

Problem wieku reliktowych lodowców skalnych w Masywie Ślęży w świetle datowań ^{14}C i OSL oraz obserwacji geomorfologicznych

Roman Żurawek*

The problem of the age of relict rock glaciers in the Ślęża Massif, SW Poland: ^{14}C and OSL datings and geomorphologic evidence. Prz. Geol., 49: 880–884.

Summary. An attempt was made to define the age of relict rock glaciers on slopes of Mt. Ślęża (Sudetic Foreland, SW Poland). An OSL SAR (simple aliquot regenerative dose) dating technique was applied in order to date two series of fluvioglacial sands incorporated into the rock glacier core. Moreover, the peat from the bottom of sediments, in filling a closed melt-out depression, was dated by a ^{14}C technique. The OSL dating revealed the age of 189 ± 19 , 387 ± 50 and 264 ± 33 ka BP, whereas that for the peat was 10270 ± 150 yrs BP. The results obtained show that the luminescence methods can hardly be of use for defining the age of rock glacier deposits and the dates gathered merely confirm the Odranian age of the fluvioglacial material. However, the radiocarbon age of the peat, local geomorphology and some stratigraphical premises indicate that the terminal phase of the activity of rock glaciers occurred during the last glaciation, even though previous multiple re-activation cannot be excluded. Considering stratigraphy, it can be assumed that the last phase of landform activity took place after the maximum loess sedimentation during the late Plenivistulian and not later than during the younger Dryas.

Key words: relict rock glaciers, OSL SAR technique, Vistulian, Mt. Ślęża

Lodowce skalne (gruzowe), które najkrócej można zdefiniować jako geomorfologiczny wyraz pełnienia wieloletniej zmarzliny, rozwijają się w specyficznych warunkach termicznych i wilgotnościowych (np. Haerberli, 1983, 1985; Barsch, 1996), w skali lokalnej modyfikowanych przez topografię (Humlum, 1998). Dzięki temu ich relikto-we formy mogą stanowić cenne narzędzie w celu rekonstrukcji paleoklimatycznych. W szczególności formy te są dowodem istnienia wieloletniej zmarzliny i w warunkach środkowej Europy oprócz nielicznych reliktyw pagórów pingo (np. Rutkowski i in., 1998) jedynym jej przejawem we współczesnej rzeźbie.

Za największe i budzące najmniej wątpliwości co do genezy formy tego typu w średniogórzu europejskim nale-

ży uznać relikto-we lodowce skalne w Masywie Ślęży, rozpoznane jako takie na podstawie cech rzeźby (Żurawek, 1999), jak i osadów (Żurawek, 2001). Niskie położenie (250–500 m n.p.m.) pozwala na ich umieszczenie w kontekście rozważań paleoklimatycznych w szerszej skali, a obecność w osadach znacznej ilości drobnych frakcji — na próbę datowania metodami luminescencyjnymi.

Próbę taką podjęto jesienią 2000 r. Trzy próbki z osadów relikto-wego lodowca skalnego poddano datowaniu metodą luminescencji stymulowanej optycznie (OSL), przy czym zastosowano technikę odtworzeniową pojedynczych porcji (SAR) (por. Bluszcz, 1999). Dodatkowo wydatowano metodą ^{14}C spąg osadów wypełniających jedno z zagłębień, wykształconych w powierzchni relikto-wego lodowca skalnego. Uzyskane daty skonfrontowano z obserwacjami geomorfologicznymi.

*Instytut Geograficzny, Uniwersytet Wrocławski, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław 56; zurawek@geogr.uni.wroc.pl

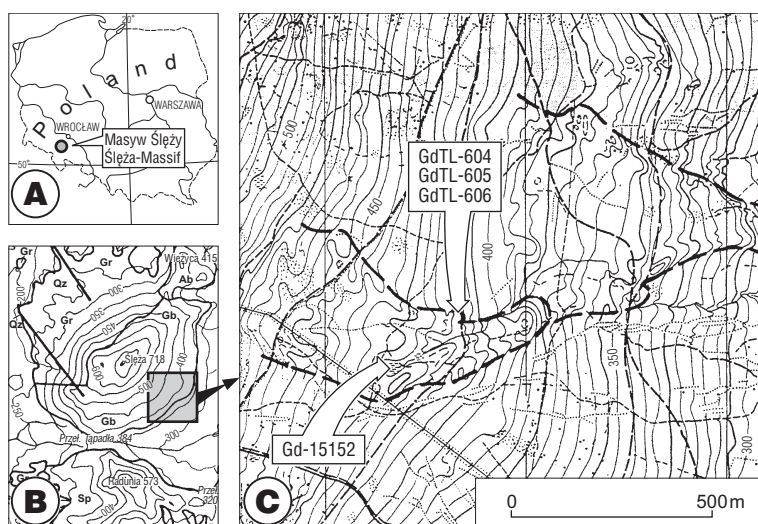
Rzeźba i pozycja stratygraficzna lodowców skalnych

Na południowych i wschodnich stokach Ślęzy (718 m n.p.m.) (ryc. 1) — najwyższego wzniesienia Przedgórze Sudeckiego, rozpoznano osiem reliktowych lodowców skalnych. Najdłuższa z indywidualnych form, z których część składa się na większe kompleksy, osiąga długość ponad 1 km, a zespół lodowców skalnych, w którego najwyższym segmencie pobrano do datowania osady, przekracza długością 2 km przy maksymalnej szerokości 570 m (Żurawek, 1999). W środkowych i dolnych partiach reliktowych

lodowców skalnych odcinają się one od stoku wyraźnymi załomami ograniczającymi powierzchnie o nachyleniu miejscami około 30°. W obrębie form zachował się świeży relief wytopiskowy. Składają się nań zagłębienia, z których część ma charakter bezodpływowych nisz i wypełniona jest stale wodą, rozdzielone nieregularnymi wałami.

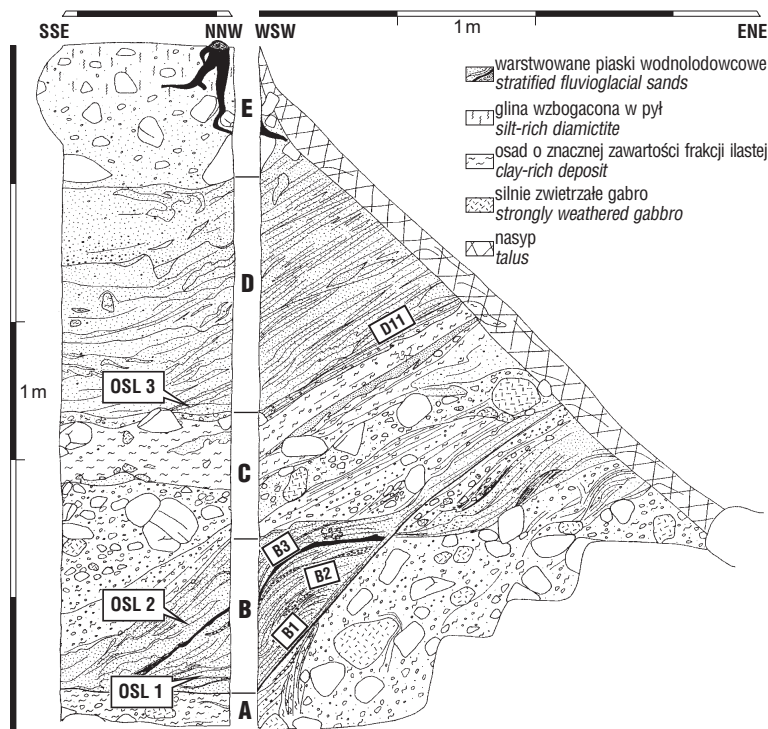
Pomimo istnienia pewnych przesłanek wskazujących na pozycję stratygraficzną lodowców skalnych w Masywie Ślęzy, nie udało się jej ustalić ponad wszelką wątpliwość. Na podstawie dużego udziału frakcji pyłu w budującym je diamiktycie oraz braku pokrywy lessowej w stropie osadów, przy jednoczesnej jej obecności na stoku pozbawionym lodowców skalnych (Żurawek, 2000) można sądzić że formy te nie są starsze od maksimum sedymentacji lessu. To jest umiejscawiane zaś w Polsce południowo-zachodniej na górną plenivistulian (Jary, 1996).

Jednocześnie stropowe partie osadów lodowców skalnych (Żurawek, 2000, 2001) nie wykazują istotnego soliflukcyjnego przemodelowania. Takie przemodelowanie, skutkujące powstaniem gliny soliflukcyjnej z dużym udziałem gruzu zalegającego na warstwie wzbogaconej w pył eoliczny, jest stwierdzane tymczasem na stoku pozbawionym lodowców skalnych (Żurawek, 2000). Pod osadem wzbogaconym w pył zalega tu kolejna warstwa gliny soliflukcyjnej. Podobna sekwencja osadów peryglacialnych występuje na przykład w górach Harc (Frühauf, 1990). Biorąc pod uwagę wyniki datowania pokryw stokowych w Harcu oraz ich podobieństwo litologiczne i analogię w następstwie warstw do osadów stokowych w Masywie Ślęzy można sądzić, że górny poziom soliflukcyjny na stokach Ślęzy powstał po allerödzie, głównie w młodszym dryasie. Zakładając z kolei równowiekowość tego poziomu i lodowców skalnych, która wydaje się logiczna w obliczu braku soliflukcyjnych w stropie osadów tych ostatnich, należałoby uznać że lodowce skalne w Masywie Ślęzy po raz ostatni były aktywne w młodszym dryasie. Z uwagi na brak bezpośrednich dowodów interpretację taką na razie należy jednak zaliczyć do kategorii hipotez. Nie podlega natomiast dyskusji, że przedmiotowe formy rzeźby są młodsze od gliny morenowej zlodowacenia odry, ponieważ wkraczają na nią (Geologische Karte ..., 1928), a w ich osadach duży udział ma materiał eratyczny (Żurawek, 2001).



Ryc. 1. Lokalizacja Masywu Ślęzy (A), obszaru badań (B) i wkopu oraz wiercenia z osadami poddanymi datowaniu (C). Sp — serpentynit, Gb — gabbro, Ab — amfibolit, Gr — granit, Qz — kwarc. Fragment mapy Ślęzy (Góra Ślęza ..., 1991)

Fig. 1. Location of the Ślęza Massif (A), area of investigation (B) and the pit and drilling with investigated sediments (C). Sp — serpentinite, Gb — gabbro, Ab — amphibolite, Gr — granite, Qz — quartz. A fragment of map Mt. Ślęza, (Góra Ślęza ..., 1991)

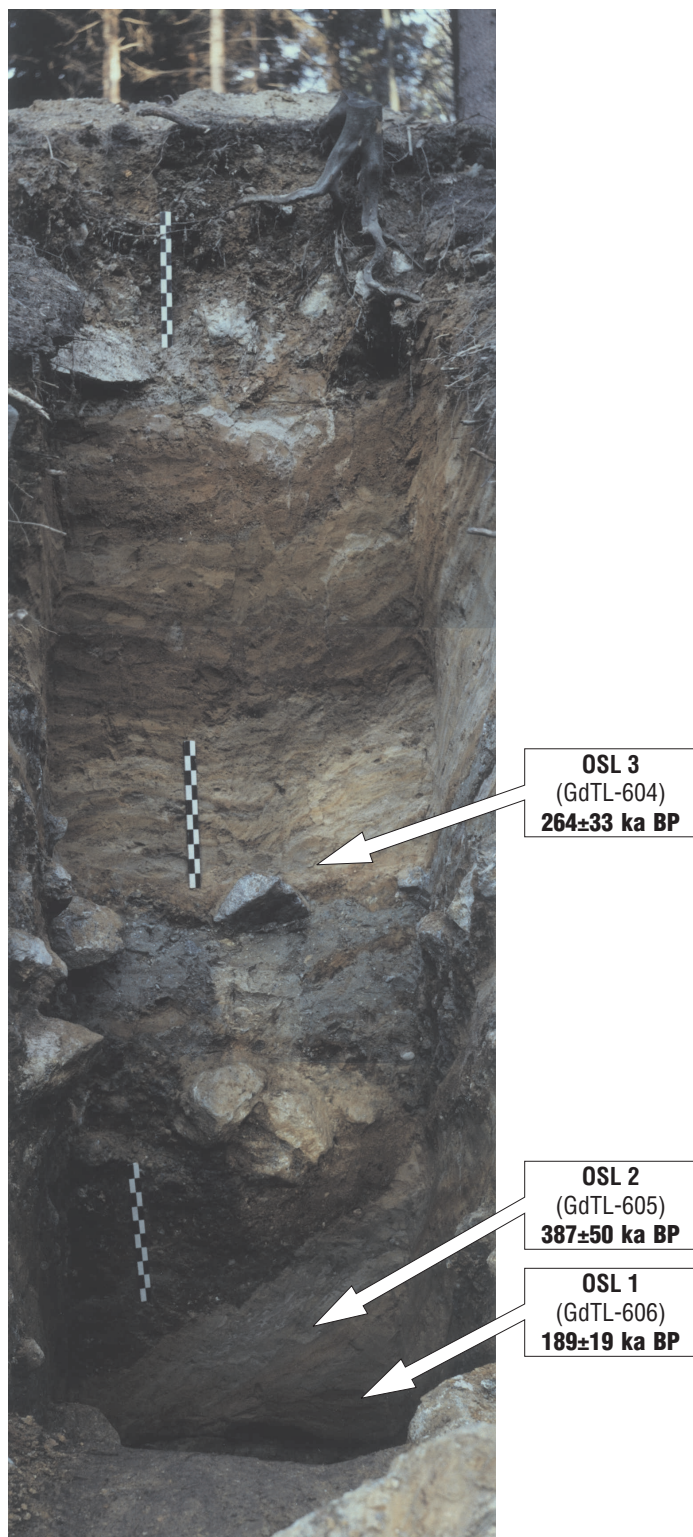


Ryc. 2. Osady relikтового lodowca skalnego w intersekcji równoległej (SSE–NNW) oraz prostopadłej (WSW–ENE) do poziomicy. Poszczególne segmenty skali pionowej i poziomej mają po 1 m długości

Fig. 2. Deposits of the relict rock glacier as seen in the intersection parallel (SSE–NNW) and perpendicular (WSW–ENE) to contour lines. Each fragment of both vertical and horizontal scale is 1 m long

Osady i ich datowanie

Osady relikтового lodowca skalnego, odsłonięte we wkopie założonym w jednej z trzech form tworzących największy w Masywie Ślęży zespół reliktowych lodowców skalnych, cechują się bardzo dużym zróżnicowaniem cech



Ryc. 3. Osady relikтового lodowca skalnego w intersekcji równoległej do poziomic. Oznaczono lokalizację próbek datowanych metodą OSL
Fig. 3. Deposits of the relict rock glacier as seen in the intersection parallel to contour lines with sampling points for the OSL dating

litologicznych i skomplikowaną strukturą. W porządku stratygraficznym występują tu (ryc. 2, 3) zapadające pod dużym kątem przeciwnie do nachylenia stoku: dolna glina — warstwa diamiktytu złożona głównie z gabra i jego zwietrzliny (4,6–4,85 m od powierzchni gruntu), warstwowane piaski wodnolodowcowe z dużym udziałem frakcji pyłu (4,6–3,5/4,3 m), środkowa glina — diamiktyt podobny do osadu w dolnej części profilu (3,5/4,3–2,6 m), warstwowane piaski wodnolodowcowe podobne do zalegających pod środkową gliną (2,6–1,0 m) oraz warstwa bloków i gruzu „pływającego” w piaszczysto-pylastym matriks (powyżej 1 m) (ryc. 2).

Zróżnicowanie litologiczne osadów, nachylenie powierzchni strukturalnych oraz liczne i wyraźne mikrostruktury tektoniczne wskazują na pełnięcie wieloletniej zmarzliny jako proces odpowiedzialny za ich formowanie (Żurawek, 2001).

Datowaniu metodą OSL poddano dwie próby z warstwy dolnych piasków, oznaczonej na ryc. 2 jako B oraz jedną próbę z piasków górnych (D na ryc. 2).

Analiza uziarnienia osadów z warstwy B wykazała dominację frakcji grubego pyłu z dużym udziałem piasku drobnoziarnistego (nomenklatura zgodnie z Instrukcją..., 1977) bądź przewagę piasku średnioziarnistego, w zależności od miejsca opróbowania (ryc. 4). Dla poddanych datowaniu OSL prób reprezentatywne są krzywe B2 i B3 na ryc. 4.

Piasek z warstwy D, w próbce reprezentatywnej dla osadu pobranego do datowania, wykazuje wyraźną dominację frakcji piasku drobnoziarnistego i znaczny udział frakcji piasku średnioziarnistego (ryc. 5).

Datowanie próbki, oznaczonej na ryc. 3 jako OSL1 (GdTL-606), dało wynik 189±19 tys. lat BP, a pobranego nieco wyżej osadu (OSL2, GdTL-605) 387±50 tys. lat BP. Data uzyskana dla próbki z górnej serii piasków (OSL3, GdTL-604) to 264±33 tys. lat BP.

Równoległe do prac zmierzających do określenia cech i wieku osadów samych reliktowych lodowców skalnych prowadzono wiercenia ręczne w osadach zagłębieni wytopiskowych. W spągu osadów wypełniających jedno z nich, w bezpośrednim sąsiedztwie opisanego wyżej wkopu (ryc. 1), stwierdzono gruzełkowo-amorficzny torf (ryc. 6), który poddano datowaniu metodą radiowęglową. Otrzymany nie kalibrowany wiek próbki wynosi 10270±150 lat BP (Gd-15152).

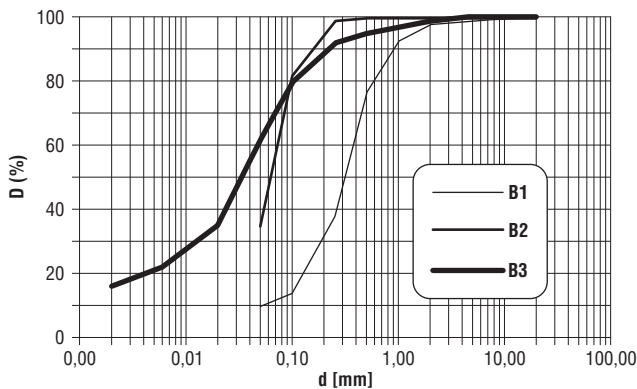
Dyskusja

Duża rozbieżność w datach uzyskanych metodą OSL dla próbek OSL1 i OSL2 (ryc. 3), reprezentujących tę samą serię osadów wskazuje, że otrzymany wiek nie może być bezkrytycznie uznany za wiek lodowca skalnego, tj. moment inkorporowania osadów wodnolodowcowych do pełzającej masy skalno-lodowej. Świadczy o tym również wynik datowania górnych piasków, odbiegający od pozostałych o odpowiednio 75 i 123 tys. lat. Różnica pomiędzy najmłodszym a najstarszym z datowanych osadów wynosi 198 tys. lat, czyli więcej, niż wiek najmłodszej próbki, a nawet przy przyjęciu błędów wynosi ona 129 tys. lat.

Jest bardzo mało prawdopodobne, aby nawet przy założeniu minimalnej średniej prędkości ruchu aktywnego lodowca skalnego równej 1 cm na rok (por. Barsch, 1996), włączył on w odstępie blisko 130 tys. lat osady reprezentowane przez próbki OSL1 i OSL2 choćby dlatego, że piasek z próbki OSL2 musiałby pierwotnie zalegać znacznie powyżej górnego zasięgu lodowca skalnego.

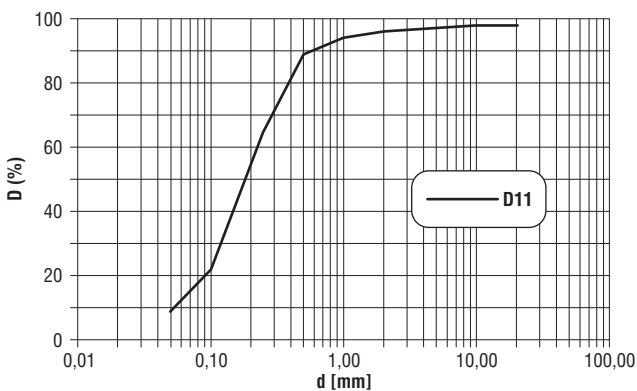
Oczywiście tak dużą rozbieżność dat można by tłumaczyć jedno- bądź wielokrotnym reaktywowaniem lodowca skalnego nieaktywnego (ang. *inactive rock glacier*) lub reliktywnego. Jeśli przyjąć chronostratygrafię plejstocenu Polski, opartą głównie na danych TL (np. Mojski, 1993), w tym danych z osadów Przedgórze Sudeckiego (Szponar, 1986), to bezkrytyczna interpretacja dat OSL, doprowadziłaby do wniosku, że piasek z próbki OSL2 po raz ostatni był eksponowany na światło u schyłku zlodowacenia południowopolskiego. Osady z próbki OSL1 i OSL3 zostały natomiast ostatecznie przykryte młodszymi utworami dopiero podczas zlodowacenia odry.

Przeciwno traktowaniu uzyskanych dat jako dowodu wielofazowości rozwoju form świadczy podobieństwo cech osadów z próbek OSL1 i OSL2. Zastosowanie techniki odtworzeniowej pojedynczych porcji (SAR) pozwala jednocześnie na uniknięcie niebezpieczeństwa niepowtarzalności datowania spowodowanej przypadkowym dobo-



Ryc. 4. Kumulowane krzywe uziarnienia próbek z serii piasków dolnych (B na ryc. 2). Krzywe B2 i B3 są reprezentatywne dla próbek datowanych metodą OSL (OSL1 i OSL2)

Fig. 4. Cumulative grain size distribution curves for the lower sands (B in Fig. 2). Curves B2 and B3 represent samples that were dated by an OSL technique (OSL1 and OSL2)



Ryc. 5. Kumulowana krzywa uziarnienia próbki z piasków górnych (D na ryc. 2) datowanych metodą OSL (OSL3)

Fig. 5. Cumulative grain size distribution curve for the upper sand (D in Fig. 2), that was dated by an OSL technique (OSL3)

rem ziaren piasku być może pochodzących z osadów różnowiekowych i przemieszanych przez pełznący lodowiec skalny.

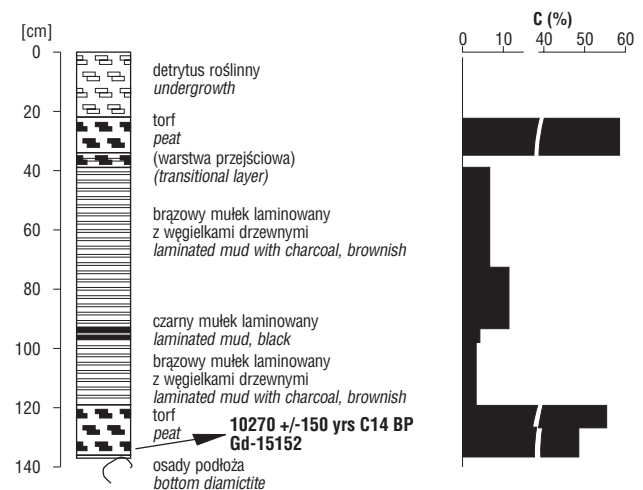
Reasumując: duża rozbieżność dat uzyskanych dla jednej serii osadów sugeruje, że co najmniej jedna z nich nie nadaje się do interpretacji. Względne podobieństwo wieku prób OSL1 i OSL3 oraz małe prawdopodobieństwo zachowania się na stokach Ślęży osadów ze zlodowaceń starszych niż zlodowacenie odry pozwala przyjąć, że bardziej wiarygodna jest data 189 ± 19 tys. lat BP (OSL1). Oznaczałoby to, że obie serie piasków: górna i dolna, reprezentują osady wodnolodowcowe zlodowacenia odry.

Takie rozstrzygnięcie, choć i tak opatrzone licznymi znakami zapytania, nie rozwiązuje jednak problemu wieku reliktywnych lodowców skalnych. Nie wyklucza ono w dalszym ciągu wielofazowości ich rozwoju ani nie daje podstaw do określenia górnej granicy wiekowej.

Oto bowiem odrzańskiemu wiekowi form przeczą obserwacje geomorfologiczne. Jest nie do przyjęcia teza, że strome stoki lodowców skalnych i zagłębienia wytopiskowe w ich obrębie zachowały się w obserwowanej dziś świeżej formie od zlodowacenia odry czy nawet warty. Tezie takiej przeczy absolutny brak równie żywych form rzeźby w całej strefie staroglacjalnej. Zagłębienia owe musiałyby zostać zapełnione osadami, szczególnie jeśli pod uwagę wziąć ich niewielkie rozmiary i dużą wydajność procesów peryglacjalnych podczas ostatniego zlodowacenia.

Za vistuliańskim wiekiem reliktywnych lodowców skalnych w Masywie Ślęży świadczy ponadto wynik datowania spągu osadów zagłębienia bezodpływowego. Wobec faktu, że zagłębienie jest zamknięte nawet współcześnie, wydaje się nieprawdopodobne, żeby na jego dnie nie zachowały się osady interglacjału eemskiego, a ewentualnie także schyłku zlodowacenia warty, jeśliby nisza istniała już podczas tego zlodowacenia.

Z dużym prawdopodobieństwem można zatem przyjąć, że ostatnia faza rozwoju form aktywnych miała miejsce podczas ostatniego zlodowacenia. Z pewnością wytopienie się lodu spajającego osad lodowca skalnego nastąpiło nie



Ryc. 6. Osady wypełnienia zagłębienia bezodpływowego z datowanym torfem w spągu oraz zawartość w nich węgla organicznego

Fig. 6. Deposits from the filling of closed depression with peat dated by a radiocarbon technique, and the content of organic carbon within these deposits

później, niż 10270 ± 150 lat ^{14}C BP. Otrzymana data przypada na przełom młodszy dryas/okres preborealny, jednoznacznie wskazuje więc tylko na to, że lodowiec skalny nie był aktywny w holocenie, co z uwagi na niskie położenie form można uznać za oczywiste. Pewne datowanie lodowców skalnych na jej podstawie na młodszy dryas nie byłoby uprawnione, nie przeczy jednak takiej interpretacji opartej o przesłanki stratygraficzne.

Prawdopodobna jest więc następująca sekwencja wydarzeń geologicznych: sedymentacja lessu z maksimum u schyłku plenivistulianu (1), ostatnia faza aktywności lodowców skalnych po maksimum sedymentacji lessu, być może nawet do młodszego dryasu włącznie lub podczas młodszego dryasu (2), wytopienie się lodu lodowców skalnych i wkroczenie roślinności wraz z nastaniem okresu preborealnego (3).

W świetle powyższych rozważań należy uznać, że nawet jeśli lodowce skalne rozwijały się na stokach Ślęży przed ostatnim zlodowaczeniem, to wyniki datowania OSL trudno uznać za tego dowód. Uzyskane daty wyznaczają prawdopodobnie moment depozycji piasków w środowisku wodnolodowcowym, a nie ich włączenia do pełzającej po stoku masy skalno-lodowej. Świadczyłoby to o inkorporowaniu do aktywnego lodowca skalnego całymi pakietami osadów zalegających na stoku lub o tym, że datowane piaski stały się osadem lodowca skalnego już w momencie jego mobilizacji. W konkretnym przypadku osadów w opisywanym profilu należy przyjąć pierwszą z wymienionych możliwości. Na jej korzyść świadczy naprzemianległe zaleganie serii osadów o różnej genezie, tj. piasków oraz glin, w głównej mierze budowanych przez zwietrzelinę gabra (ryc. 2, 3).

Wnioski

1. Datując metodą OSL piaski wodnolodowcowe, współtworzące osady reliktoowego lodowca skalnego, prawdopodobnie oznaczono moment ich depozycji w środowisku fluwioglacjalnym, a nie włączenia do lodowca skalnego.

2. Lodowce skalne mogły w Masywie Ślęży rozwijać się podczas kilku chłodnych okresów plejstocenu, począwszy od zlodowacenia odry. Uzyskane daty OSL nie potwierdzają jednak, ani nie przeczą takiej hipotezie. Jej przyjęcie uzasadnione jest o tyle, że źródłem budującego reliktoowego lodowca skalnego materiału są osady zlodowacenia odry, a zarówno podczas tego, jak i późniejszych glacialów, istniały warunki klimatyczne sprzyjające rozwojowi wieloletniej zmarzliny.

3. Ostatnia faza aktywności lodowców skalnych miała miejsce nie później, niż 10270 ± 150 radiowęglowych lat BP.

4. Przesłanki geomorfologiczne i stratygraficzne pozwalają stwierdzić, że lodowce skalne po raz ostatni były aktywne nie wcześniej, niż podczas ostatniego zlodowacenia. Sama pozycja stratygraficzna sugeruje, że ostatnia faza ich aktywności nie jest starsza od górnego plenivistulianu i może obejmować jeszcze młodszy dryas. Prawdopodobna jest następująca sekwencja wydarzeń:

sedymentacja lessu z maksimum w górnym plenivistulianie (1), ostatnia faza aktywności lodowców skalnych po maksimum akumulacji lessów, być może nawet do młodszego dryasu włącznie (2), wytopienie się lodu lodowców skalnych i wkroczenie roślinności wraz z okresem preborealnym (3).

5. Uzyskane daty w połączeniu z analizą struktury osadów wskazują, że osady zalegające na stoku były włączane do aktywnego lodowca skalnego całymi pakietami. Dowodzi to znacznej zdolności egzaracyjnej lodowca skalnego.

Pani prof. Annie Pazdur oraz Panu dr hab. Andrzejowi Bluszczowi z Instytutu Fizyki Politechniki Śląskiej dziękuję za datowanie osadów i zainteresowanie geomorfologiczną problematyką Masywu Ślęży. Za krytyczne przejście manuskryptu podziękowania składam Panu prof. Adamowi Kotarbie i Panu dr hab. Andrzejowi Bluszczowi.

Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu badawczego nr 6 PO4E 035 17, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1999–2001.

Literatura

- BARSCH D. 1996 — Rockglaciers. Indicators for the Present and Former Geocology in High Mountain Environments. Springer Ser. in Physical Environment, 16.
- BLUSZCZ A. 1999 — Datowanie luminescencyjne osadów czwartorzędowych. [In:] Pazdur A., Bluszcz A., Stankowski W. & Starkel L., Geochronologia górnego czwartorzędu Polski: 43–56.
- FRÜHAUF M. 1990 — Neue Befunde zur Lithologie, Gliederung und Genese der periglazialen Lockermaterialdecken im Harz: Fremdmaterialnachweis und Decksedimentenfassung. Petermanns Geograph. Mitt., 4: 249–256.
- Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, 1 : 25 000. Preußische Geologische Landesanstalt. Blatt Zobten, 2. Auflage (1928).
- Góra Ślęza, Sobótka, 1 : 15 000, 1991 — Wyd. SKS Burza, Wrocław.
- HAEBERLI W. 1983 — Permafrost-glacier relationships in the Swiss Alps — today and in the past, [In:] Permafrost. Fourth Intern. Conf. Nat. Acad. Sc., Washington: 415–420.
- HAEBERLI W. 1985 — Creep of mountain permafrost: Internal structure and flow of alpine rock glaciers. Mitt. Versuchs. Wasserb., Hydrol. Glaziol., 77: 1–142.
- HUMLUM O. 1998 — The Climatic Significance of Rock Glaciers. Permafrost. Perigl. Proc., 9: 375–395.
- Instrukcja w sprawie opracowania i wydania Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, 1977 — Wyd. Geol.
- JARY Z. 1996 — Chronostratygrafia oraz warunki sedymentacji lessów południowo-zachodniej Polski na przykładzie Płaskowyżu Głubczyckiego i Wzgórz Trzebnickich. Acta Univ. Wratisl., 1766. Studia Geograf., 63: 1–99.
- MOJSKI J. E. 1993 — Europa w plejstocenie. Wyd. PAE, Warszawa.
- RUTKOWSKI J., KRÓL K. & LEMBERGER M. 1998 — The pingo remnant in the Suwałki Lake Region (NE Poland). Quater. Stud. Pol., 15: 55–60.
- SZPONAR A. 1986 — Chronostratygrafia i etapy deglacjacji strefy przedgórskiej Sudetów w okresie zlodowacenia środkowopolskiego. Acta Univ. Wratisl., 963. Stud. Geograf., 45: 1–202.
- ŻURAWEK R. 1999 — Reliktowe lodowce skalne — nowa interpretacja form akumulacji na wschodnich i południowych stokach Ślęży. Prz. Geograf., 71: 77–94.
- ŻURAWEK R. 2000 — Wybrane cechy litologiczne osadów relikto- wych lodowców skalnych Masywu Ślęży. Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych, tom III.
- ŻURAWEK R. 2001 (w druku) — Internal structure of a relict rock glacier, Ślęza Massif, SW Poland. Permafrost. Perigl. Proc., 12.