



W poszukiwaniu fragmentów najstarszej skorupy kontynentalnej na Labradorze

Monika A. Kusiak¹, Anna Sałacińska¹



M.A. Kusiak



A. Sałacińska

Searching for pieces of the oldest crust in Labrador. *Prz. Geol.*, 64: 896–901.

Abstract. There are few unresolved questions in the Earth Sciences which generate as much debate as the nature of the Hadean Earth: i.e. the rock record between the Earth's formation and about 3.8 billion years ago. Current knowledge of the nature and origin of the earliest crust comes largely from studies of the mineral zircon ($ZrSiO_4$). The oldest zircon grains on Earth (4.46 Ga) are found in Jack Hills, Australia. They represent a time capsule of what the Earth was like from ca. 4.4–4.0 Ga during the Hadean. The other ancient rocks (>3.8 Ga) are preserved in Antarctica, Canada, China, Greenland, Labrador, Western Australia and Swaziland, with the oldest known rocks on Earth from the Acasta gneiss in Northern Canada, dated at 4.03 Ga. Most likely, the second oldest rock record in the world (>3.9 Ga) may be derived from the Nanok gneiss in the Nain Complex of the Saglek–Hebron area in the northern part of the Labrador Peninsula. Extensive investigation of these rocks will allow further characterizing the nature of the earliest preserved crust.

Keywords: early Earth, Saglek Block, Labrador, granitoids, zircon

Ziemia powstała ok. 4,5 mld lat temu i na początku była zdecydowanie niegościnnym światem. Nie bez przyczyny ten pierwszy eon Ziemi nazywany jest hadeikiem (Hadean; nazwa pochodzi z greckiego „Hades”). Adaptacja Ziemi do bycia bardziej gościnną planetą nastąpiła w ciągu pierwszych kilkuset milionów lat (ok. 500 mln). Naukowcy nie są zgodni, kiedy tak naprawdę zakończył się hadeik i rozpoczął archaik, bo choć tabela stratygraficzna (Gradstein i in., 2012) podaje czas 4,0 mld lat, to dyskusje o przesunięciu granicy są nadal tematem polemiki. Tak więc poszukiwania fragmentów najstarszej skorupy kontynentalnej wciąż trwają, a obecnie może nawet bardziej intensywnie niż kiedykolwiek przedtem, bo każda nawet najmniejsza informacja, pochodząca z najstarszych skał, daje nowe światło odnośnie charakterystyki tej „młodej” Ziemi. Podstawową wiedzę na temat formowania się naszej planety czerpiemy z cyrkonu ($ZrSiO_4$), który jest jedynym minerałem, jaki zachował się w najstarszych skałach na Ziemi – gnejsów Acasta z kratonu Slave w Kanadzie – i jest datowanych na 4,03 mld lat (Bowring & Williams, 1999; Pietranik i in., 2008). Ziarna cyrkonów z Jack Hills w Zachodniej Australii (Compston & Pidgeon, 1986) o wieku 4,46 mld lat (Wilde i in., 2001) będące jak dotąd jedynymi repozytorami informacji o tej najwcześniejszej Ziemi, są ziarnami detrytycznymi zachowanymi w sekwencji osadowej kratonu Yilgran o wieku 2,7–2,6 mld lat (Myers, 1988; Kinny i in., 1990). Skały starsze niż 3,8 mld lat są znane jedynie z nielicznych zachowanych fragmentów (ryc. 1) i występują, oprócz wymienionych, na niewielkich obszarach Zachodniej Grenlandii (Nutman & Friend, 2009), Antarktydy (Black i in., 1986; Kusiak i in., 2013, 2015), północnych Chin (Liu i in., 2008; Wilde i in., 2008), a także północnego Labradoru (Collerson, 1983; Schiotte i in., 1989a, b; Krogh & Kamo, 2006). Wśród najstarszych skał to właśnie te z północnego Labradoru są najmniej poznane. Większość prac naukowych była prowadzona przez Kana-

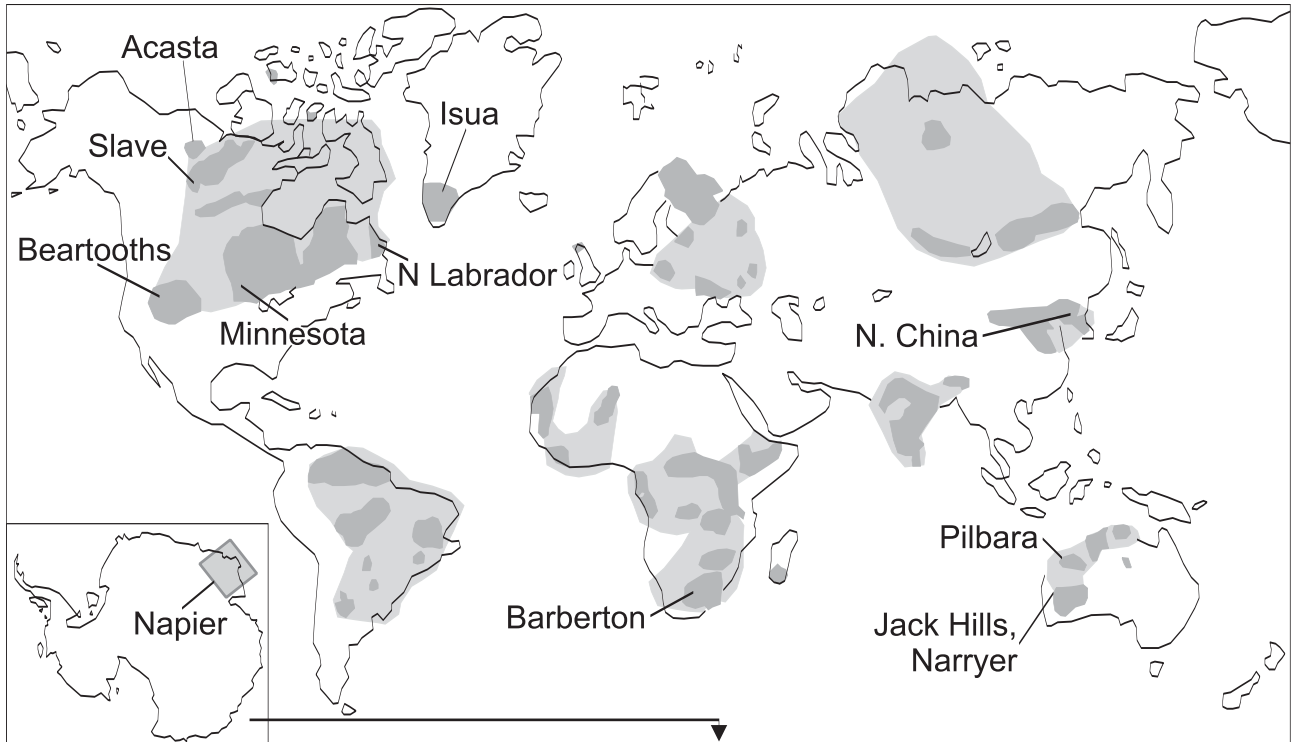
dajczyków i Australijczyków w latach 70. i 80. XX w., a niedostępność obszaru spowodowała, że pierwsze próbki skalne do badań pochodziły z terenów położonych wzdłuż wybrzeża. Informacje geologiczne wspierano interpretacją map satelitarnych oraz obserwacją prowadzoną z helikoptera i samolotu. Prace naukowe podsumowujące te badania zostały opublikowane na początku lat 90. XX w. Po niespełna 10 latach, ukazał się przełomowy artykuł (Krogh & Kamo, 2006), w którym autorzy, pracując na materiałach archiwalnych, zaproponowali reinterpretację wcześniejszych danych izotopowych.

Dzięki nowej bazie turystyczno-naukowej, otwartej w 2007 r. i położonej przy południowej granicy Parku Narodowego Kanady w Górach Torngat (Zatoka Saglek – Port St. John's; ryc. 2), było możliwe zaplanowanie nowych wypraw naukowych. Po kilkudziesięciu latach przerwy, obszar ten znowu stał się atrakcyjny dla naukowców, szczególnie tych, którzy poszukują fragmentów najstarszej skorupy ziemskiej. Celem poniższej publikacji jest przedstawienie wyników przeprowadzonych badań.

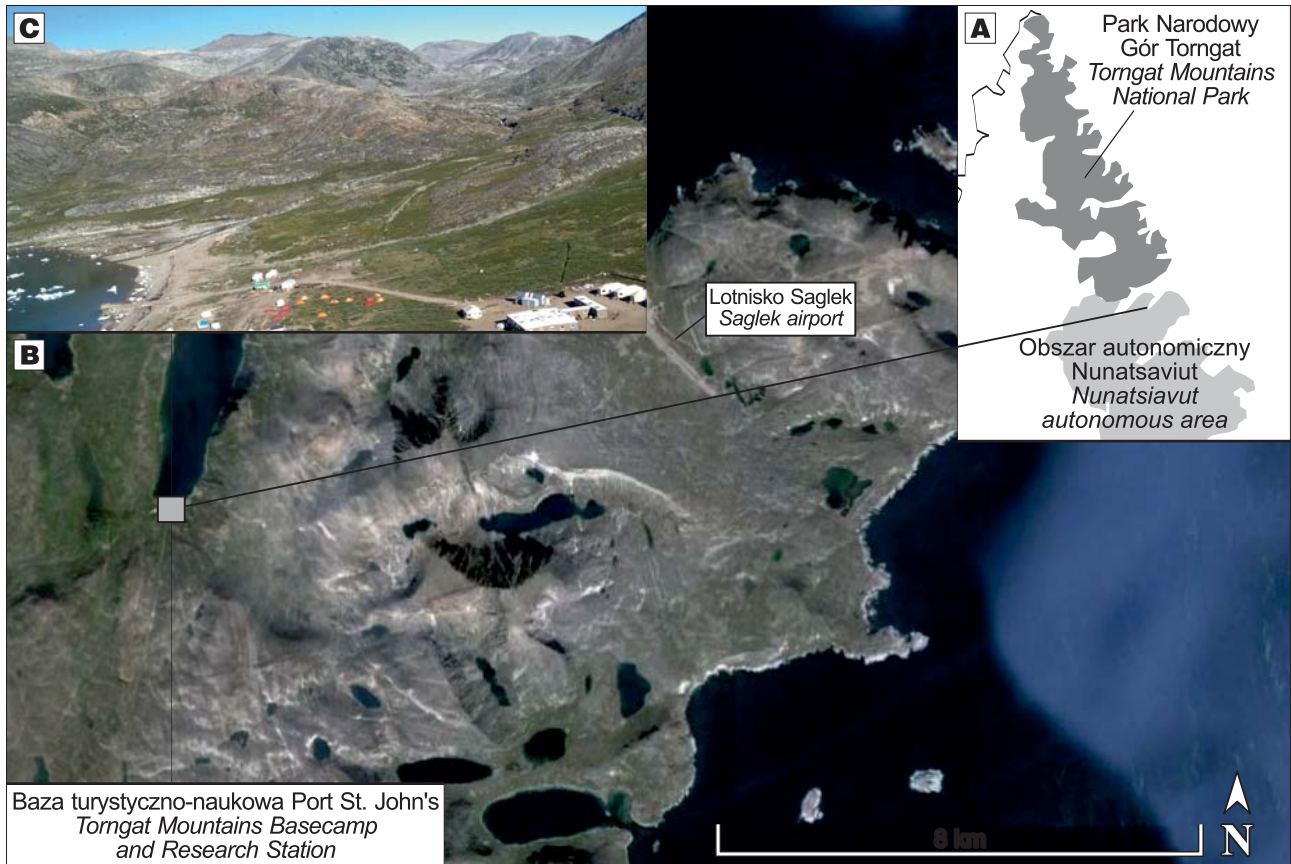
HISTORIA BADAŃ GEOLOGICZNYCH NA PÓŁNOCNYM LABRADORZE

Pierwsza wzmianka na temat budowy geologicznej Labradoru została opublikowana w roku 1884 (Bell, 1884 patrz Ryan i in., 1983). Dalsze prace ukazywały się stopniowo w latach 1902 (Daly, 1902; Delebarre, 1902 patrz Rayan i in., 1983), 1921 (Coleman, 1921) oraz 1938 (Odell, 1938), natomiast pierwsza mapa geologiczna wybrzeża została przygotowana przez Christie (1952) oraz Douglasa (1953). Główne jednostki geologiczne wydzielono po stworzeniu map regionalnych pod koniec lat 60. i we wczesnych latach 70. XX w. Wyniki bardzo ogólnych prac terenowych zostały przedstawione w publikacjach Taylora (1969, 1970, 1971, 1979 patrz Ryan i in., 1983) oraz Morgana (1972,

¹ Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa; monika.kusiak@twarda.pan.pl.



Ryc. 1. Schematyczna mapa świata ukazująca rozpoznane (ciemnoszare) bądź przypuszczalne (jasnoszare) fragmenty skał starszych niż 2,5 mld lat. Opisano obszary zawierające skały starsze niż 3,6 mld lat (wg Valley'a, 2005, zmodyfikowane)
Fig. 1. Schematic world map with recognised (deep-grey) or expected (light-grey) fragments of the rocks older than 2.5 Ga. Areas with rocks older than 3.6 Ga are labelled (after Valley, 2005, modified)



Ryc. 2. Baza naukowo-turystycznej w Górach Torngat, Port St. John's, północny Labrador, Kanada. **A** – uproszczona mapa północnego Labradoru (<http://www.torngatbasecamp.com/home/>; zmodyfikowane); **B** – fragment mapy satelitarnej z zaznaczonym umiejscowieniem bazy (Google maps); **C** – zdjęcie bazy zrobione z helikoptera (fot. M.A. Kusiak)
Fig. 2. The Torngat Mountains Base Camp & Research Station, Port St. John's, Northern Labrador, Canada: **A** – simplified map of the N Labrador (<http://www.torngatbasecamp.com/home/>; modified); **B** – satellite image with the location of the base camp (Google maps); **C** – aerial view of the base camp (photo by M.A. Kusiak)

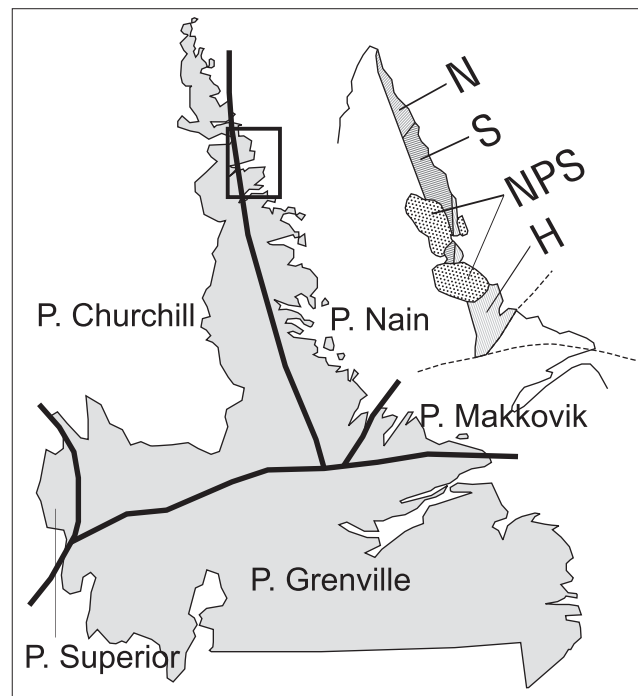
1973 patrz Ryan i in., 1983; Morgan, 1975). W 1973 r. ukazał się końcowy raport projektu „Evolution of anorthosite and related crustal rocks in coastal Labrador”, w ramach którego opróbowano teren północno-wschodniego wybrzeża Labradoru pomiędzy Cape Kiglapait (na północy) oraz Fiordem Kangelaksiorvik (na południu), obejmując również wybrzeże Zatoki Ramah oraz obszar pomiędzy Fiordami Saglek i Hebron (Morse, 1974). W kolejnych latach po ekspedycji, w wyniku współpracy Geological Survey of Canada oraz Memorial University of Newfoundland, powstały pierwsze szczegółowe prace dotyczące geologii wschodniego archaicznego bloku na obszarze Saglek. Zinterpretowano główne wydarzenia geologiczne, wprowadzono nazwy jednostek oraz określono ich wiek metodami izotopowymi (Bridgwater i in., 1975; Hurst i in., 1975). Do czasu wznowienia prac terenowych w północnej części półwyspu Labrador w latach 1982–1983 Collerson wraz ze współpracownikami prowadzili szczegółowe badania, wyznaczając dalszą chronologię obszaru Saglek (Bridgwater & Collerson, 1976; Collerson & Bridgwater, 1979; Wanless i in., 1979; Kerr, 1980; Collerson i in., 1982). Po dwóch wyprawach naukowych z początku lat 80. XX w. ukazały się raporty podsumowujące próbę wyznaczenia granicy pomiędzy Prowincjami Nain oraz Churchill. Projekt ten był kontynuacją wcześniejszych badań prowadzonych na zachód od obecnie badanego terenu. Przeprowadzono kartowanie geologiczne oraz dokonano oceny występowania surowców mineralnych. Zwrócono szczególną uwagę na wpływ orogenezy hudsonskiej (ok. 1,9 mld lat) na Grupę Ramah oraz jej archaiczną podstawę wzdłuż wschodniej części frontu orogenicznego. W wyniku prac terenowych dla obszaru Fiordu Saglek (1982) oraz Fiordu Hebron (1983) powstały mapy geologiczne w skali 1 : 50 000 (kolejno arkusze NTS 14L/6,7 oraz NTS 14L/2,3) (Ryan i in., 1983, 1984). Po wprowadzeniu aktualizacji, na ich podstawie została sporządzona i wydana mapa geologiczna obszaru Saglek–Hebron (NTS 14L/2, 3, 6, 7) w skali 1 : 100 000 (Ryan & Martineau, 2012). Badania geochemiczne oraz izotopowe zaowocowały szeregiem publikacji (Hurst i in., 1975, Hurst & Tilton, 1976; Bridgwater & Collerson, 1976, 1977; Baadsgaard i in., 1979; Collerson i in., 1981, 1982; Schiotte i in., 1986, 1989a, b), lecz otrzymane wyniki wykazały, że istnieje znaczne zróżnicowanie w stopniu przeobrażenia skał i do interpretacji danych są konieczne dalsze badania. W 1989 r. odbyła się kolejna ekspedycja naukowa, uzupełniająca wcześniejsze prace terenowe Nowofundlandzkiego Departamentu Górnictwa i Energii prowadzone w latach 1982 i 1983. Głównym celem wyprawy było szczegółowe rozpoznanie wpływu późnoarchaicznego wydarzenia termicznego na dolnoarchaiczny kompleks gnejsów na obszarze Saglek–Hebron–Okak (północny Labrador). Ponadto zamierzano udokumentować ślady wpływu proterozoicznego wydarzenia metamorficznego oraz określić zakres występowania dolnoarchaicznych skał na obszarze położonym na południe od Nain (Bridgwater i in., 1990). Po wyprawie z końca lat 80. XX w. nastąpiła długa przerwa w badaniach bloku Saglek. W 2006 r. Krogha i Kamo w swojej publikacji zreinterpretowali dotychczasowe wyniki i wskazali na problem ich rozbieżności. Obszar bloku Saglek stał się obiektem powtórnego zainteresowania naukowców z całego świata. Dotychczas ukazało się zaledwie jedno kompleksowe opracowanie, podsumowujące prace terenowe 2012–2013 prowadzone przez japońskich geologów (Komiya

i in., 2015). Najnowsza publikacja prezentuje uaktualnione mapy dziewięciu obszarów bloku Saglek oraz informacje dotyczące interpretacji danych związanych z dolnoarchaicznym suprakrustalnym kompleksem Nulliak.

NAJSTARSZE SKAŁY BLOKU SAGLEK

Prowincja Nain, rozciągająca się wzdłuż północnego i wschodniego wybrzeża półwyspu Labrador w Kanadzie, jest podzielona na dwa obszary: południowy blok Hopedole oraz północny blok Saglek. Od wschodu Prowincja Nain graniczy z Prowincją Churchill (ryc. 3). Po długoletnich dyskusjach, granicę obu prowincji wyznaczono na podstawie przebiegu uskoku rozdzielającego najmłodszą jednostkę bloku Saglek – grupę Ramah – oraz dolnoproterozoiczne gnejsy Prowincji Churchill (Ryan, 1996; Ryan & Martineau, 2012). Grupa Ramah składa się głównie z metaosadowych skał o przebiegu zbliżonym do południkowego. Granica ta (prowincji Nain i Churchill) jest interpretowana jako kolizja dwóch stabilnych fragmentów kratonu (archaicznych prowincji Nain i Rae – wschodnia część prowincji Churchill) podczas wczesnoproterozoicznej (1,87–1,84 mld lat) orogenezy Torngat (Morgan, 1975; Hoffman, 1988; Kranendonk & Ermanovics, 1990; Rivers i in., 1996; St-Onge i in., 2009). Blok Saglek stanowi najbardziej zachodnią część kratonu północnoamerykańskiego i obejmuje obszar Parku Narodowego Gór Torngat oraz autonomiczny obszar należący do Inuitów Nunatsiavut. Północny Labrador to jeden z najmniej poznanych regionów polarnych północnej półkuli Ziemi.

Blok Saglek jest zbudowany z archaicznych kwarcowo-skaleniovych gnejsów wieku 3,9–2,5 mld lat (Bridgwater & Schiotte, 1991), pochodzących z intruzywnego



Ryc. 3. Prowincje geologiczne wschodniej części półwyspu Labrador, północna Kanada; P – prowincje; N – blok Nachviak, S – blok Saglek, H – blok Hopedole, NPS (Nain Plutonic Suit) – pluton Nain (wg Wardle'a i in., 1997, zmodyfikowane)

Fig. 3. Geological provinces of the eastern part of the Labrador Peninsula, northern Canada; P – provinces, N – Nachviak Block, S – Saglek Block, H – Hopedole Block, NPS – Nain Plutonic Suit (after Wardle et al., 1997, modified)



Ryc. 4. Odślonienie gnejsów Uivak (lub Nanok), Tigigakyuk Inlet. Ryc. 4, 6, 7 fot. M.A. Kusiak

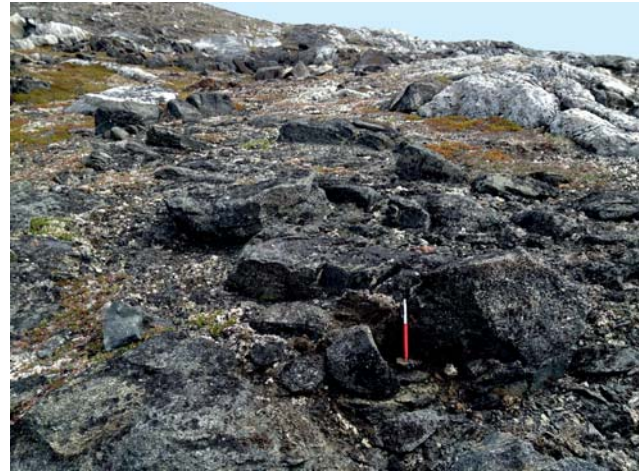
Fig. 4. Outcrop of the Uivak (or Nanok) gneisses, Tigigakyuk Inlet. Figs 4, 6, 7 photo by M.A. Kusiak

protolitu i przewarstwionych suprakrustalnymi skałami osadowymi oraz wulkanicznymi. W kompleksie dominują gnejsy, nazwane gnejsami Uivak, które stanowią najstarszą jednostkę skalną rozpoznaną na obszarze północnego Labradoru, zajmującą powyżej 60% powierzchni terenu (ryc. 4; Bridgwater i in., 1975; Hurst i in., 1975; Collerson, 1983; Schiotte i in., 1989a; Bridgwater i in., 1990; Schiotte & Bridgwater, 1990). Gnejsy Uivak są podzielone na dwie formacje: starsze gnejsy Uivak I (>3,6 mld lat) o składzie TTG (trondhemit-tonalit-granodioryt) i młodsze gnejsy oczkowe Uivak II (ok. 3,4 mld lat), tworzące bogate w



Ryc. 6. Odślonienie gnejsów Uivak I i Uivak II, na zdjęciu widoczna zdefragmentowana dajka Saglek

Fig. 6. Outcrop of the Uivak I and Uivak II gneisses with the Saglek Dyke dismembered



Ryc. 7. Odślonienie skał zespołu Nulliak, Nulliak Island
Fig. 7. Outcrop of the Nulliak Assemblage, Nulliak Island

żelazo – porfirowe granodioryty i dioryty (Collerson & Bridgwater, 1979; Krogh & Kamo, 2006). Tylko lokalnie jest widoczna wyraźna intruzja gnejsów Uivak II w Uivak I (ryc. 5 – patrz str. 932; ryc. 6; Hurst i in., 1975; Bridgwater & Collerson, 1976; Collerson & Bridgwater, 1979). Z gnejsami Uivak I przewarstwiają się suprakrustalne skały osadowe oraz wulkaniczne zespołu Nulliak (Bridgwater i in., 1975; Nutman i in., 1989). Zespół ten (ryc. 7) jest reprezentowany przez skały ultramaficzne, maficzne, gabra i anortozyty, skały klastyczne oraz skały osadowe pochodzenia chemicznego, tj. skały węglanowe, czerty i wstęgowane rudy żelaza (BIF – *Banded Iron Formation*). Z obserwacji terenowych wynika, że zespół Nulliak był intrudowany przez magmowy protolit gnejsów Uivak, w związku z czym jest interpretowany jako starszy niż 3,6 mld lat (Bridgwater & Collerson, 1977; Ryan i in., 1983, 1984; Nutman i in., 1989; Collerson i in., 1991; Nutman & Collerson, 1991; Regelous & Collerson, 1996; Komiya i in., 2015). Młodsze, niezdyferencjonowane gnejsy, nazwane przez Schiotte i in. (1989a) gnejsami Lister, są definiowane jako skały przeobrażone z gnejsów Uivak podczas wydarzenia termalnego, mającego miejsce ok. 3,2 mld lat temu (Bridgwater i in., 1975; Hurst i in., 1975; Krogh & Kamo, 2006). Gnejsy te przewarstwiają się z suprakrustalnymi skałami kompleksu Upernavik. Terenowe rozróżnienie zespołu Nulliak z gnejsami Uivak od kompleksu Upernavik z gnejsami Lister jest możliwe dzięki intruzji maficznej środkowoarchaicznej dajki Saglek (Hurst i in., 1975; Ryan i in., 1984) (tab. 1; ryc. 6).

Tab. 1. Geochronologia głównych jednostek geologicznych Bloku Saglek (Nutman & Collerson, 1991)

Table 1. Geochronology of the main geological units of the Saglek Block (Nutman & Collerson, 1991)

Wiek [mln lat] Age [Ma]	Jednostka litologiczna Lithology
3240	gnejsy Lister / <i>Lister gneisses</i>
>3240	skały suprakrustalne Upernavik <i>Upernavik supracrustal association</i>
3200–3500	intruzje maficznych dajek Saglek <i>mafic intrusion of Saglek dykes</i>
3400–3600	gnejsy oczkowe Uivak II / <i>Uivak II augen gneiss</i>
3600–3800	gnejsy tonalitytowe Uivak I / <i>Uivak I tonalitic gneiss</i>
3800	zespół Nulliak / <i>Nulliak supracrustal assemblage</i>
3850–3900	prekursor gnejsów Uivak (Nanok/Iqaluk?) <i>precursor of the Uivak gneisses (Nanok/Iqaluk?)</i>

W POSZUKIWANIU PREKURSORA GNEJSÓW UIVAK

Na podstawie występowania ksenokryształów cyrkonu starszych niż 3,8 mld lat (Collerson, 1983; Schiotte i in., 1989a, b; Krogh & Kamo, 2006) został wyodrębniony prekursor gnejsów Uivak I nazwany gnejsami „Nanok” (ryc. 8 – patrz str. 932), co w języku Inuitów oznacza niedźwiedzia polarnego (Collerson i in., 1991). Obecność gnejsów jest nadal kontrowersyjna i tylko niektórzy autorzy (Collerson, 1983; Collerson & Regelous, 1995) wyodrębniają gnejsy Nanok jako osobną jednostkę skalną. Collerson (1983), na podstawie datowania cyrkonów metodą U-Pb przy użyciu mikrosondy jonowej SHRIMP (*Sensitive High Resolution Ion Microprobe*) uzyskał wiek $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ populacji 3,92 oraz 3,81–3,70 mld lat. Wyniki te zinterpretowano jako okres formowania się bogatego w żelazo monzonitowego i diorytowego protolitu gnejsów Nanok. Kolejne datowania cyrkonów z użyciem mikrosondy jonowej (Schiotte i in., 1989a) wykazały wiek 3,86 mld lat dla cyrkonów pochodzących z ortognejsów facji amfibolitowej oraz 3,84 mld lat dla cyrkonów pochodzących z ortognejsów facji granulitowej. Stosując metodę ID-TIMS (*Isotope Dilution Thermal Ionization Mass Spectrometry*), Krogh & Kamo (2006) otrzymali wyniki datowania 3,81 oraz 3,99 mld lat, które zostały określone jako potencjalny wiek powstania protolitu gnejsowego Nanok. Próbką reprezentująca te gnejsy (KC-91-35B; Krogh & Kamo, 2006) została pobrana z południowego brzegu zatoki Tigigakyuk i jest opisywana jako bogaty w żelazo gnejs monzodiorytowy. Występuje on w postaci enklawy w stosunkowo słabo zdeformowanym gnejsie Uivak I. Z obserwacji terenowych wynika, że gnejsy Nanok są starsze niż gnejsy Uivak oraz suprakrystalny zespół Nulliak (Collerson i in., 1992). Najnowsze badania gnejsów Uivak I z obszaru położonego na południe od Portu St. John's zostały zaprezentowane w abstraktach konferencyjnych przez Shimoyo i współpracowników w latach 2012 i 2013. Do datowania cyrkonów zastosowano metodę LA-ICPMS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) i uzyskano wyniki wieku 3,91 mld lat. Według opisu petrograficznego próbek pobranych z obszaru położonego na południe od portu St. John's, te najstarsze gnejsy charakteryzuje zespół mineralny typowy dla tonalitów. Ze względu na cechy petrograficzne, autorzy powyższych danych zaproponowali nową nazwę „Iqualuk” (Komiya i in., 2015), co w języku Inuitów oznacza rodzaj pstrąga.

PODSUMOWANIE

Poszukiwanie monzodiorytowych gnejsów Nanok czy tonalitowych gnejsów Iqualuk i ich wydzielenie jako odrębnej „jednostki strukturalnej” jest istotne dla wielu badaczy zajmujących się „młodą” Ziemią. W celu zaakceptowania istnienia prekursora gnejsów Uivak I niezbędne są dalsze prace petrograficzne, geochemiczne oraz geochronologiczne. Potwierdzenie ich występowania to nie tylko odnalezienie drugich, najstarszych po gnejsach Acasta skał na Ziemi. Wejrzenie w materiał ziemski rejestrujący procesy, które miały miejsce w ciągu pierwszych kilkuset milionów lat od początku istnienia naszej planety, może nam pomóc w tworzeniu obrazu o cechach geochemicznych

i izotopowych najstarszej skorupy. Możliwość porównania takich wyników z wynikami cyrkonów pochodzącymi z najstarszych skał na Ziemi będzie ważnym głosem w dyskusji na temat powstania i różnicowania się skorupy kontynentalnej.

Autorki pragną podziękować prof. dr hab. J. Wiszniewskiej oraz anonimowemu Recenzentowi za cenne uwagi i korekty poprawiające jakość artykułu. M.A. Kusiak zapoznała się z terenem podczas wyprawy w roku 2014, mając wszystkie konieczne pozwolenia Parku Kanada oraz rządu Nunatsiavut. Badania dotyczące procesów wczesnej Ziemi na Labradorze są finansowane z grantu NCN przyznanemu M.A. Kusiak, numer UMO-2014/15/B/ST10/04245.

LITERATURA

- BAADSGAARD H., COLLERSON K.D. & BRIDGWATER D. 1979 – The Archean gneiss complex of northern Labrador. 1. Preliminary U-Th-Pb geochronology. *Can. J. Earth Sci.*, 16 (4): 951–961.
- BLACK L.P., WILLIAMS I.S. & COMPSTON W. 1986 – Four zircon age from one rock: the history of a 3939-Ma-old granulite from Mount Sones, Enderby Land, Antarctica. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 94: 427–437.
- BOWRING S.A. & WILLIAMS I.S. 1999 – Priscoan (4.00–4.03 Ga) orthogneisses from northwestern Canada. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 134: 3–16.
- BRIDGWATER D. & COLLERSON K.D. 1976 – Major petrological and geochemical characters of 3,600 my Uivak gneisses from Labrador. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 54: 43–59.
- BRIDGWATER D. & COLLERSON K.D. 1977 – On the origin of early Archean gneisses: A reply. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 2 (2): 179–191.
- BRIDGWATER D. & SCHIOTTE L. 1991 – The Archean gneiss complex of Northern Labrador – A review of current results, ideas and problems. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 39: 153–166.
- BRIDGWATER D., COLLERSON K.D., HURST R.W. & JESSEAU C.W. 1975 – Field characters of the early Precambrian rocks from Saglek, coast of Labrador. *Geol. Surv. Can.*, Pap. 75-1, Part A: 287–296.
- BRIDGWATER D., MENGEL F., SCHIOTTE L. & WINTER J. 1990 – Research on the Archean rocks of northern Labrador, progress report 1989: Current Research. Newfoundland Department of Mines and Energy, Report 90-1: 227–236.
- CHRISTIE A.M. 1952 – Geology of the northern coast of Labrador, from Grenfell Sound to Port Manvers, Newfoundland. *Geol. Surv. Can.*, Pap., 52: 22.
- COLEMAN A.P. 1921 – Northeastern part of Labrador and New Quebec. *Geol. Surv. Can.*, Mem.: 124.
- COLLERSON K.D. 1983 – Ion microprobe zircon geochronology of the Uivak gneisses: implications for the evolution of early terrestrial crust in the North Atlantic Craton, Houston, Texas. Lunar and Planetary Institute Technical Report 83-03: 28–33.
- COLLERSON K.D. & BRIDGWATER D. 1979 – Metamorphic development of early Archean tonalitic and trondhjemitic gneisses, Saglek area, Labrador. [W:] Baker F. (red), *Trondhjemitic, dacites and related rocks*. Amsterdam, Elsevier: 205–273.
- COLLERSON K.D. & REGELOUS M. 1995 – Evolution of early Archean lithosphere: new data from the North Atlantic Craton (abstr.). *Terra Nova*, 7: 98.
- COLLERSON K.D., KERR A. & COMPSTON W. 1981 – Geochronology and evolution of late Archean gneisses in Northern Labrador: An example of reworked sialic crust. *Geol. Soc. Australia, Spec. Public.*, 7: 205–222.
- COLLERSON K.D., KERR A., VOCKE R.D. & HANSON G.N. 1982 – Reworking of sialic crust as represented in late Archean-age gneisses, northern Labrador. *Geology*, 10: 202–208.
- COLLERSON K.D., CAMPBELL L.M., WEAVER B.L. & PALACZ Z.A. 1991 – Evidence for extreme mantle fractionation in early Archean ultramafic rocks from northern Labrador. *Nature*, 349: 209–214.
- COLLERSON K.D., MEROZ Y. & GIL C. 1992 – Early Archean lithosphere: Constraints from the North Atlantic Craton (abstr.). *Eos*, 73: 330.
- COMPSTON W. & PIDGEON R.T. 1986 – Jack Hills, evidence of more very old detrital zircons in Western Australia. *Nature*, 321: 766–769.
- DALY R.A. 1902 – The geology of the northeast coast of Labrador. *Bull. Harvard Univer. Mus. Compar. Zoology*, 38, *Geol. Ser.*, 5: 205–270.

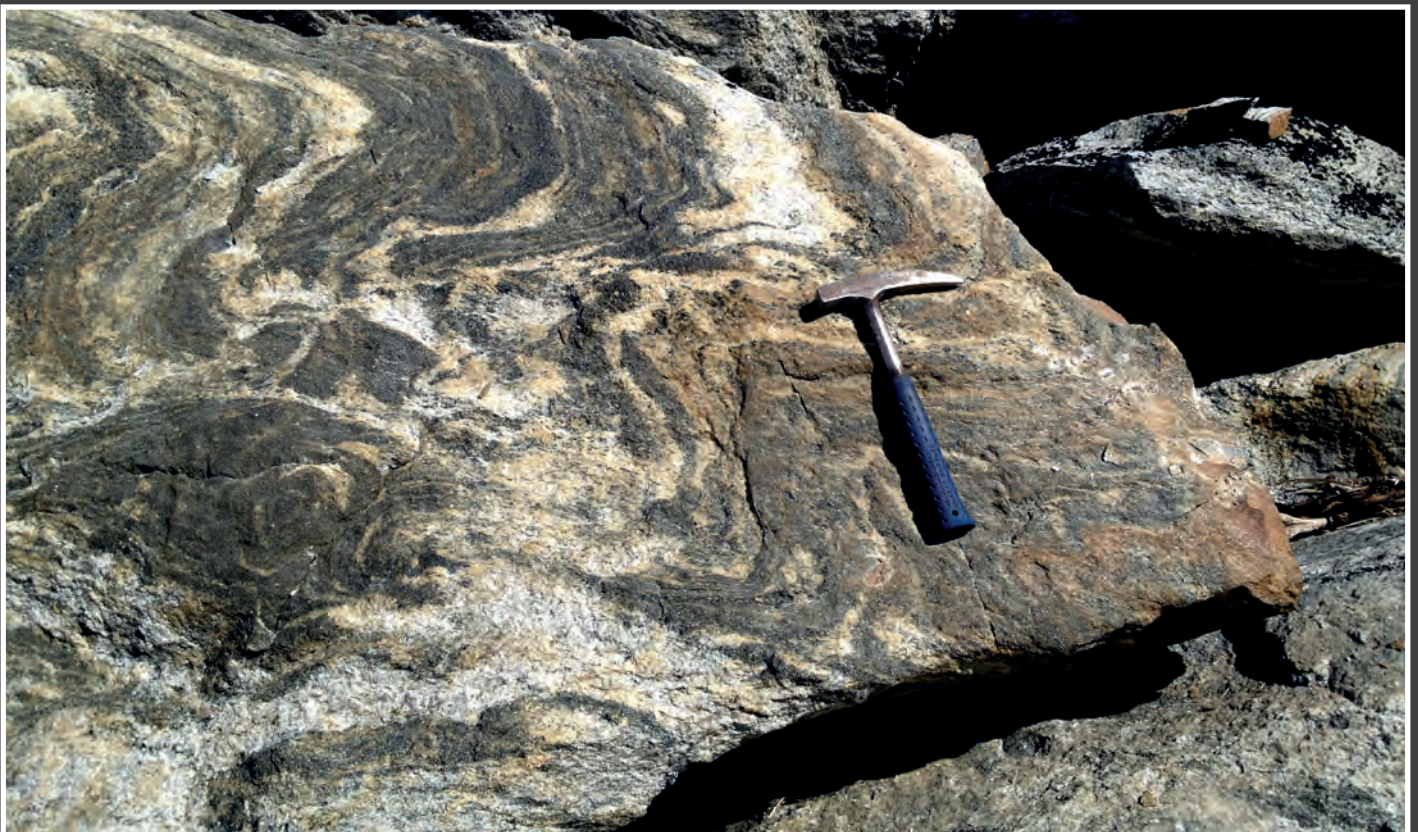
- DOUGLAS G.V. 1952 – Notes on localities visited on the Labrador coast in 1946 and 1947. *Geol. Surv. Can. Pap.*: 53–61.
- GRADSTEIN F.M., OGG J.G. & HILGEN F.J. 2012 – On the Geologic Time Scale. *Newsletters on Stratigraphy*, 45/2: 171–188.
- HOFFMAN P.F. 1988 – United plates of America, the birth of a craton Laurentia. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 16: 543–603.
- HURST R.W. & TILTON G.R. 1976 – Isotopic investigations of the 3.62 b.y. old iron-rich Uivak Gneiss, Saglek Bay, Labrador. *Abstracts with Programs – Geol. Soc. Amer.*, 8 (6): 933.
- HURST R.W., BRIDGWATER D., COLLERSON K.D. & WETHERILL G.W. 1975 – 3600 m.y. Rb-Sr ages from very early Archean gneisses from Saglek Bay, Labrador. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 27: 393–403.
- KERR A. 1980 – Late Archean igneous, metamorphic and structural evolution of the Nain Province at Saglek, Labrador; unpublished M.Sc. thesis. Memorial University of Newfoundland, St. John's.
- KINNY P.D., WIJBRANS J.R., FROUDE D.O., WILLIAMS I.S. & COMPSTON W. 1990 – Age constraints on the geological evolution of the Narryer Gneiss Complex, Western Australia. *Aust. J. Earth Sci.*, 37: 51–69.
- KOMIYA T., YAMAMOTO S., AOKI S., SAWAKI Y., ISHIKAWA A., TASHIRO T., KOSHIDA K., SHIMOJO M., AOKI K. & COLLERSON K.D. 2015 – Geology of the Eoarchean, >3.95 Ga, Nulliak supracrustal rocks in the Saglek Block, northern Labrador, Canada: The oldest geological evidence for plate tectonics. *Tectonophysics*, 622: 40–66.
- KRANENDONK M.J. & ERMANOVICS I.F. 1990 – Structural evolution of the Hudsonian Torngat Orogen in the North River map area, Labrador: evidence for east-west transpressive collision of Nain and Rae continental blocks. *Geoscience Canada*, 17: 283–288.
- KROGH T.E. & KAMO S.L. 2006 – Precise U-Pb zircon ID-TIMS ages provide an alternative interpretation to early ion microprobe ages and new insights into Archean crustal processes, northern Labrador. *Geol. Soc. Amer., Spec. Pap.*, 405: 91–103.
- KUSIAK M.A., WHITEHOUSE M.J., WILDE S.A., DUNKLEY D.J., MENNEKEN M., NEMCHIN A.A. & CLARK C. 2013 – Changes in zircon chemistry during Archean UHT metamorphism in the Napier Complex, Antarctica. *Amer. J. Sci.*, 313: 933–967.
- KUSIAK M.A., DUNKLEY D.J., WIRTH R., WHITEHOUSE M.J., WILDE S.A. & MARQUARDT K. 2015 – Metallic lead nanospheres discovered in ancient zircons. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 112 (16): 4958–4963.
- LIU D., WILDE S.A., WAN Y., WU J., ZHOU H., DONG CH. & YIN X. 2008 – New U-Pb and Hf isotopic data confirm Anshan as the oldest preserved segment of the North China Craton. *Amer. J. Sci.*, 308: 200–231.
- MORGAN W.C. 1975 – Geology of the Precambrian Ramah Group and basement rocks in the Nachvak Fiord-Saglek Fiord area, north Labrador. *Geol. Surv. Can.*, 74–54, s. 42.
- MORSE S.A. (red.) 1974 – The Nain Anorthosite Project, Labrador: Field Report 1973.
- MYERS J.S. 1988 – Oldest known terrestrial anorthosite at Mount Narryer, Western Australia. *Precamb. Res.*, 38: 309–323.
- NUTMAN A.P. & COLLERSON K.D. 1991 – Very early Archean crustal-accretion complexes preserved in the North Atlantic Craton. *Geology*, 19: 791–794.
- NUTMAN A.P. & FRIEND C.R.L. 2009 – New 1 : 20 000 scale geological maps, synthesis and history of investigation of the Isua supracrustal belt and adjacent orthogneisses, southern West Greenland: A glimpse of Eoarchean crust formation and orogeny. *Precamb. Res.*, 172: 189–211.
- NUTMAN A.P., FRYER B.J. & BRIDGWATER D. 1989 – The early Archean Nulliak (supracrustal) assemblage, northern Labrador. *Can. J. Earth Sci.*, 26: 2159–2168.
- ODELL N.E. 1938 – The geology and physiography of northernmost Labrador. [W:] Forbes A. (red.), *Northernmost Labrador Mapped from the Air*. *Geograph. Soc. Spec. Public.*, 22: 187–215.
- PIETRANIK A.B., HAWKESWORTH C.J., STOREY C.D., KEMP A.I.S., SIRCOMBE K.M., WHITEHOUSE M.J. & BLEEKER W. 2008 – Episodic, mafic crust formation from 4.5 to 2.8 Ga: New evidence from detrital zircons, Slave craton, Canada. *Geology*, 36: 875–878.
- REGELOUS M. & COLLERSON K.D. 1996 – Sm-147-Nd-143, Sm-146-Nd-142 systematics of Early Archean rocks and implications for crust-mantle evolution. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60: 3513–3520.
- RIVERS T., MENGEL F., SCOTT D.J., CAMPBELL L.M. & GOULET N. 1996 – Torngat Orogen – a Palaeoproterozoic example of a narrow doubly vergent collisional orogeny. *Geol. Soc. London, Spec. Public.*, 112 (1): 117–136.
- RYAN B. 1996 – Commentary on the location of the Nain Churchill boundary in the Nain area. *Current Research Newfoundland Department of Natural Resources*, *Geol. Surv.*, Report 96-1: 109–129.
- RYAN B. & MARTINEAU Y. 2012 – Revised and coloured edition of 1992 map showing the Geology of the Saglek Fiord-Hebron Fiord area, Labrador (NTS 14L/2,3,6,7). Scale: 1 : 100 000. Government of Newfoundland and Labrador, Department of Natural Resources, Geological Survey, Map 2012–15, Open File 14L/0091 (Update of map originally released as Newfoundland Department of Mines and Energy, Geological Survey Branch, Map 92-18B and Geological Survey of Canada, Open File 2466).
- RYAN A.B., MARTINEAU Y., BRIDGWATER D., SCHIOTTE L. & LEWRY J. 1983 – The Archean-Proterozoic boundary in the Saglek Fiord area, Labrador, report 1. *Current Research, Newfoundland Department of Mines and Energy, Mineral Development Division*, Report 83-1: 91–98.
- RYAN A.R., MARTINEAU Y., KORSTGAARD J. & LEE D. 1984 – The Archean-Proterozoic boundary in northern Labrador, report 2. *Current Research*, 84-1: 12–20.
- SCHIOTTE L. & BRIDGWATER D. 1990 – Multistage Late Archean Granulite Facies Metamorphism in Northern Labrador, Canada. *Granulites and Crustal Evolution*, 311: 157–169.
- SCHIOTTE L., BRIDGWATER D., COLLERSON K.D., NUTMAN A.P. & RYAN A.B. 1986 – Chemical and isotopic effects of late Archean high-grade metamorphism and granite injection on early Archean gneisses, Saglek-Hebron, northern Labrador. [W:] Dawson J.B., Carswell D.A., Hall J. & Wedepohl K.H. (red.), *The Nature of the Lower Continental Crust*. *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 24: 261–273.
- SCHIOTTE L., COMPSTON W. & BRIDGWATER D. 1989a – Ion-probe U-Th-Pb zircon dating of polymetamorphic orthogneisses from northern Labrador, Canada. *Can. J. Earth Sci.*, 26: 1533–1556.
- SCHIOTTE L., COMPSTON W. & BRIDGWATER D. 1989b – U-Th-Pb ages of single zircons in Archean supracrustals from Labrador, Canada. *Can. J. Earth Sci.*, 26: 2636–2644.
- ST-ONGE M.R., VAN GOOL J.A., GARDE A.A. & SCOTT D.J. 2009 – Correlation of Archean and Palaeoproterozoic units between northeastern Canada and western Greenland: Constraining the pre-collisional upper plate accretionary history of the Trans-Hudson orogen. [W:] Cawood P.A. & Kröner A. (red.), *Earth accretionary systems in space and time*. *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 318: 193–235.
- VALLEY J.W. 2005 – A Cool Early Earth? *Scientific American*, 10: 59–65.
- WANLESS R.K., BRIDGWATER D. & COLLERSON K.D. 1979 – Zircon age measurements for Uivak-II gneisses from the Saglek area, Labrador. *Can. J. Earth Sci.*, 16: 962–965.
- WARDLE R.J., GOWER C.F., RYAN B., NUNN G.A.G., JAMES D.T. & KERR A. 1997 – Geological map of Labrador, Scale: 1 : 1 000 000. Government of Newfoundland and Labrador, Department of Mines and Energy, Geological Survey, Open File LAB/1226.
- WILDE S.A., VALLEY J.W., PECK W.H. & GRAHAM C.M. 2001 – Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago. *Nature*, 409: 175–178.
- WILDE S.A., VALLEY J.W., KITA N.R., CAVOSIE A.J. & LIU D. 2008 – SHRIMP U-Pb and Cameca 1280 oxygen isotope results form ancient detrital zircons in the Caozhouang quartzite, Eastern Hebei, North China Craton: evidence for crustal reworking 3.8 Ga ago. *Amer. J. Sci.*, 308: 185–199.

Praca wpłynęła do redakcji 5.04.2016 r.
Akceptowano do druku 16.08.2016 r.

**W poszukiwaniu fragmentów najstarszej skorupy kontynentalnej
na Labradorze (patrz str. 896)
Searching for pieces of the oldest crust in Labrador (see p. 896)**



Ryc. 5. Odslonięcie gnejsów Uivak I z gnejsami Uivak II, Dog Island
Fig. 5. Outcrop of the Uivak I gneisses, Dog Island



Ryc. 8. Odslonięcie gnejsów Nanok, Tigigakyuk Inlet. Ryc. 5 i 8 fot. M.A. Kusiak
Fig. 8. Outcrop of the Nanok gneisses, Tigigakyuk Inlet. Figs 5 and 8 photo by M.A. Kusiak