



Jeziro Hańcza – wstępne wyniki geologicznej interpretacji obrazów sonarowych

Katarzyna Pochocka-Szwarc¹, Andrzej Ber¹, Joanna Szpygiel², Paweł Szpygiel²



K. Pochocka-Szwarc



A. Ber



J. Szpygiel



P. Szpygiel

Hańcza Lake – preliminary results of the geological interpretation of sonograph images. *Prz. Geol.* 61: 187–194.

Abstract. Preliminary interpretation of the geological structures on the eastern slope of Hańcza Lake was performed based on underwater sonography images. The studies were carried out on a 500-metres long part of the slope at a depth of 50 m. Underwater observations, sonography images and numerous photos were made by divers Paweł and Joanna Szpygiel. A preliminary geological interpretation shows the presence of

glaciotectonic structures created as diapiric or anticlinal folds separated by synclinal parts. Diapiric or anticlinal folds are composed of massive tills with numerous boulders. Synclinal parts of the underwater slope probably consist of sands and silts. The section also reveals landslides and lowered parts of the sediments. The glaciotectonic structures originated probably as a result of the horizontal and vertical stresses exerted by the ice sheets of the Middle Polish Complex and Vistulian Glaciation. Additionally, Lake Hańcza and its surroundings were shaped by neotectonic phenomena related to the structural pattern of the old basement, as well as by deep permafrost processes.

Keywords: *Hańcza Lake, sonography images, glaciotectonics*



Jeziro Hańcza, najgłębsze jezioro rynnowe w Polsce i na Niżu Środkowoeuropejskim (108,5 m), jest jednym z najciekawszych obiektów geologicznych i przyrodniczych na Suwalszczyźnie.

Ze względu na swoje położenie i budowę geologiczną, polodowcową i – jak przypuszczano – tektoniczną genezę, a przede wszystkim głębokość od dawna przyciągało uwagę geomorfologów i geologów, badaczy flory i fauny, a także płetwonurków penetrujących od lat akwen jeziora.

Jeziro Hańcza położone na obszarze Pojezierza Zachodniosuwalskiego (ryc. 1) zajmuje powierzchnię 304 ha, stanowiąc wąskie i krótkie, ukierunkowane prawie południkowo zagłębienie rynnowe, o długości 4,5 km i szerokości około 1,2 km, przy głębokości sięgającej 108,5 m. Lustro wód jeziora występuje na wysokości 227,3 m n.p.m. i otoczone jest miejscami stromymi stokami, tak nadwodnymi, jak i podwodnymi, przechodzącymi w gliniaste wysoczyzny polodowcowe osiagające wysokości od 255 do 280 m n. p. m. (ryc. 2). Wzdłuż brzegów jeziora występują nagromadzenia głązów stanowiąc warstwę często przekraczającą 2 metry. Jeziro Hańcza jest jeziorem przepływowym, od północy wpływa do niego rzeka Czarna Hańcza, która wypływa z jeziora na południu, stając się po licznych zmianach kierunku biegu dopływem Niemna. Zasadniczy jednak udział w wymianie wód jeziornych, która trwa około 144 lat, mają wody opadowe oraz wody ze

splywu powierzchniowego (Mitrega & Paczyński, 1993). Jeziro stanowi zbiornik oligotroficzny o przejrzystej wodzie, zawierającej znaczne ilości tlenu. Plankton roślinny jest tu niezwykle ubogi, w strefie brzeżnej prawie brak jest szuwarów. Wśród fauny występują gatunki charakterystyczne dla zimnych wód północnych i potoków górskich. Nazwa jeziora pochodzi prawdopodobnie od jaćwieskiego *antis* – zagłębienie, rynna.

W 2011 r. płetwonurkowie Joanna i Paweł Szpygiel wykonali podwodne zdjęcia i sonogramy wschodniej, prawie pionowej ściany jeziora. Zobrazowania dokonano przy użyciu sonaru bocznego sprzężonego z systemem nawigacji GPS. Dzięki tym obrazom po raz pierwszy wykonanym w Polsce w dużej mierze rozpoznana została budowa geologiczna i struktury wschodniej ściany jeziora na podwodnym odcinku o długości 500 m i głębokości do około 50 metrów (ryc. 3).

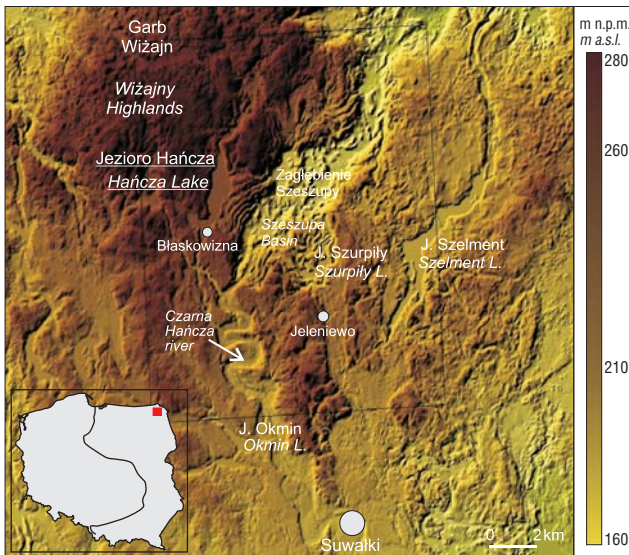
Wstępne wyniki geologicznej interpretacji zdjęć sonarowych w nawiązaniu do już istniejących danych oraz bezpośrednich obserwacji podwodnych stały się tematem niniejszego opracowania.

ZARYS DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Pierwszy monograficzny opis morfologii lodowcowej Pojezierza Zachodniosuwalskiego, a w nim otoczenia i samego jeziora Hańcza, przedstawił w 1928 r. S. Pietkiewicz. W 1932 r. E. Rühle opublikował pierwszą mapę geologiczną

¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; katarzyna.pochocka-szwarc@pgi.gov.pl, andrzej.ber@pgi.gov.pl.

²Projekt Polodowcowisko; p.szpygiel@op.pl.



Ryc. 1. Lokalizacja jeziora Hańcza
Fig. 1. Location of Hańcza Lake

otoczenia jeziora, jego batymetrii, oraz opisał osady dennie wraz z prawdopodobną morfogenezą jeziora.

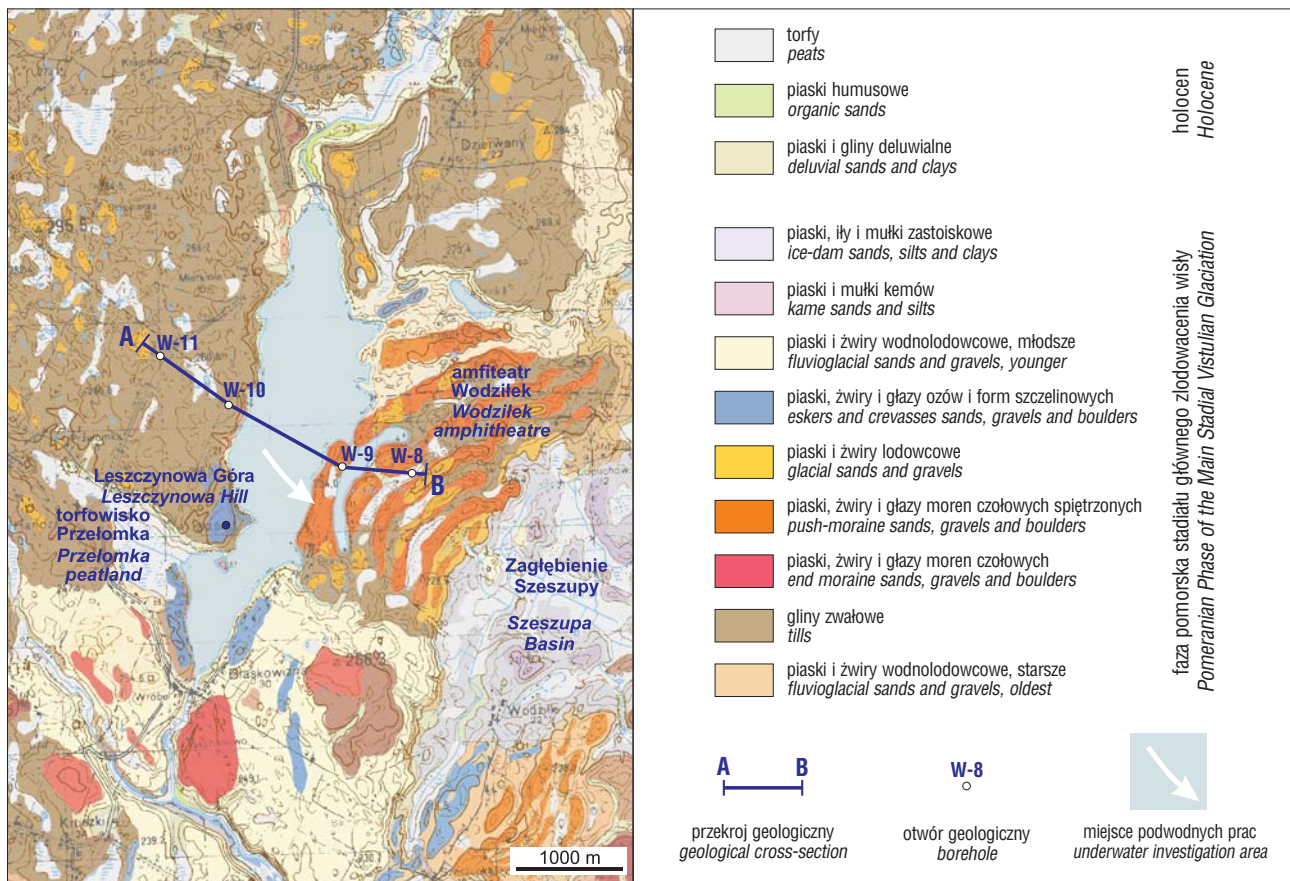
W 1967 r. opublikowany został arkusz Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, Jeleniewo (Ber, 1967) wraz z Objasnieniami z obszaru Suwalszczyzny, a następnie w 1971 r. arkusz Suwałki MGP w skali 1 : 200 000 (Ber, 1971). Na podstawie profili wierceń: Hańcza, Przełomka 10, Łopuchowo 8 i Szurpity opracowana została budowa geologiczna i stratygrafia osadów czwartorzędowych otoczenia

jeziora i ich starszego podłoża (paleocen dolny, mastrycht). Na podstawie tych prac przyjęto pogląd, że wody jeziora Hańcza wypełniają rynną polodowcową uwarunkowaną tektonicznymi strukturami głębokiego podłoża (rów tektoniczny?), która powstała w czasie zlodowaceń kompleksu środkowopolskiego, a w czasie ostatniego zlodowacenia wisły została przemodelowana przez wody subglacjalne oraz procesy neotektoniczne, glacitektoniczne i peryglacjalne (permafrost).

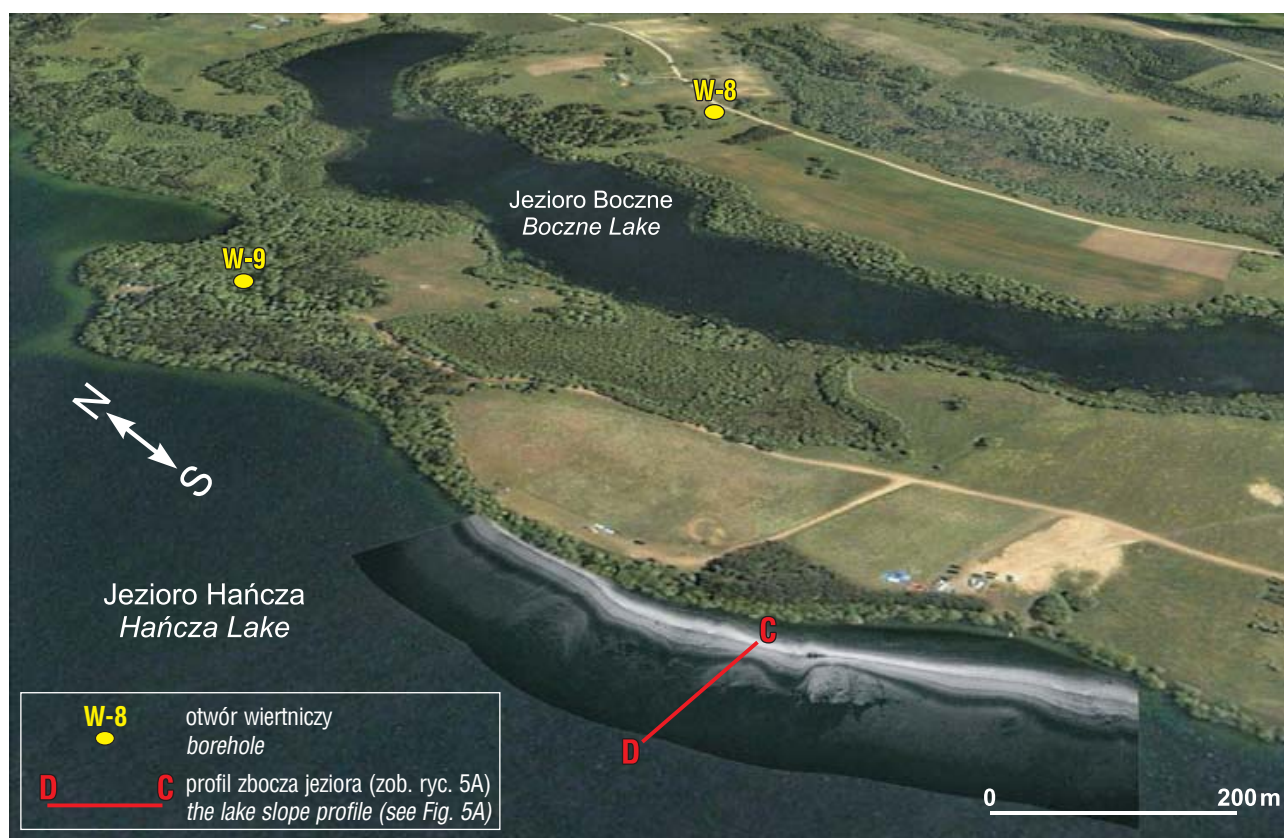
W latach 1973 i 1993 opublikowane zostały materiały 45. i 65. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, w których między innymi przedstawiono skomplikowane warunki hydrogeologiczne akwenu i jego otoczenia (Mitręga & Pachla, 1973; Mitręga & Paczyński, 1993). W 1981 r. opublikowany został geologiczny przewodnik Suwalszczyzny i Równiny Augustowskiej przedstawiający ówczesne poglądy na genzę i budowę geologiczną jeziora Hańcza (Ber, 1981) i najbliższego otoczenia.

W latach 2000–2002 przeprowadzono ponowne prace geologiczne na obszarze arkusza Jeleniewo SMGP w skali 1 : 50 000 (Ber, 2003). Istotne dla rekonstrukcji deglacjacji ostatniego lądolodu na Suwalszczyźnie okazały się datowania głązów narzutowych z okolic jeziora Hańcza metodą izotopów chloru (Dzierżek, 2008). Wyniki uzyskane dla głązów z Bachanowa to: 14,4 ka i 14,7 ka.

W 2010 r. przedstawiono wyniki prac interdyscyplinarnego polsko-niemieckiego zespołu badającego osady dennie jeziora (Lauterbach i in., 2010). Przeprowadzone datowania ¹⁴C oraz analizy (sedymologiczna, mikrofałcja, palinologiczna, małżoraczków, izotopów węgla i tlenu)



Ryc. 2. Szkic geologiczny okolic jeziora Hańcza (uproszczony, wg Bera, 1967)
Fig. 2. Geological sketch of the Hańcza Lake vicinity (simplified, after Ber, 1967)



Ryc. 3. Wschodni brzeg jeziora. Lokalizacja miejsc wykonania zobrażeń sonarowych
Fig. 3. Eastern bank of Hańcza Lake. Location of the sonograph investigations

pozwoły na wyznaczenie w osadach dennych granicy późnego plejstocenu i wczesnego holocenu, a także wyróżnienia i datowania czterech głównych okresów zmian w sedimentacji osadów oraz występowania dwóch ociepleń klimatycznych. Według autorów martwy lód wypełniał rynnę jeziora Hańcza do Allerødu i przetrwał tak długo dzięki głębokości zalegania, wieloletniej zmarzlinie występującej do znacznych głębokości i wpływem zimnej cyrkulacji wschodnich mas powietrza, jaka wówczas miała miejsce.

Dotychczas w badaniach stratyfikacji i ukształtowania osadów dennych jezior stosowano bądź metodę sejsmiki wysokiej rozdzielczości zwaną też sejsmoakustyką (Rutkowski i in., 2009; Osadczuk, 2007), bądź badania georadarowe (Morawski & Rudzki, 2010).

W 2011 r. pletwonurkowie J. i P. Szpygiel przedstawili po raz pierwszy podwodne zdjęcia wschodniej ściany jeziora Hańcza oraz obraz sonograficzny odcinka o długości około 500 m i głębokości około 50 m (ryc. 3), wykonany przy zastosowaniu sonaru bocznego. Dane te stały się podstawą niniejszej interpretacji geologicznej, wnosząc niezwykle cenny materiał dla rozpoznania budowy geologicznej i struktur podwodnych skłónów jeziora.

BUDOWA GEOLOGICZNA

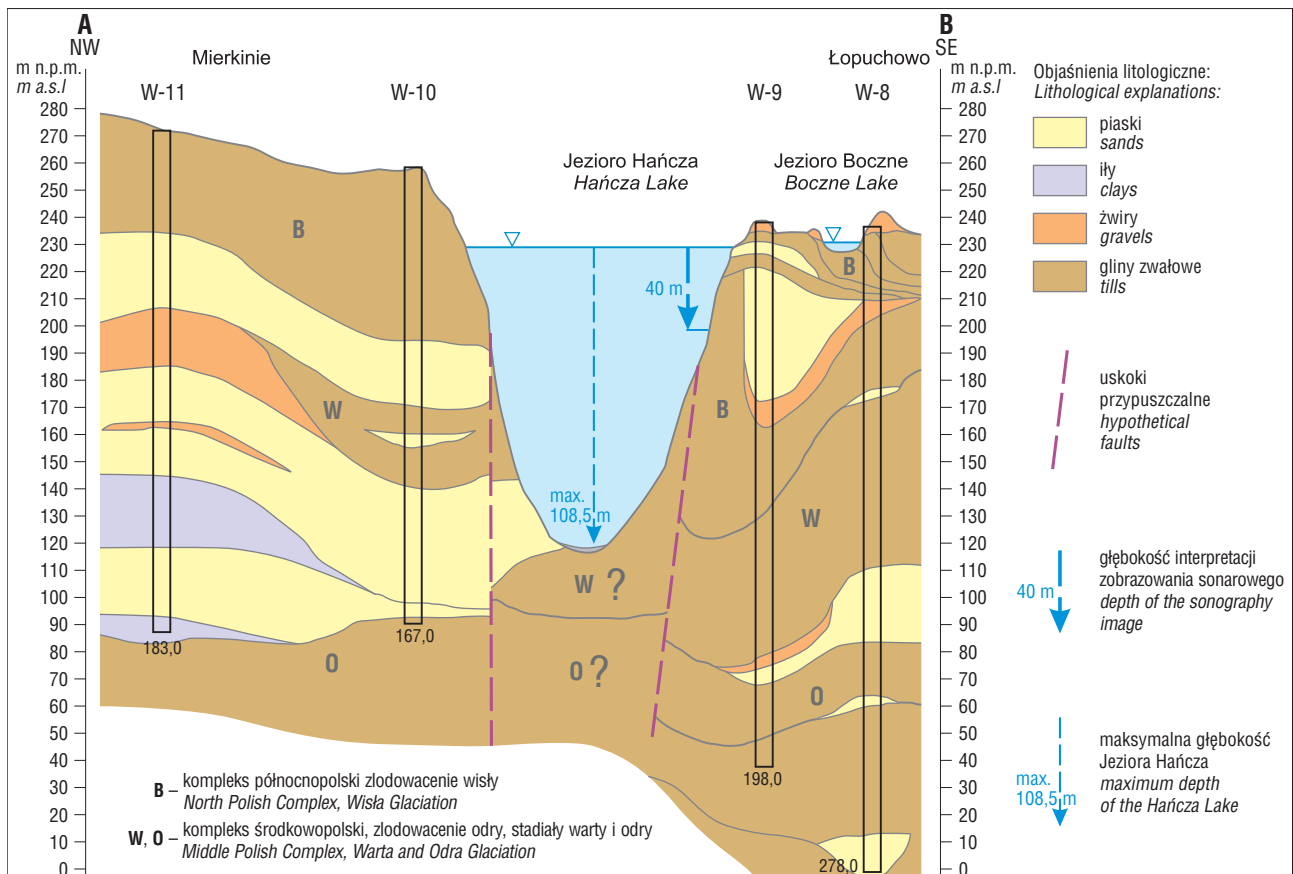
Najstarszymi skałami występującymi w otoczeniu jeziora Hańcza, w jego głębokim podłożu, są silnie spękane i pocięte uskoki masowy prekambryjskie anortozyty i noryty tzw. suwalskiego masywu anortozytowego. Skały te występują od 800 do 2500 m pod powierzchnią terenu i zawierają złoża rud ilmenitowo-magnetytowych. Anorto-

zyty i noryty przykrywają skały osadowe z licznym lukami sedimentacyjnymi należące do paleozoiku, mezozoiku i kenozoiku, o różnej litologii, genezie i wieku, a ich miąższości wahają się od 800 do 1000 m. Nieciągły profil utworów pokrywy osadowej kończą margle i wapień kredy górnej (mastrycht), stanowiące bezpośrednie podłoże osadów czwartorzędowych, o miąższości do 200 m, oraz margle i gęzy paleogenu (paleocen dolny – dan), o miąższości do 60 m. W powierzchni podczwartorzędowej zaznacza się szereg kulminacji i depresji. Nawiązują one do głównych kierunków struktur tektonicznych podłoża krystalicznego, jak również paleozoiku i mezozoiku. Najmłodszymi osadami kształtującymi między innymi powierzchnię otoczenia jeziora Hańcza są utwory czwartorzędowe (plejstocen i holocen) osiągające miąższość do 281 m i różnicujące się na osady i formy glacialne, fluwioglacjalne i limnoglacialne, prawdopodobnie 8 zlodowaceń (ryc. 4) oraz osady organiczne interglacjalu eemskiego, znane z Błaskowizny. Holocen reprezentują przede wszystkim torfy i namuły oraz piaski tarasów i den rzecznych, jeziorne osady organiczne i mineralne (gytie), a także piaski i gliny deluwialne.

Rytna jeziora Hańcza jest wyerodowana w plejstocenijskich, silnie zaburzonych glacitektonicznie (Ber, 1971, 2003) osadach glacialnych (gliny zwałowe), fluwioglacjalnych (piaski i żwiry) i zastoiszkowych (mulki i piaski) kompleksu środkowopolskiego i północnopolskiego (zlodowacenie wistły) (ryc. 4).

METODYKA

W latach 1994–2011 przeprowadzono w jeziorze Hańcza kilkadziesiąt nurkowań, podczas których odkryto, rozpoznano i sfotografowano tzw. „ścianki”, będące pionowo opadającymi



Ryc. 4. Uproszczony przekrój geologiczny A–B
Fig. 4. Simplified geological cross-section A–B

podwodnymi fragmentami zboczy jeziora o wysokości względnej od kilku do kilkudziesięciu metrów. Ograniczona widoczność utrudniała oszacowanie ich rzeczywistych rozmiarów. Dlatego w latach 2010–2011 wykonano badania hydroakustyczne. Dla dokładnego zobrazowania struktur dna użyto sonaru bocznego wyposażonego w trójwiązkowy przetwornik wysokiej częstotliwości, z dwiema wiązkami bocznymi i jedną pionową, mogący pracować z częstotliwością 800 kHz lub 455 kHz i o maksymalnym zasięgu bocznym 50 m na stronę (dla 800 kHz) lub 76 m (dla 455 kHz). Jednocześnie z pomiarami sonarem bocznym dokonywano pomiaru echosondą wyposażoną w przetwornik pracujący z częstotliwością 200 kHz i o stosunkowo wąskim stożku. Wszystkie przetworniki podłączone były do jednej stacji rejestrującej, sprzężonej z odbiornikiem GPS. Zakres badanych głębokości wynosił od 2 do maksymalnie 60 metrów.

W pierwszym etapie badań wykonano pomiary rekonesansowe wokół jeziora mające na celu odszukanie interesujących hydroakustycznie punktów. W ten sposób wybrano miejsce znajdujące się przy wschodnim brzegu jeziora (ryc. 3). Przez kilka dni wykonano kilkadziesiąt napłynięć, stosując różne częstotliwości i zakresy rejestracji. Celem było osiągnięcie maksymalnego zróżnicowania w obrazie cieni hydroakustycznych odzwierciedlających struktury dna. Długości transektów wynosiły od kilkudziesięciu do kilkuset metrów. Zarejestrowane sygnały poddano obróbce cyfrowej: korekcji zniekształceń geometrycznych, odszumianiu, wygładzeniu kursu, poprawie kontrastu i jasności. Poprawione dane posłużyły do stworzenia sonogramów zorientowanych w układzie WGS-84.

Obrazy sonarowe oraz zdjęcia przedstawiają dwa charakterystyczne elementy podwodne, tzw. „małą ściankę”, występującą w SE części profilu zbocza, oraz „dużą ściankę”, występującą w północnej części opracowanego odcinka. Na obu „ściankach” wykonano zobrazowania sonarowe 19 (ryc. 5a, 5b). W niniejszym artykule autorzy pozostawili nazewnictwo obiektów stosowane przez płetwonurków.

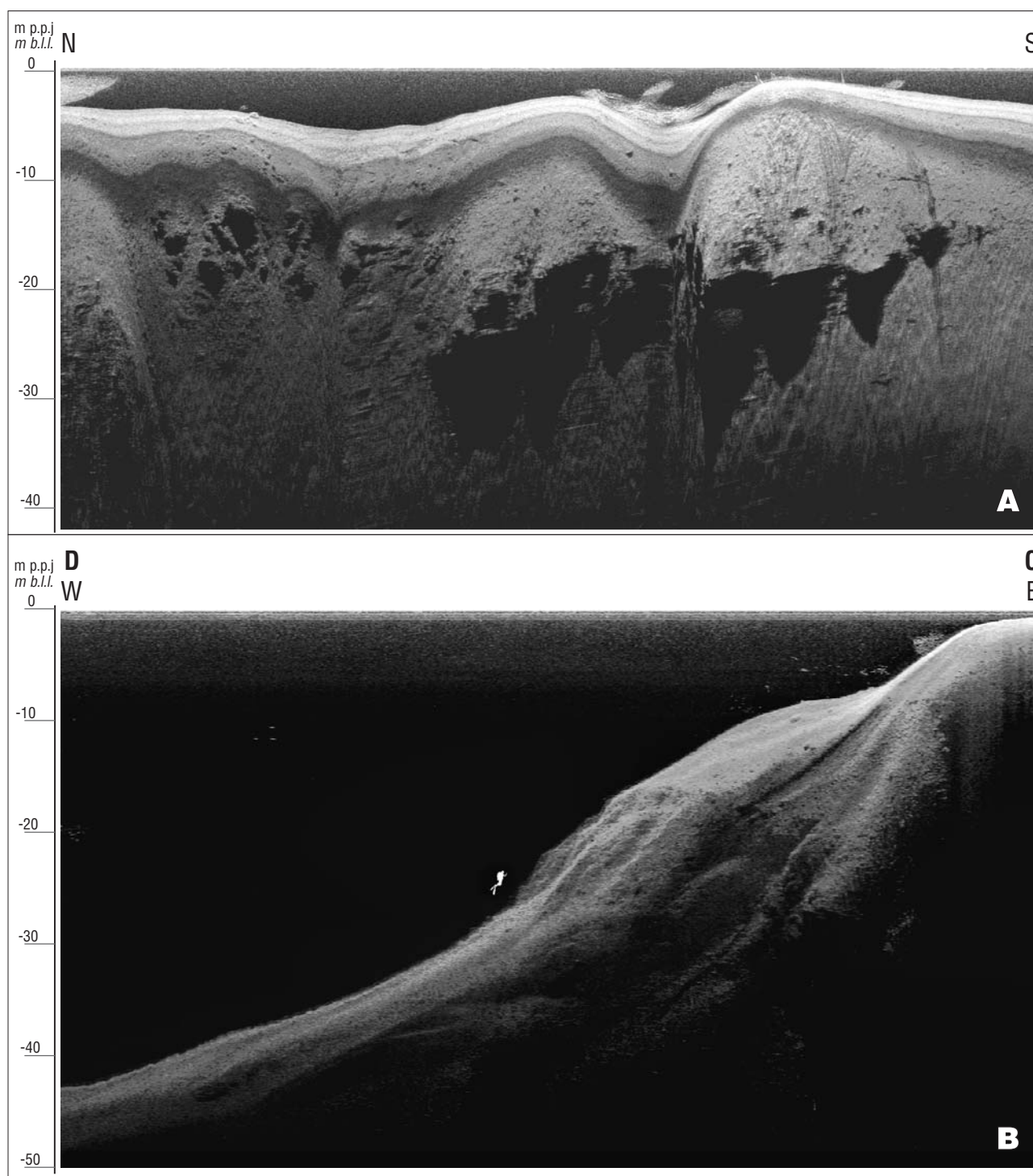
Oprócz zdjęć sonarowych i podwodnych zestawiono archiwalne materiały geologiczne, w tym profile otworów wiertniczych, na podstawie których skonstruowano przekroje geologiczne przecinające jezioro Hańcza na linii południkowej, z N na S oraz na linii równoleżnikowej, z N na E. W niniejszym artykule przedstawiono równoleżnikowy przekrój AB (ryc. 4)

Na numerycznym modelu terenu wykonano wstępną interpretację morfolineamentów jeziora i jego okolicy oraz przeanalizowano szkic geomorfologiczny opracowany dla otoczenia jeziora w skali 1 : 50 000.

INTERPRETACJA

Z interpretacji zdjęć sonarowych wykluczone zostały obiekty pochodzące z zakłóceń pracy sonara, np. ławice ryb i wiązki odbić wtórnych.

Na zobrazowaniach sonarowych w ścianach zbocza jeziora występują duże głązy wystające ponad ich powierzchnię (ryc. 5a). Widoczne są zwarte, masywne fragmenty ścian, zbudowane z glin zwałowych zawierających liczne głązy oraz odcinki najprawdopodobniej zbudowane z osadów o innej litologii (ryc. 5a). Na zdjęciu sonarowym zinterpretowano obecność



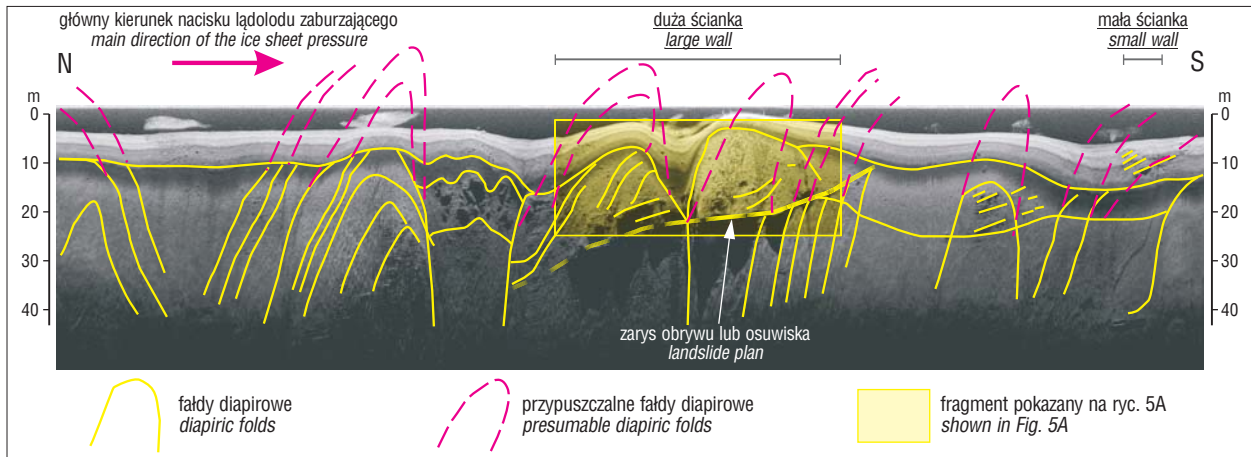
Ryc. 5. A – Duża ścianka, fragment obrazu sonarowego. **B** – Obraz sonarowy – profil zbocza jeziora. Nurek jako skala
Fig. 5. A – Large Wall, fragment of the sonograph image. **B** – Sonograph image – the lake slope profile. The diver as a scale

dwóch poziomów glin zwałowych, potwierdzając wyniki dotychczas przeprowadzonych prac geologicznych (Ber 1967, 1968, 2003).

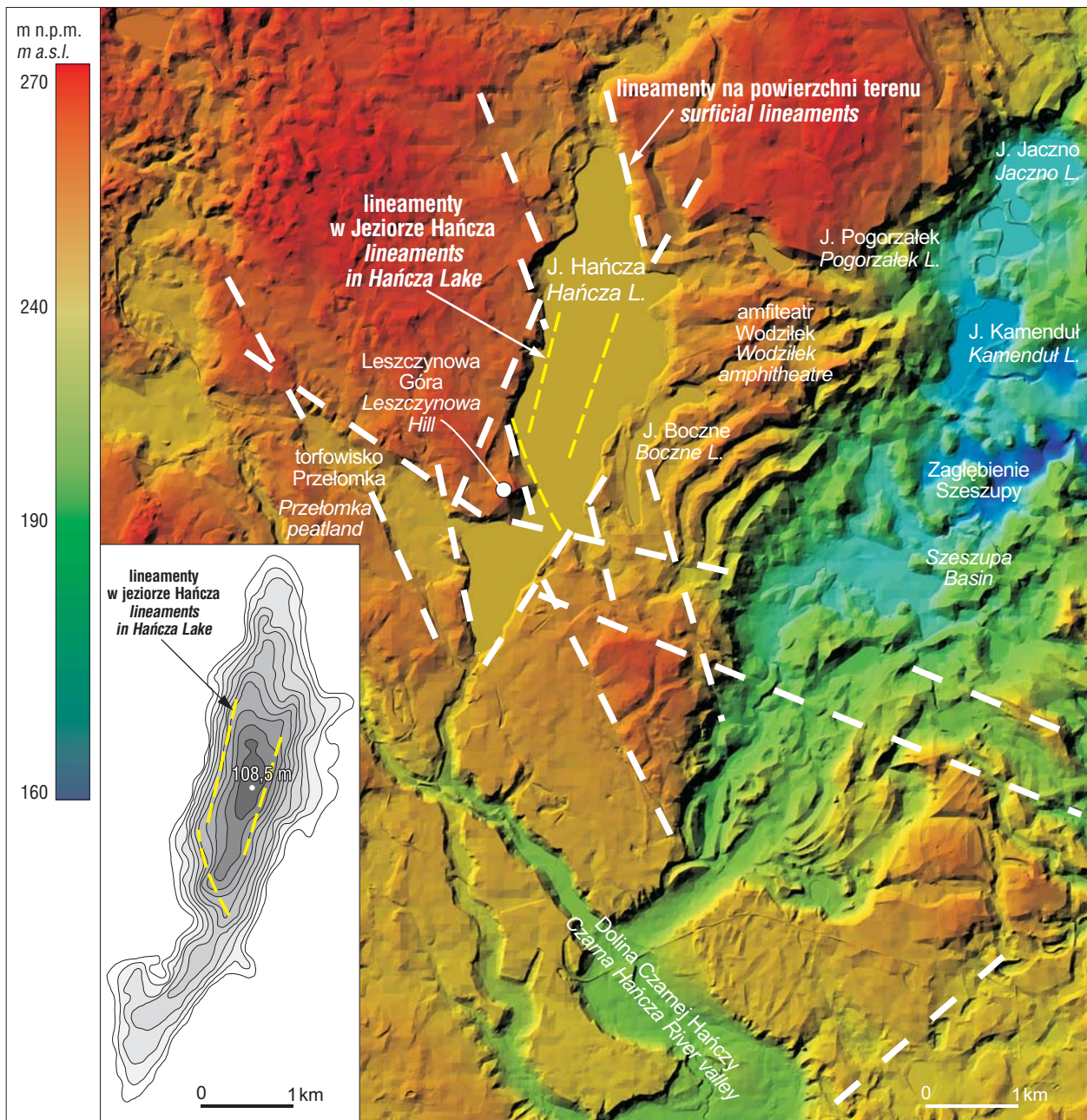
Litologia ścian zinterpretowana ze zdjęć sonarowych (ryc. 6) ma swoje potwierdzenie w obrazie widocznym na podwodnych zdjęciach; sfotografowana tzw. „mała ścianka” zbudowana jest z gliny zwałowej, w której tkwią liczne gładziki, a widoczne powierzchnie uławiczenia w glinie zapaadają na N i na S (ryc. 7 – patrz na str. 204). W glinie widoczne są soczewki mułkowo-piaszczyste (ryc. 8 – patrz na str.

204). W masywnej glinie zwałowej widać też niekiedy pustki po większych gładzicach (ryc. 9 – patrz na str. 204), wykorzystywane często przez ryby. Mniejsze gładziki wykazują ukierunkowane ułożenie (ryc. 9, 10 – patrz na str. 204).

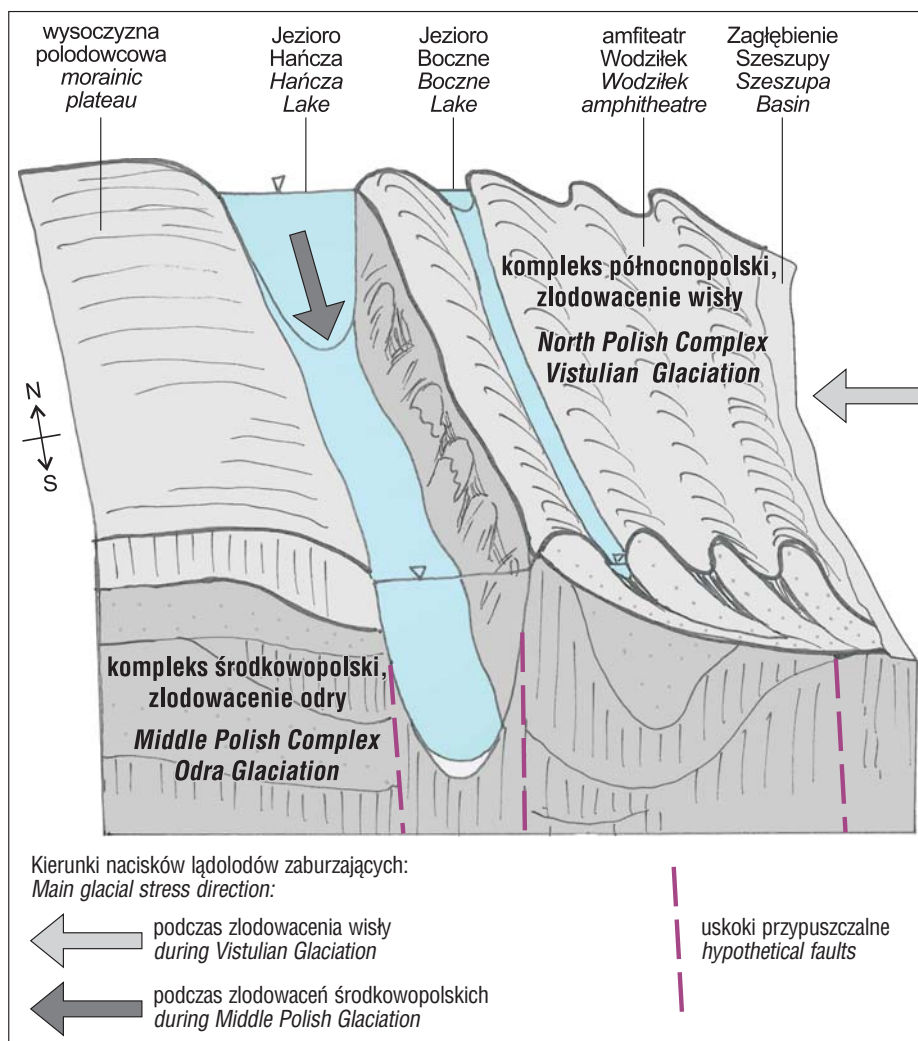
We wschodniej ścianie jeziora (sonar 19) występują glacitektoniczne fałdy antyklinalne lub diapirowe. Mimo, że na niektórych zdjęciach widoczne jest prawie pionowe zaburzenie gliny zwałowej, jednoznaczne określenie litologii i struktury fałdów będzie możliwe po pobraniu próbek i ponownej penetracji podwodnych ścian.



Ryc. 6. Sonar 19, interpretacja geologiczna obrazu sonografu
 Fig. 6. Sonograph 19, geological interpretation of the sonograph image



Ryc. 11. Lineamenty na numerycznym modelu terenu (NMT) na tle batymetrii jeziora
 Fig. 11. Digital Terrain Model (NMT) lineaments against the background of lake depth contour lines



Ryc. 12. Hipotetyczna interpretacja struktur i form polodowcowych w okolicy jeziora Hańcza
Fig. 12. Hypothetical interpretation of the origin of landforms and postglacial structures of the Hańcza Lake vicinity

Zaburzenia glacicitektoniczne powstały prawdopodobnie zarówno przy udziale nacisków pionowych, jak i poziomych, wynikających z oddziaływania lądolodu nasuwającego się od północy (ryc. 6). W kształtowaniu struktur mogła również współdziałać neotektonika zapisana w morfolineamentach (ryc. 11) powierzchni (wysoko wyniesione o prostoliniowym przebiegu brzegi jeziora) oraz permafrost (wieloletnia zmarzlina). Fałdy zbudowane prawdopodobnie z glin zwałowych kompleksu środkowopolskiego i rozdzielone synklinami bardziej miękkich osadów osuwających się i spływających wzdłuż zboczy, miejscami przykrywają „czapy” osuniętej młodszej gliny zwałowej, tj. lądolodu zlodowacenia wisły, który najprawdopodobniej spowodował zaburzenia starszych osadów. Spągowa granica „czap” gliniastych może wskazywać albo na gwałtowne oderwanie się mas skalnych, np. podczas wstrząsów sejsmicznych, albo, co jest bardziej prawdopodobne, na grawitacyjne splezywanie mas osadów po stromych ścianach rynny.

Interpretacja kierunku nachylenia podwodnych struktur glacicitektonicznych jest pomocna dla określenia genezy powstania form powierzchniowych. Nachylenie fałdów zaburzonych glin kompleksu środkowopolskiego we wschodnich ścianach jeziora Hańcza jest z północy na południe. Sąsiadujące półkoliste wały moren spiętrzenia

wraz z jeziorem Boczne (pochodzące ze zlodowacenia wisły) wskazują na nacisk mas lodowych ze wschodu na zachód (ryc. 12), który być może miał także wpływ na genezę struktur ścian jeziora Hańcza. Jednak geneza form ułożonych amfiteatralnie po wschodniej stronie jeziora, nazywanych dawniej „drumlinami lub amfiteatrem Wodзіłek” (Pietkiewicz, 1928), jest nadal dyskusyjna.

Interesująco przedstawia się interpretacja morfolineamentów wyznaczonych na NMT również w odniesieniu do batymetrii jeziora Hańcza i wyznaczenia odcinków brzegowych aktywnych neotektonicznie (ryc. 11). Na uwagę zwracają krótkie, prostoliniowe odcinki brzegów jeziora wskazujące na prawdopodobne występowanie tu powierzchni nieciągłości związanych z wynoszącymi ruchami neotektonicznymi. Lineamenty oddzielają od siebie obszary o odmiennej litologii, np. powierzchnię gliniastej wysoczyzny polodowcowej od piasków wodnolodowcowych, tworzących poziom sandru. Wyniesienie Leszczynowej Góry stanowi rygiel zamykający strefę głębi jeziora; południowa część jeziora Hańcza była połączona z obniżeniem torfowiska Przełomka, tworząc do okresu atlantyckiego jeden zbiornik jeziorny (Ber, 1967, 1974, 2003). Wydaje się, że południowa, płytsza część jeziora (wraz z obniżeniem Przełomki) ma charakter typowo wytopiskowy.

WNIOSKI

We wschodnich ścianach jeziora Hańcza występuje głównie glina zwałowa budująca glaciektoneczne fałdy antyklinalne lub diapirowe. Glina ta najprawdopodobniej należy do kompleksu zlodowaceń środkowopolskich. Fałdy antyklinalne rozdzielone są synklinalnymi strefami występowania zaburzonych miękkich osadów podatnych na przemieszczenie:

– zaburzenia glaciektoneczne powstały najprawdopodobniej przy naciskach poziomych oraz pionowych podczas nasuwania się najmłodszego lądolodu kompleksu środkowopolskiego oraz lądolodu zlodowacenia wisły z kierunku północnego;

– ukierunkowanie form na powierzchni terenu po wschodniej stronie jeziora (amfiteatr Wodziłek) wraz z jeziorem Bocznym wskazuje na nacisk lądolodu ze wschodu na zachód; formy te są młodsze (kompleks zlodowacenia wisły), a ich geneza jest nadal dyskusyjna;

– podczas ostatniego zlodowacenia nastąpiło pogłębienie i przemodelowanie rynny;

– przedstawione wnioski są oparte na wynikach wstępnych prac podwodnych przeprowadzonych przez pletwonurków i geologów na profilu prawie pionowej, wschodniej ścianie rynny jeziora Hańcza; aby w pełni strzemić ściany jeziora odsłoniły swoje tajemnice konieczne jest przeprowadzenie dalszych szczegółowych prac, tak podwodnych, jak i powierzchniowych, w jego bezpośrednim otoczeniu.

LITERATURA

BER A. 1967 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Jeleniewo. Inst. Geol., Warszawa.

BER A. 1968 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1 : 50 000, ark. Jeleniewo. Inst. Geol., Warszawa.

BER A. 1971 – Mapa geologiczna Polski, arkusz Suwałki 1 : 200 000. Wyd. A i B z Objasnieniami. Wyd. Geol., Warszawa.

BER A. 1974 – Czworzędz Pojezierza Suwalskiego. Biul. Inst. Geol., 269: 23–106.

BER A. 1981 – Pojezierze Suwalsko-Augustowskie. Przewodnik Geologiczny. Wyd. Geol. Warszawa.

BER A. 2003 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Jeleniewo – reambulacja. Arch. CAG PIG, Warszawa.

DZIERŻEK J. 2008 – Timing and style of deglaciation of northeastern Poland from cosmogenic ³⁶Cl dating of glacial and glaciofluvial deposits. Geol. Quart., 51: 203–216.

LAUTERBACH S., BRAUER A., ANDERSEN N., DANIELOPOL D.L., DULSKI P., HÜLS M., MILECKA K., NAMIOTKO T., PLESSEN B., VON GRAFENSTEIN U. & DECLAKES PARTICIPANTS 2010 – Multi-Proxy evidence for early to mid-Holocene environmental and climatic changes of northeastern Poland. Boreas, 40: 57–72.

MITRĘGA J. & PACHLA J. 1973 – Warunki hydrogeologiczne jeziora Hańcza. Przew. 45 Zjazdu PTGeol. na Ziemi Suwalsko-Augustowskiej. Wyd. Geol., Warszawa.

MITRĘGA J. & PACZYŃSKI B. 1993 – Hydrogeologiczny system czworzędzowy Pojezierza Suwalskiego. Przew. 65 Zjazdu PTGeol. na Ziemi Suwalskiej. PIG, Warszawa.

MORAWSKI W. & RUDZKI M. 2010 – Próba zastosowania badań georadarowych do geologicznego rozpoznania osadów w dnie jeziora (jeziro Sapłaty na pograniczu Warmii i Mazur). [W:] XVII Konferencja Stratygrafii Plejstocenu Polski, Jeziorowskie 6–10.09.2010: 96–98. PIG-PIB, Warszawa.

OSADCZUK A. 2007 – Preliminary results of acoustic and seismic surveys of the Lake Miedwie bottom. Quaestiones Geographicae, 25: 57–66.

PIETKIEWICZ S. 1928 – Pojezierze Suwalszczyzny Zachodniej (Zarys morfologii lodowcowej). Prz. Geogr., 8: 168–222.

RUTKOWSKI J., PIETSCH K., OSADCZUK A. & KRZYSZTOFIAK L. 2009 – Osady jeziora Wigry w świetle badań sejsmicznych: 131–143.

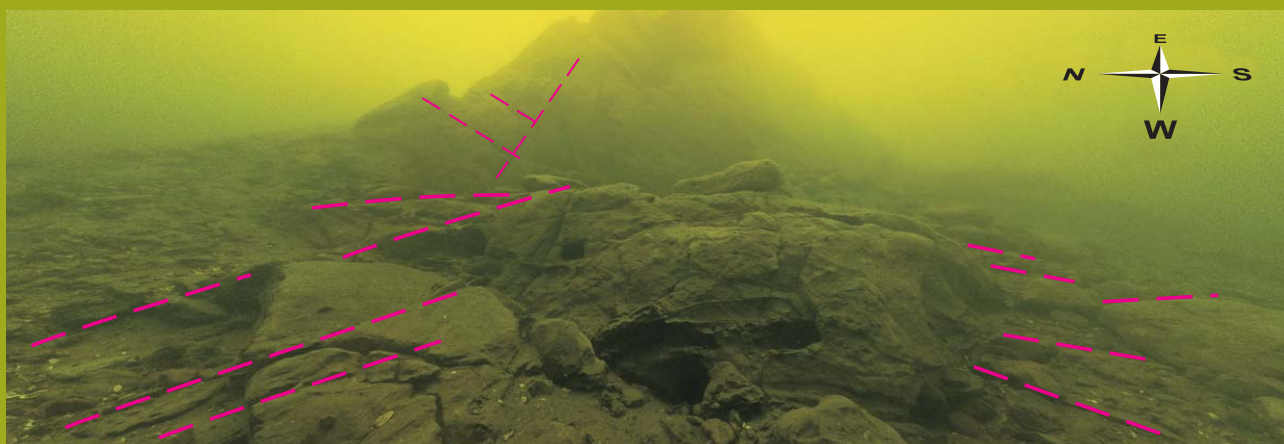
[W:] Rutkowski J. & Krzysztofiak L. (red.) Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych. Suwałki.

RÜHLE E. 1932 – Jezioro Hańcza na Pojezierzu Suwalskim. Wiad. Służby Geogr., 4: 422–445.

Praca wpłynęła do redakcji 29.06.2012 r.

Po recenzji akceptowano do druku 7.09.2012 r.

Jezioro Hańcza – wstępne wyniki geologicznej interpretacji obrazów sonarowych (patrz str. 187)
 Hańcza Lake – preliminary results of the geological interpretation of sonograph images (see p. 187)



Ryc. 7. Widok na tzw. małą ściankę. Widoczne powierzchnie uławicenia w glinie
Fig. 7. View on the small wall. Note till bedding



Ryc. 8. Soczewki mułków laminowanych w glinie zwałowej
Fig. 8. Lenses of laminated silts within the till



Ryc. 9. Gлина zwałowa. Widoczne kierunkowe rozmieszczenie głazików.
 Duży, pusty otwór po głazie – wykorzystany przez miętusy
Fig. 9. Till. Note direction of the boulders. Empty space after a large boulder – used by burbot (Lota lota)



Ryc. 10. Powierzchnia zbudowana z gliny zwałowej. Widoczne kierunkowe zapadanie powierzchni uławicenia gliny oraz liczne głaziki.
 Wszystkie fot. P. i J. Szpygiel
Fig. 10. Till with inclined bedding. Note numerous boulders. All photos by P. & J. Szpygiel