

Wyniki geoelektrycznych badań osadów czwartorzędowych w piętrze alpejskim Tatr Wysokich

Wojciech Dobiński*, Bogdan Gądek*, Bogdan Żogała**

Zjawiska i procesy peryglacjalne w alpejskim piętrze Tatr nie są dokładnie rozpoznane, ponieważ pokrywają blokowe, które dominują na tym obszarze, uniemożliwiają zastosowanie klasycznych metod badawczych — brak jest odkrywek, a wykonanie szurfu jest praktycznie niemożliwe. Utrudnione jest również stosowanie bardziej zaawansowanych metod geofizycznych. Do dziś więc nie została rozpoznana miąższość ani struktura tego typu osadów w wyższych partiach Tatr, a dane na ten temat są tylko szacunkowe (Lukniś, 1973).

Celem przeprowadzonych badań geoelektrycznych była próba określenia miąższości i struktury pokryw czwartorzędowych w alpejskim piętrze Tatr. Dodatkowym bodźcem podjęcia tych prac były dwa fakty:

1) aktualnie czynne grunty strukturalne znaleziono w Tatrach już na wysokości 1650 m npm (Jahn, 1970),

2) w Alpach Szwajcarskich zmarzlina w gruncie znajduje się już na wysokości 1800 m npm, co odpowiada izotermie rocznej 2°C (Hoelzle, 1992).

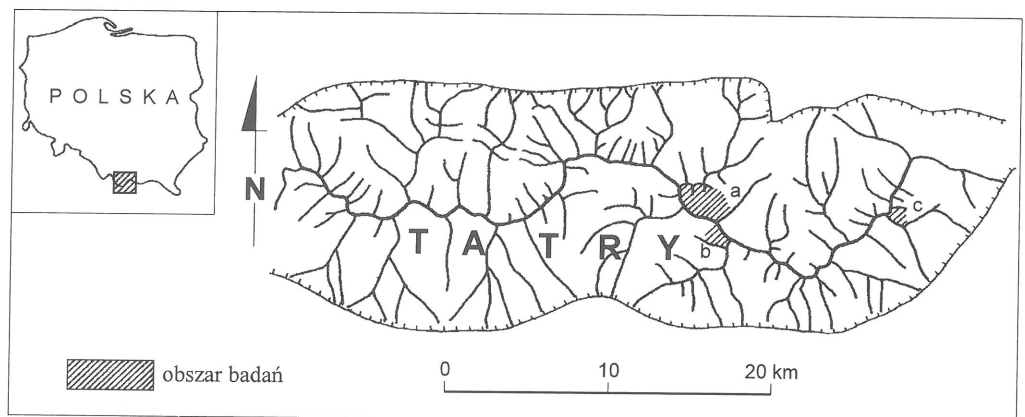
Do badań terenowych wybrano metodę elektrooporową, która pozwala na rozpoznanie warstw osadów bez niszczenia pokrywy roślinnej lub skalnej i nie powoduje hałasu, jest więc metodą przyjazną środowisku Tatrzańskiego Parku Narodowego. Należy ona również do jednej z najczęściej stosowanych metod poszukiwania zmarzliny w obszarach górskich. W Tatrach metoda ta po raz pierwszy została zastosowana w latach 60., przez geofizyków słowackich, którzy dzięki niej dokonali charakterystyki geologicznej i hydrogeologicznej dolin, po południowej stronie grani głównej (Majóvský & Hanzel, 1991). Po polskiej stronie pierwsze sondowania elektrooporowe, przeprowadzone w Dolinie Małej Łąki, pozwoliły określić strukturę osadów budujących dno w rejonie Wielkiej Polany oraz historię jej geomorfologicznego rozwoju od okresu maksymalnego zasięgu lodowca wümrskiego (Kotarba i in., 1977). Próbną badania przeprowadzono również w Buczynowej Dolince, wykonano tam 6 sondowań, i uzyskano interesujące wyniki. Dalsze prace geofizyczne w piętrze alpejskim zdecydowano się przeprowadzić w dolinach: Pięciu Stawów Polskich oraz w Dolinie Piarżystej i Dzikiej, w słowackiej części

Tatr (ryc. 1). Dolina Pięciu Stawów polskich to najdokładniej pod względem geomorfologicznym poznana dolina w polskich Wysokich Tatrach oraz teren wcześniej rozpoczętych prac geofizycznych (Dobiński, w druku; Gądek, w druku). Dolina Piarżysta cechuje się podobnymi warunkami topograficznymi, lecz przeciwną ekspozycją. W Dolinie Dzikiej natomiast, podstawowym celem było wykonanie sondowania na stosunkowo łatwo dostępnym płacie śnieżnym.

Obszar objęty badaniami jest zbudowany ze skał granitoidowych. Rozmieszczenie sondowań przedstawia ryc. 2. W Dolinie Pięciu Stawów polskich były one położone na wysokości 1685–2010 m npm, w Świstówce Roztockiej 1706–1820 m npm, w Dzikiej Dolinie 2060–2105 m npm, a w Dolinie Piarżystej 1845–1900 m npm. Pionowe sondowanie elektrooporowe w punkcie 16 (Dolina Dzika) wykonano na permanentnym płacie śnieżnym. Pozostałe sondowania zaś na pokrywach gruzowo-żwirowych i gruzowych: piargach (sondowania nr: 3, 13, 17–21), osadach lodowców gruzowych (sondowania nr: 6, 8, 10–12, 14, 15), morenie dennej i osadach fluwioglacjalnych (sondowania nr: 4, 5, 7, 9) oraz morenie czołowej (sondowania nr: 1, 2).

Metoda badań

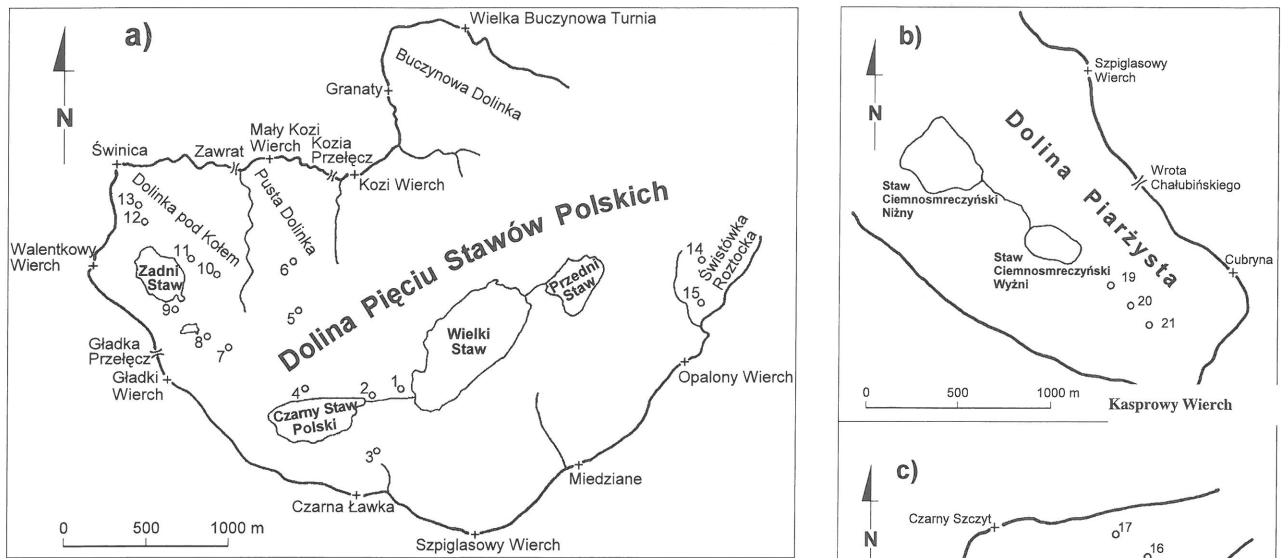
Badania zostały przeprowadzone za pomocą cyfrowego miernika geoelektrycznego CMG-01, który został opracowany i wyprodukowany przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie. Aparatura ta pozwala na wykonywanie badań elektrooporowych o małym i średnim zasięgu głębokościowym. Miernik składa się z generatora i odbiornika umieszczonych we wspólnej obudowie. Generator generuje prąd przemienny stabilizowany o częstotliwości 4 Hz. Wartość prądu jest regulowana. Odbiornik służy do pomiaru napięcia na elektrodach pomiarowych. Układ sterowania odbiornika włącza generator na czas potrzebny



Ryc. 1. Położenie obszarów badań: a) Dolina Pięciu Stawów Polskich, b) Dolina Piarżysta, c) Dolina Dzika

*Katedra Geomorfologii, Uniwersytet Śląski,
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

**Katedra Geologii Stosowanej, Uniwersytet Śląski,
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec



Ryc. 2. Rozmieszczenie sondowań: a) w Dolinie Pięciu Stawów Polskich i Świstówce Roztockiej, b) w Dolinie Piarzystej, c) w Dolinie Dzikiej

do wygenerowania 14 przebiegów prądu. W odbiorniku 6 pierwszych przebiegów jest wykorzystywane do ustalenia stanu filtratów wzmacniacza, a pozostałe 8 jest poddane detekcji i uśredniane. Uśrednione napięcie jest wyświetlane na cyfrowym voltomierzu. Możliwość nastawienia dowolnej wartości prądu w zakresie 0–100 mA pozwala na wyrażenie pomiaru bezpośrednio w omometrach, jeśli wartość prądu jest równa stałej k rozstawu geometrycznego elektrod.

Do badań zastosowano metodę sondowań elektrycznych z układem pomiarowym symetrycznym Schlumbergera. Pomiaru starano się wykonywać w miejscach stosunkowo płaskich, a długość rozstawu prądowego była ograniczona jedynie ukształtowaniem powierzchni terenu. W celu ograniczenia ekranującego wpływu krzywizny dna doliny na rozkład pola elektrycznego starano się prowadzić pomiary w pobliżu jej osi podłużnej. W celu zapewnienia jak najlepszego kontaktu elektrody prądowe starano się stabilizować w warstwie gleby. W miejscach, gdzie takiej warstwy nie było, elektrody stabilizowano w istniejących szczelinach, co niewątpliwie miało wpływ na stosunkowo duży rozrzut wyników.

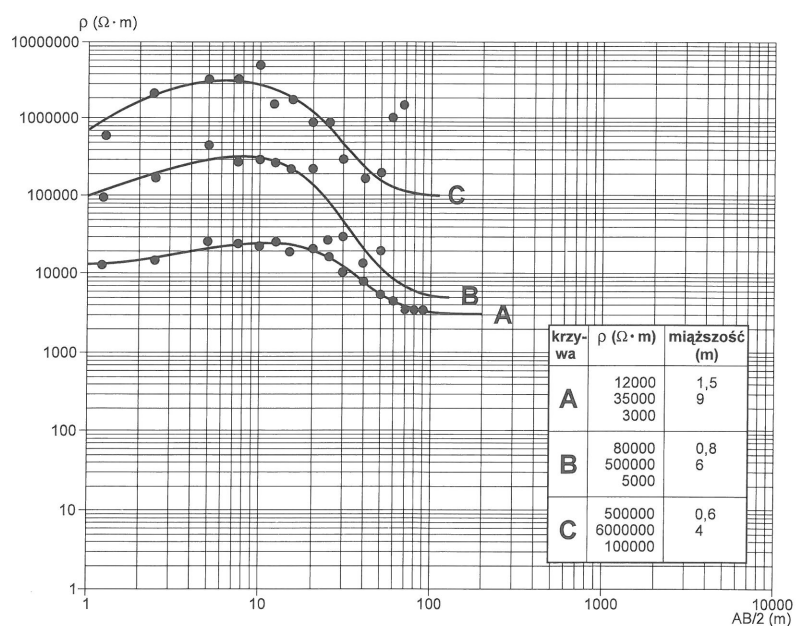
Do interpretacji krzywych sondowań, uzyskanych z wartości oporów pozornych, wykorzystano szwajcarski program komputerowy Schlumy v. 1.0 firmy AQUAPHYS.

Wyniki badań

Na stanowiskach położonych na osadach gruzowo-żwirowych i gruzowych pozorny opór skał zmienił się w profilu pionowym od setek Ohm m do kilku tysięcy kOhm m. Na płacie śnieżnym natomiast przyjmował wartości od stu kilkudziesięciu kOhm m do kilku tysięcy kOhm m.

Do krzywych sondowań oporu na stanowiskach znajdujących się przy ujściu stawów (sond. nr 2 i 9) dopasowano modele czterowarstwowe. Przy czym na stanowisku nr 9 (przy ujściu Zadniego Stawu) opory rzeczywiste poszczególnych warstw były o rząd

wielkości wyższe. Zmieniały się od 7 do 300 kOhm m. Przekrój piargu pod Niżnim Kosturem (sond. nr 3) interpretowano jako dwuwarstwowy. Opór pokrywy gruzowej przyjął wartość 170 kOhm m. Do pozostałych wyników pomiarów geoelektrycznych dopasowano modele trójwarstwowe. Opory rzeczywiste górnych warstw, w przekrojach stanowisk położonych w dolnej części Doliny Pięciu Stawów Polskich, w strefie 1685–1871 m npm (sond. nr: 1, 4, 5, 7, 8,), były od 1 do 3 rzędów wielkości niższe, niż opory analogicznych warstw w pozostałych profilach. Wartości ich zmieniały się od 3 do 12 kOhm m — w warstwie górnej i od 24 do 50 kOhm m — w środkowej (ryc. 3A). Opór rzeczywisty dolnej warstwy pod



Ryc. 3. Przykłady interpretacji krzywych sondowań oporu: A) profil pokrywy gruzowej bez zmarzliny, B) profil pokrywy gruzowej ze zmarzliną (?), C) profil permanentnego płata śnieżnego

wszystkimi punktami pomiarowymi wynosił 1–10 kOhm m. Bardzo wysokie opory rzeczywiste, 500–1000 kOhm m, odnotowano w środkowych warstwach profili 12–14, 20 i 21 (ryc. 3B). Najwyższe jednak 500–6000 kOhm m, stwierdzono na płacie śnieżnym w Dolinie Dzikiej (ryc. 3C). W pokrywach gruzowych i gruzowo-żwirowych miąższość powierzchniowej warstwy wynosiła 0,5–6 m, a wysokooporowej warstwy środkowej 4–25 m.

Najniższe warstwy, podobnie jak Majóvský i Hanzel (1991), interpretowano jako granitoidowe podłoże skalne. Wyjątkowo wysokie opory rzeczywiste pokryw gruzowych, przekraczające często 100 kOhm m, częściowo wywołane były pustkami pomiędzy blokami skalnymi. Należy przy tym zauważyć, że Majóvský i Hanzel osadom gruzowym w Tatrach przypisali opory 30 Ohm m–40 kOhm m. D. Vonder Mühl (1993) opory o wartościach 50–4000 kOhm m uznał za charakterystyczne dla zmarzliny. Największe jednak prawdopodobieństwo jej występowania wiąże się z oporami rzeczywistymi ok. 500–6000 kOhm m (King, 1987). Wartości te potwierdzono na permanentnym płacie śnieżnym w Dolinie Dzikiej. Zatem na obszarze objętym pomiarami geoelektrycznymi największe prawdopodobieństwo występowania zmarzliny istnieje na stanowiskach nr: 12, 13, 14, 20 i 21. Interpretacja ta powinna jednak zostać zweryfikowana poprzez użycie innych metod kartowania zmarzliny.

Wnioski

1. W piętrze alpejskim Tatr istnieje prawdopodobieństwo występowania zmarzliny. Potwierdzają to również wyniki pomiarów BTS przeprowadzonych w marcu 1994 r. w Dolinie Pięciu Stawów Polskich i Świstówce Roztockiej (Dobiński, w druku). Uzyskane wyniki wskazują, że istnienie zmarzliny w Tatrach zależy od wysokości bezwzględnej, ekspozycji oraz rodzaju formy, na której prowadzono sondowanie.

2. Obszarami potencjalnego występowania zmarzliny są również usypiska, dlatego można przypuszczać, że jest ona wieku holocenijskiego.

3. Lodowce gruzowe w piętrze alpejskim Tatr Wysokich, uznawane za fosylne (Dzierżek & Nitychoruk 1987; Kotarba A., 1992), prawdopodobnie są formami nieaktywnymi, tzn. że mają lód wewnętrzny, lecz nie wykazują ruchu. Geneza ich może być złożona — glacialna i peryglacialna

Prace zostały sfinansowane ze środków na badania własne Katedry Geomorfologii Uniwersytetu Śląskiego (BW/KG–11/94). Pragniemy przy tym podziękować koleżankom: Marzenie Kaczmarek, Bożenie Nitkiewicz, Oli Piwowar oraz koledze Jarosławowi Malczykiemu, za pomoc w pomiarach terenowych. Panom prof. dr hab. Jackowi Jani i prof. dr hab. Wacławowi Zuberkowi dziękujemy za krytyczne uwagi w trakcie pisania artykułu.

Literatura

- DZIERŻEK J. & NITYCHORUK J. 1987 — Bull. Pol. Acad. Sc., 34: 409–418.
- GADEK B. 1995 — Stud. Quaternary in Poland., 13: 3–11.
- HOELZLE M. 1992 — Laboratory of Hydraulics, Hydrology and Glaciology ETH, Zurich, Arbeitsheft 13: 19.
- JAHN A. 1970 — Acta Geogr. Lodz., 24: 217–224.
- KING L., FISCH W., HAEBERLI W. & WAECHTER H.P. 1987 — Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialogie, 3: 73–81.
- KOTARBA A., SMOLAK W. & SROKA J. 1977 — Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan., 11: 68–78.
- KOTARBA A. 1992 — Ibidem, 25–26: 133–150.
- LUKNIŠ M., 1973 — Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. VSA, Bratislava.
- MAJÓVSKÝ J. & HANZEL V. 1991 — Geologicke prace, Spravy, 93: 81–109.
- VONDER MÜHLL D., 1993 — Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glazialogie, 122.