiem mójczańskim oraz transport do miejsca obecnego zalegania. Opisane radioizotopy mogły i mogą docieścić do powierzchni morfologicznej z głębszych partii litosfery, zapewne ze zmineralizowaną wodą juvenilną lub reliktową, systemem odnawianych w strefie uskoku głębokich zluźnień skalnych. Taka mineralizacja wody jest tutaj możliwa, ponieważ uskok mójczański znajduje się w brzeżnej, równoleżnikowej strefie antyklinorium chęcińsko-klimontowskiego, na którego północnym przedpolu, pod osadami cokołu epiwarwaryjskiego, kontaktuje się



Ryc. 9. Zawartość naturalnych radionuklidów w osadach na przekroju przez strefę uskoku mójczańskiego. Linia ciągła — dawka radioaktywności na głębokości 0,5–1,2 m; linia przerywana — dawka radioaktywności na głębokości 1,5–2,0 m; pz — przeciętna radioaktywność dla Polski i regionu świętokrzyskiego; A–G — miejsca opróbowania

Fig. 9. The content of natural radioactive elements in sediments of the Mójcza upcast cross-section. Continuous line — radioactivity dose at a depth of 0.5–1.2 m; broken line radioactivity dose at a depth of 1.5–2.0 m; pz — average value of natural radioactivity in Poland and the Holy Cross Mts Region; A–G — places of collecting samples

masyw małopolski z blokiem łysogórskim (Narkiewicz, 2002). W strefie tego kontaktu występują młodopaleozoiczne intruzje skał magmowych — diabazów i lamprofirów (Czarnocki, 1939; Kowalczewski, 1974; Migaszewski, 2002). Najbliższe udokumentowane lokalne centra magmowe wulkaniczne i subwulkaniczne, które mogą być penetrowane przez wspomnianą wodę, znajdują się na stoku południowym Świniej Góry (Pasma Brzechowskie), w kulminacji Góry Krzemionki (Pasma Orłowskie) oraz w Salkowej koło Daleszyc. Miejsca te są oddalone od badanego uskoku w kierunku SES i SE w kolejności około 4, 5,5 oraz 6 km. Natomiast w bezpośredniej strefie omawianego uskoku mójczańskiego (południowy i północny skłon Góry Skała) występują dobrze poznane pomagmowe utwory hydrotermalne, m.in. galena (PbS), które wykorzystywały do krystalizacji powszechne w tej strefie szczeliny i pustki egzokinetyczne (Kondaki, 1884; Czarnocki, 1937).

Wnioski

1. Uzyskane wyniki chronostratygraficzne gliny stokowej i zarejestrowane przykłady przekraczającego nasunięcia bloków uskokowych na coraz młodsze ogniwa tej gliny, upoważniają do stwierdzenia, że odwrócony, paleozoiczny uskoku mójczański był w wistulianie odnawiany neotektonicznie. Zapis uskoku manifestujący się obecnością krawędzi we współczesnej morfologii terenu oraz towarzyszące mu zjawisko wysięków wody, podwyższającej uranowo-torowo-potasową mineralizację osadów przypowierzchniowych, wskazuje, że może być on reaktywowany tektonicznie również współcześnie.

2. Osady przypowierzchniowe w bezpośredniej strefie odwróconego uskoku mójczańskiego mają znacznie, nawet od dwu do pięciu razy podwyższoną koncentrację izotopów uranu-238, toru-232 i potasu-40 względem podobnych litofacjalnie osadów poza tą strefą.

3. Warunki geologiczno-strukturalne i morfologiczne uskoku mójczańskiego, wielkość koncentracji radionuklidów i ich zmienność w profilu pionowym i poprzecznym przez strefę uskoku, wskazują, że może być ona następstwem naturalnej, endogenicznej promieniotwórczości, związanej z odnawianiem neotektonicznie i współcześnie drożnością uskoku mójczańskiego. Migracja izotopów systemem głębokich, uskokowych szczelin ku powierzchni mogła się tu odbywać i prawdopodobnie odbywa się nadal za sprawą wysięków wód reliktowych lub juwenilnych, mineralizowanych w głębokiej, skorupowej strefie z młodopaleozoicznymi intruzjami skał magmowych.

4. Stwierdzone wielkości stężeń naturalnych radionuklidów w strefie uskoku mójczańskiego i ich ewentualny związek z jego współczesnym odnawianiem, obligują do przemyślenia możliwości stosowania w identyfikacji młodych tendencji dynamicznych, niektórych starych uskoku, obok metod geologicznych i geomorfologicznych (czy też w powiązaniu z nimi), również metody radiometrycznej — koncentracji naturalnych izotopów w osadach przypowierzchniowych.

Literatura

CZARNOCKI J. 1937 — O złożach ołowianki w Kielcach i w Mójczy. *Posiedz. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 48: 32–33.
 CZARNOCKI J. 1939 — Sprawozdanie z badań terenowych w Górach Świętokrzyskich w 1938 r. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 15: 29–30.
 CZARNOCKI J. 1961 — Materiały do przeglądowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 100 000, ark. Kielce. *Wyd. Geol.*
 FEDOROWICZ S. & OLSZAK I.J. 1985 — TL studies of Quaternary sediments at the University of Gdańsk. *Acient TL*, 3: 10–13.

IAEA (International Atomic Energy Agency) 2000 — Database of Natural Matrix Reference Materials. Vienna.
 JAGIELAK J., BIERNACKA M., HENSCHKE J. & SOSIŃSKA A. 1998 — Radiologiczny atlas Polski 1997. *Wyd. Central. Laborat. Radiologicznego, Warszawa.*
 JANCZEWSKI E. 1932 — Ruchy sejsmiczne zauważone w Polsce w lutym 1932 r. *Posiedz. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 33: 70–72.
 JAROSZEWSKI W. 1994 — Neotektonika i ruchy współczesne. [W:] Dadlez R. & Jaroszewski W. (red), *Tektonika*. *Wyd. PWN*: 423–460.
 JAŚKOWSKI B. 1999 — Związek późnoplejstoceńskich procesów wydmotwórczych w regionie świętokrzyskim z neotektoniczną aktywnością podłoża. *Prz. Geol.*, 47: 1032–1038.
 KONDAKI W. 1884 — O kopalinach rud ołowiu i miedzi w okolicy Kielc i Chęcina. *Prz. Tech.*, 19: 12–16.
 KOWALCZEWSKI Z. 1974 — Pozycja geologiczno-strukturalna magmatyzmu świętokrzyskiego w świetle wyników ostatnich badań geologicznych. *Biul. Inst. Geol.*, 275: 11–62.
 KOWALCZEWSKI Z. & KOWALSKI B.J. 2000 — Zarys budowy geologicznej. [W:] S. Cieśliński & A. Kowalkowski (red.), *Świętokrzyski Park Narodowy — przyroda, gospodarka, kultura*. *Wyd. ŚPN, Bodzentyn–Kraków*: 51–99.
 KOWALSKI B. J. 1995 — Przejawy młodej aktywności tektonicznej w Dolinie Kielecko-Łagowskiej w Górach Świętokrzyskich i jej wpływ na układ sieci wodnej. *Prz. Geol.*, 43: 307–316.
 KOWALSKI B.J. 1996 — Powierzchniowe procesy egzogeniczne a tektoniczna aktywność uskoku środkowej Lubrzanki w Górach Świętokrzyskich — próba datowania. *Prz. Geol.*, 44: 49–54.
 KOWALSKI B.J. 1997 — Szczelina uskoku z wypełnieniem ilastym w piaskowcach kwarcytowych zachodniej części fałdu łysogórskiego (Góry Świętokrzyskie). *Rocz. Świętokrz.*, Ser. B *Nauki Przyr.*, 24: 103–115.
 KOWALSKI B.J. 1998 — Uskoki w czwartorzędowych pokrywach fluwialnych doliny Lubrzanki w Górach Świętokrzyskich. [W:] W. Zuchiewicz (red.), *Mater. III Ogólnopol. Konf. Komisji Neotekt. Kom. Bad. Czwartorz. PAN Neotektonika Polski: terażniejszość i przyszłość*. *UJ, Kraków*: 34–35.
 KOWALSKI B.J. 2000a — Morfologiczne konsekwencje współczesnej aktywności uskoku paleozoicznych w środkowej części Gór Świętokrzyskich. [W:] Dorobek i pozycja polskiej geomorfologii u progu XXI wieku. *Wyd. UMK, Toruń*: 228–231.
 KOWALSKI B. J. 2000b — Rzeźba. [W:] S. Cieśliński & A. Kowalkowski (red.), *Monografia Świętokrzyskiego Parku Narodowego*. *Wyd. ŚPN, Bodzentyn–Kraków*: 107–128.
 KOWALSKI B.J. 2001 — Izotopy promieniotwórcze (uran-238, tor-232, potas-40) jako wskaźnik aktywności tektonicznej paleozoicznego uskoku mójczańskiego w Górach Świętokrzyskich. [W:] W. Zuchiewicz (red.), *Mater. IV Ogólnopol. Konfer. Neotektonika Polski: Neotektonika, morfotektonika, sejsmotektonika — stan badań i perspektywy rozwoju*. *Kom. Neotektoniki Kom. Bad. Czwart. PAN, Kraków*: 56–61.
 KOWALSKI B.J. 2002a — Geneza doliny rezerwatu przyrodniczego Białe Ługi. [W:] S. Żurek (red.), *Rezerwat torfowy Białe Ługi*. *Wyd. Homini, Bydgoszcz*: 17–33.
 KOWALSKI B. J. 2002b — Geneza sieci rzecznej w Górach Świętokrzyskich. *Pr. Inst. Geogr. Akad. Św. w Kielcach*, 7: 315–351.
 LINDNER L. 1987 — Main stratigraphic problems in the Pleistocene of Poland. *Bull. Pol. Acad. Erth. Sc.*, 35: 343–358.
 MIGASZEWSKI Z. 2002 — Datowanie diabazów i lamprofirów świętokrzyskich metodą K-Ar i Ar-Ar. *Prz. Geol.*, 50: 227–229.
 MIZERSKI W. 1991 — Mezostruktury fałdowe i uskokuwe w paleozoiku regionu łysogórskiego Gór Świętokrzyskich i ich znaczenie dla odtwarzania etapów deformacji tektonicznych. *Prz. Geol.*, 39: 472–477.
 MIZERSKI W. 2000 — Tektonika i tektogeneza paleozoiku świętokrzyskiego. *Pr. Inst. Geogr. WSP w Kielcach*, 4: 93–125.
 MIZERSKI W. & ORŁOWSKI S. 1993 — Główne uskoki poprzeczne i ich znaczenie dla tektoniki antyklinorium klimontowskiego — Góry Świętokrzyskie. *Geol. Quart.*, 37: 19–40.
 NARKIEWICZ M. 2002 — Ordovician through earliest Devonian development of the Holy Cross Mts. (Poland): constraints from subsidence analysis and thermal maturity data. *Geol. Quart.*, 46: 255–266.
 SOŁTYSIK R. 2000 — Wpływ czynnika tektonicznego na formowanie zabagnień w strefach przedprzełomowych dolin rzecznych w Górach Świętokrzyskich i ich obrzeżeniu. *Pr. Inst. Geogr. WSP w Kielcach*, 4: 209–222.
 SOŁTYSIK R. 2001 — Geneza mokradeł Gór Świętokrzyskich i Niecki Nidziańskiej. *Arch. Wydz. Geogr. i Stud. Regional. UW, Warszawa*.
 STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZEWCZYK J. & LEWANDOWSKI P. 1994 — Mapy radiologiczne Polski, cz. II: Mapa zawartości uranu, toru i potasu w Polsce. *Państw. Inst. Geol.*
 STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S. & NAŁĘCZ T. 2000 — Pierwiastki promieniotwórcze a problem zagrożeń radiologicznych w miastach regionu sudeckiego. *Prz. Geol.*, 48: 1139–1150.
 TOMCZYK H. 1974 — Góry Świętokrzyskie. [W:] *Budowa geologiczna Polski, t. 4, Tektonika, cz. 1, Niż Polski*. *Inst. Geol.*: 128–194.