

Sławomir Żurek*

BADANIA ZMIAN ROŚLINNOŚCI W HOLOCENIE NA PÓŁWYSPIE KOLA W OPARCIU O TORFOWISKA PALSZA

Investigations of the vegetation changes on the basis of palsa mires of the Kola Peninsula

Abstract: A detailed research of the flat palsa mire on the Kola Peninsula (vegetation, stratigraphy of deposits, pollen analysis, age and genesis of mire), conducted by mire researchers from the Institute of Biology, Russian Academy of Sciences in Petrozavodsk, under the guidance of Professor G.A. Elina, allowed to distinguish six stages of palsa mire development (9ka BP). The temporal–spatial stages of palaeovegetation in two study areas (Tumannoye and Lovozero) were analysed for the following intervals: 8500, 5500, 3000 and 1000 BP. Six models of palaeovegetation development for the Kola Peninsula and Karelia were differentiated: tundra – forest-tundra; tundra – northern taiga; tundra – central taiga; tundra – central southern taiga; tundra – southern taiga; tundra – subtaiga.

Key words: Kola Peninsula, palsa mire, development of palsa mires, palaeovegetation development models

Słowa kluczowe: Półwysp Kola, torfowiska palsa, rozwój torfowisk palsa, modele rozwoju paleoroślinności.

WSTĘP

Torfowiska palsa zwane przez Rosjan „bugrowymi” znane są w polskiej literaturze dzięki Kolasińskiej (1972), która opisywała je na Półwyspie Kola, Jahnowi (1970,1976) badającemu je na Półwyspie Varanger w Norwegii oraz Żurkowi (1987). W Finlandii palsa opisywał Seppälä (1972,1986), Salmi (1970,1972) i Oksanen (2006), w Norwegii Vörren (1972) i Åhman (1977), w Szwecji Zuidhoff, Kolstrup (2000) i Jankowska, Kocianowa, (2003). Większość badaczy genezę ich wiąże z nabrzmiewaniem powierzchni powodowanym przez proce-

* Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy w Kielcach, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Instytut Geografii, Zakład Paleogeografii Czwartorzędu i Ochrony Przyrody, e-mail: jacekteofil@o2.pl

sy mrozowe i rozszerzaniem w głąb zmarzliny w czasie ostrych zim. Po ociepleniu następuje degradacja powierzchni i erozyjne niszczenie torfu, często zapadanie się centralnej części pagórka. Badacz norweski Vörren (1972) z Trömsö datuje powstanie pagórków palsa na „małą epokę lodową”. Odmienny pogląd reprezentuje Pjawczenko (1955, 1985), który genezę palsa widzi w erozji pagórków i tworzeniu dolinek w roztafajanej zmarzlinie.

W latach 90-tych badania torfowisk Półwyspu Kola rozpoczęła grupa torfoznawców z Instytutu Biologii Akademii Nauk Rosji w Petrozawodsku, pod kierunkiem prof. G.A. Jeliny. W czasie trzech kolejnych ekspedycji rozpoznano torfowiska palsa w rejonie Łowoziera (Jelina i inni 1995), w rejonie półwyspu Rybackiego (Jelina, Filimonowa 2000), i w rejonie rzeki Woronja. W tej ostatniej, odbytej w 1997 roku, a kierowanej przez botanika O.L. Kuzniecova, brałem udział jako jej uczestnik. Pracowaliśmy głównie w rejonie osiedla Tummanoje, 120 km na wschód od Murmańska. Po wykonanych badaniach laboratoryjnych (palinologicznych, paleobotanicznych, radiowęglowych) opublikowano monografię (Jelina i inni 2000) na temat późnego glacjału i holocenu wschodniej Fennoskandii (płw. Kola i Karelia) w oparciu o badania torfowisk palsa, aapa i torfowisk wysokich. Półwysep Kola jest terenem kluczowym dla wyjaśnienia związków między tundrą, lasotundrą i północną tajgą. W pierwszej części holocenu granica między tymi strefami przemieszczała się na północ, w drugiej części na południe.

POŁOŻENIE REGIONU

Półwysep Kolski o powierzchni 90 tys. km² położony jest między Morzem Barentsa a Morzem Białym i oddzielony od kontynentalnej części Skandynawii głębokim rozłamek ciągnącym się od zatoki Kandałaskiej na południu do estuarium rzeki Koli na północy. Ten wielki megablok, w którym prekambryjskie skały podłoża krystalicznego występują bezpośrednio na powierzchni lub przykryte są cienką pokrywą czwartorzędu, jest częścią wielkiej geologicznej struktury – tarczy bałtyckiej. W jego zachodniej części rozciągają się górzyste masywy o wysokościach od 639 do 1191 m (Łowoziero i Chibiny). Posuwając się na wschód wysokości w paśmie Kejwo obniżają się do 400–300 m n.p.m. Na północny wschód od głównego wododziału równiny obniżają się od 600–400 m do 200–100 m n.p.m. i schodzą stopniami do Morza Barentsa.

Rzeźba półwyspu Kola związana jest z erozyjnymi i akumulacyjnymi formami lodowcowymi i wodnolodowcowymi ostatniego zlodowacenia. Występują tu 4 strefy postoju wycofującego się lodowca: łuzskie, newskie, rugozorskie i kalewalskie (Ekman, Iljin 1991). Morenowe strefy mają szerokość od 8 do 12 km a pagóry wysokość 15–20 m. W strefie ekstraglacialnej rozwinęły się sandry,

rzeczne delty i stożki nasypowe. Glacjodepresje pokryte są wysoczyznami morenowymi, często z polami drumlinów. Budowę geologiczną i rzeźbę półwyspu Kola omówiła szczegółowo w polskiej literaturze Kolasińska (1972).

Położenie półwyspu na północ od kręgu polarnego powoduje niską wysokość słońca nad horyzontem. Na wysokości Murmańska polarny dzień trwa 59 dób a polarna noc 42 doby, wiosna i jesień są o miesiąc krótsze niż gdzie indziej. Wpływ ciepłego prądu zatokowego powoduje, że klimat jest tu cieplejszy niż dalej na wschód, np. średnia roczna temperatura jest o 6 ° wyższa. Średnie roczne temperatury wahają się na pobrzeżu Morza Barentsa od 2,1° na zachodzie do 0,5° i -0,6° na wschodzie. Średnia temperatura lutego waha się od -6,6° na zachodzie do -9,6° na wschodzie a lipca od 9,8° na zachodzie do 9,3 na wschodzie (Światoj Nos). Opady wahają się od 400–500 mm na pobrzeżu do 600–900 mm w górach, maksymalnie w Chibinach do 1300 mm (Jakowlew 1961, Murmanskaja...1996).

Na terytorium półwyspu Kola rozciągają się dwie strefy: tajga zajmująca z brzoową lasotundrą 80% powierzchni i tundra (Makarowa i inni 1997). W lasach dominuje świerk syberyjski, często z brzozą i jarzębiną. Dobrze rozwinięte jest piętro krzewów (wierzby i krzewinek). Strefa tundry zajmuje około 20% powierzchni wzdłuż Morza Barentsa i rozciąga się do 20–30 km szerokości. Najbardziej charakterystyczne dla nich są zbiorowiska mszysto-krzewinkowe, krzewinkowe lub krzewinkowo-porostowe. Torfowiska zajmują około 40% powierzchni Półwyspu Kola, lecz są rozmieszczone bardzo nierównomiernie. W strefie południowo-wschodniej zajmują 60% powierzchni tworząc wielkie masywy torfowiskowo-jeziorne.

METODYKA BADAŃ

Podstawą rekonstrukcji paleoroślinności jest 14 diagramów pyłkowych i składu botanicznego torfu. Zliczano co najmniej 500 ziarn pyłku, czasem do 1000. Okresy klimatyczne wydzielano według Chotinskiego (1987), granice palinostref datowano C14. Stratygrafia torfu oparta jest o analizy składu botanicznego, określano również stopień rozkładu torfu, indeks wilgotności oraz stadia rozwoju torfowiska datowane latami BP. Rysowano też krzywą szybkości akumulacji torfu w mm/rok. Zastosowano nowe metody w analizie i syntezie zebranych materiałów:

1. Metoda obliczania przyrostu torfowiska według pionowego przyrostu torfu w holocenie w zależności od charakteru złoża torfowego (Jelina i inni 1984).
2. Metoda określania wilgotności paleozbiorowisk (Jelina, Jurkowska 1986, 1992), w oparciu o indeks wilgotności (przyporządkowanie roślin z analizy botanicznej torfu do 10-stopniowej skali wilgotności).

3. Metoda kontaktowych poziomów w torfie (Jelina, Antipin 1992) oddzielających zmiany w roślinności torfowisk wywołane zmianami bazy erozyjnej lub klimatu. Wszystkie te metody zastosowane przy badaniu torfowisk pozwoliły na zestawienie map paleoroślinności w 6 odcinkach czasowych: 10500±100, 9500±100, 8500±100, 6000±100, 3000±100 i 1200±100 lat BP.

WYNIKI BADAŃ

Na pobrzeżu Morza Barentsa, w przymorskim poligonie tundrowym opracowano 3 diagramy pyłkowe (Wierchneje Eino, Stupieneczatoje, i Dalnije Zeliency) charakteryzujące torfowiska palsa. Pagórki wyższe o 50–70 cm od dolinek, zbudowane są z torfu krzewinkowego, leżącego nad torfem wełniankowym. W dolinkach akumulują się torfy sfagnowe i turzycowo-sfagnowe. Ich torfy bazalne tworzyły się od 5900 BP, 4000 BP lub 7000 lat BP, a średni przyrost torfu jest niewielki, gdyż waha się od 0,25 do 0,13 mm/rok. Torfy nie są podścielone zmarzliną. Na półwyspie Rybackim w torfowisku Aleksandrowskoje, leżącym na zachód od Murmańska (10–15 m) badano pagórki palsa z zamrzniętym torfem w środku.

W strefie lasotundry opracowano 4 diagramy torfowe – Nikiel, Tumannoje 1, Tumannoje 2, Pridoroznoje. Torfowisko Tumannoje, leżące 2 km na zachód od osiedla o tej nazwie, ma tylko 2 ha i występuje na wysokości 150 m n.p.m. W dolinkach dominuje *Carex rostrata* i *Sphagnum lindbergii*, na grzędach i pagórkach palsa rośnie *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Rubus chamaemorus*, *Pleurosium schreberi* i *Cladina arbuscula*. Torf bazalny 2 profili pyłkowych do 125 cm (palsa) i 330 cm (dolinka) akumulował się od 8700 lat BP, ale brak tu zmarzliny. Torfowisko palsa Pridoroznoje, przy trakcie z Murmańska do Tumannogo, ma 25 ha i leży na wysokości 205 m n.p.m. Niezamrznięty torf o głębokości 125 cm akumulował się od 8300 lat BP, a jego szybkość akumulacji była bardzo niewielka (0,15 mm/rok). Pagórki palsa porośnięte są, według O. L. Kuzniecowa (informacja ustna), przez: *Betula tortuosa*, *Betula nana*, *Salix lapponum*, *Andromeda polifolia*, *Empetrum hermaphroditum*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus microcarpus*, *Juniperus sabina* i *Rubus sp.* U podnóża palsa rośnie *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyum*, *Juncus filiformis*, *Baeothryon*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum silvaticum*, *Arctous alpina*, *Cornuus suecica*, i *Polytrichum strictum*. W dolinkach rośnie *Carex rostrata*, *C. aquatilis*, *C. rotundata*, *C. rariflora*, *C. magellanica*, *Sphagnum angustifolium*, *Sph. teres*, *Sph. lindbergii*, *Sph. russowii*, *Calliergon stramineum*, *Drepanocladus intermedium*, *D. badius*, *Campylium sp.*, *Dicranum sp.*

W centrum półwyspu Kola przy dużym jeziorze Łowozero, na torfowisku o powierzchni 3 tys. ha (strefa północnej tajgi) rozpoznano zamrożone palsa na wysokości 160 m n.p.m. (Jelina i inni 1995). Profil pagórka palsa o miąższości 78 cm torfu zaczął się odkładać od 7700 lat BP, a szybkość akumulacji wahała się od 0,25 do 0,08 mm / rok (9 dat C14).

Każdy profil torfowiska palsa oprócz analizy pyłkowej, zawiera diagram analizy makroszczątków, krzywą stopnia rozkładu w procentach i krzywą indeksu wilgotności (Jelina, Jurkowska 1992), oryginalnej metody pokazującej zmiany paleohydrologiczne w holocenie (osuszenia i zwilgotnienia). Każda zmiana indeksu wilgotności datowana jest w sposób bezwzględny za pomocą również oryginalnej „metody horyzontów” i poziomów kontaktowych (Jelina, Antipin 1992).

Analizy makroszczątków pozwoliły Jelinie (Jelina i in. 2000) na wyróżnienie 6 stadiów w rozwoju torfowisk palsa:

- 1 – w latach 9000–6500 lat BP akumulował się torf niski,
- 2 – po 6000 lat BP w miejscu prabugrów tworzą się niewielkie pagórki z torfów, wełniankowych, w dolinkach odkładają się torfy turzycowo-skrzypowe,
- 3 – po 4500 lat BP w torfowiskach wykształca się mikrorzeźba z kępami brzozowo – krzewinkowo-wełniankowymi, a w dolinkach odkłada się torf mszysto-sfagnowy, początek zamarzania kęp,
- 4 – ochłodzenie 2500 lat BP powoduje rozwój brzozowo-krzewinkowych pals między dolinkami wełniankowo-sfagnowymi,
- 5 – ochłodzenie po 2000 lat BP powoduje zamarzanie i dalsze uwypuklenie pals,
- 6 – optimum ciepła 1000 lat BP powoduje degradację i erozję pals oraz tworzenie dolinek nagiego torfu (typ rimpi).

Biorąc pod uwagę palinozozy i tafocenozy Jelina wyróżniła dla półwyspu Kola i Karelii – 29 paleozbiorowisk tundry, lasotundry i tajgi. Zestawiając zbliżone do siebie profile w wydzielonych strefach, i uwzględniając współczesne spektra pyłkowe ustalono jak zmieniały się te zbiorowiska w holocenie. Zmiany przestrzenno-czasowe paleoroślinności na dwóch poligonach półwyspu Kola (Tumannoje i Łowozero) z uwzględnieniem rzeźby, litologii, hydrogeologii i hydrochemii prześledzono dla czterech horyzontów czasowych: 8500, 5500, 3000 i 1000 lat temu.

W poligonie doliny rzeki Woronja (Tumannoje) o powierzchni 352 km² występuje duży blok prekambryjski ograniczony uskokami. Płaskie wierzchołki pagórów do 298 m n.p.m. oddzielone są jeziornymi depresjami do 140 m. Teren ten oswobodzony został od lodowca 11 200–10 000 lat temu. Dziś w dolinach panuje brzozowa lasotundra a wyżej krzewinkowo-porostowo-mszysta tundra. 8500 lat temu przeważa tu tundra, a wzdłuż rzek i jezior lasotundra. Pięć tysięcy

cy pięćset lat temu w wyższych położeniach dominuje wszędzie lasotundra a do 150 m n.p.m., północna tajga sosnowo-brzozowa. Na samych szczytach pagórów występuje tundra. Trzy tysiące lat temu całą powierzchnię zajmuje brzozowo–krzewinkowo-mszysta lasotundra, a wyżej od 150 m n.p.m. krzewinkowo-trawiasto-mszysta tundra. Tysiąc lat temu dominują tu krzewy i krzewinki (*Betula nana*, *Betula czerepanowii*, *Salix sp.*), a na obszarach od 180 do 298 m n.p.m. – tundra.

Następnym etapem w kierunku syntezy tych wszystkich materiałów było wykonanie paleogeograficznych map dla całego półwyspu Kola i Karelii, w okresach: 10500±100 BP, 8500±100 BP, 6000±100 BP, 3500±100 BP, 1200±100 BP. Ostatnim krokiem w syntezie było ustalenie kierunków i modeli rozwoju paleoroślinności. Uzyskano sześć takich modeli.

- I – model tundrowo-lasotundrowy (współczesna strefa tundry), początek 5500–4000 (7000 BP) – pyłki drzew (30%), krzewów (12%) i krzewinek (31%), optimum nie wyrażone, 8 diagramów pyłkowych i 22 daty C14.
- II – model tundrowo-północnotajgowy (współczesna lasotundra), początek 9 000–8 200 BP, optimum wyrażone, trzy diagramy pyłkowe i 6 analiz C14.
- III – model tundrowo-środkowotajgowy (współcześnie skrajnie północna tajga), początek 8000–9000, optimum słabo wyrażone (3 diagramy pyłkowe i 11 dat C14).
- IV – model tundrowo-środkowopółdniowotajgowy (współcześnie typowo północna tajga), początek 10 000–9 000 BP, optimum dość wyrażone, 5 diagramów pyłkowych, 10 analiz C14.
- V – model tundrowo-południowotajgowy, (współcześnie typowa środkowa tajga), początek 11 000–10 000 BP, optimum dość wyrażone, 16 diagramów pyłkowych i 62 daty C14.
- VI – model tundrowo-podtajgowy (współcześnie typowa środkowa tajga), początek 12 000–10 000 BP, optimum bardzo wyrażone, 13 diagramów pyłkowych i 90 dat C14.

WNIOSKI

Dynamika paleoroślinności zależna jest od klimatu, warunków geologiczno-geomorfologicznych i historii geologicznego rozwoju regionu. Proces degradacji lodowca stworzył warunki dla powstania roślinności. W tundrze i lasotundrze półwyspu Kola dominują pyłki krzewinek i traw, pyłki drzew dominują nad innymi jedynie w okresie atlantyckim.

W strefie tundry w okresie atlantyckim i subborealnym dominuje brzozowa lasotundra i górskie tundry, w okresie subatlantyckim krzewinkowo – porostowa tundra. W strefie lasotundry półwyspu Kola w okresie atlantyckim dominu-

ją lasy północnej tajgi i lasotundra, w okresie subborealnym i subatlantyckim lasotundra i górskie tundry. W strefie tajgi półwyspu Kola w końcu okresu atlantyckiego docierają lasy środkowej tajgi i wycofują się w subboreale i subatlantyku na południe.

Badania złóż torfu pokazały, że zmiany zbiorowisk torfowiskowych były synchroniczne ze zmianami klimatu, lecz z niewielkim opóźnieniem. Ten wniosek był już wysunięty w literaturze polskiej, na podstawie badań torfowisk Biebrzy (Oświt, Żurek 1981). Najszybciej na zmiany i wielkość opadów reaguje roślinność. Przy małych ilościach opadów powiązanych z niskimi temperaturami wzrasta rola leśnych zbiorowisk mezotroficznych. W okresach „suchych” zwiększa się intensywność zabagniania (rozszerzanie się torfowisk) i zmniejsza przyrost torfu, a w okresach wilgotnych na odwrót.

Literatura:

- Åhman R., 1977. Palsar in Nordnorge. *Meddelanden från Lunds Universitetes geografiska Institution Avhandlingar*, 78, 1–165.
- Chotinski N.A., 1987. Radiouglerodnaja chronologia i korrelacja prirodnich i antropogennych rubieziej golocena [w:] *Novyje dannyje po geochronologii czetvierticznogo perioda*. Nauka, Moskwa, 39–45.
- Ekman I., Iljin V., 1991. *Deglaciation the Younger Dryas and moraines and their correlation in the Karelian A.S.S.R. and adjacent areas (Eastern Fennoscandian Younger Dryas and moraines)*. Geological Survey of Finland, Espoo, 73–102.
- Jahn A., 1970. *Zagadnienia strefy peryglacjalnej*. PWN, Warszawa, 1–202.
- Jahn A., 1976. Pagórki mrozowe typu palsa. *Studia Societatis Scientiarum Torunensis*, Sec. C., 8, 123–139.
- Jakovlev B. A., 1961. *Klimat Murmanskij Oblasti*. Murmansk, 1–200.
- Jankovska V., Kocianowa M., 2003. Palsa Abisko (Sweden) – Change of Climate registered by pollen analysis, [w:] *I Polska Konferencja Paleobotaniki Czwartorzędu*. Białowieża 22–24 maj 2003, PIG, Warszawa, 10–12.
- Jelina G.A., Antipin W.K., 1992. Endo - i egzogennije sukcesji rastitielnosti bolot bassiejna Oneżskiego Oziera w golocenie. *Botaniczeskij Zurnal*, 77, 3, 16 – 30.
- Jelina G.A., Arslanow H.A., Klimanow W.A., Usowa L.U., 1995. Rastitielnost i klimatocronologia golocena Ławozierskoj Rawniny Kolskiego poluostrowa (po sporowypylcewym diagrammam bugristo-topiannogo bolota). *Botaniczeskij Zurnal*, 80, 3, 1–16.
- Jelina G.A., Filimonova L.W., 2000. Dinamika rastitielnosti i granicy (tundra – tajga) w golocenie na sewiero – zapadnie Kolskiego poluostrowa. *Botaniczeskij Zurnal*, 85,9.
- Jelina G.A., Filimonova L.V. Klimanov V., A., 1995. Late Glacial and Holocene Paleogeography of East Fennoscandia, [w:] A.A. Velichko (red.), *Climate and Environment Changes of East Europe during Holocene and Late-Middle Pleistocene*. Inst. Geogr. Russ. Akad. Sc., Moscow, 20–27.

- Jelina G.A., Jurkovskaja T.K., 1986. Metody rekonstrukcji wodnego rezhima bolot golocena, [w:] *Metody issledowanija oziernych odlozenii v paleoekologiczeskich i paleolimnologiczeskich aspektach*. Vilnius, 26–28.
- Jelina G.A., Jurkowskaja T.K., 1992. Metody opriedelenia paleogidrologiczeskogo rezi- ma kak osnowa obiektywizacji priczin sukcesji rastitelnosti bolot. *Botaniczeskij Żurnal*, 77,7, 120–124.
- Jelina G.A., Kuzniecov O.L., Maksimov A.I., 1984. *Strukturno-funkcionalnaja organizacja i dynamika bolotnych ekosystem Karelzii*. Nauka, Leningrad, 1–128.
- Jelina G.A., Lukaszow A.D., Jurkowskaja T.K., 2000. *Pozdnielednikowje i golocen Wostocznoj Fennoskandii (paleorastitelnost i paleogeografija)*. Instytut Biologii Karelskij Naucznyj Centr RAN, Petrozawodsk, 1–241.
- Kolasińska J., 1972. Morfogenetyczne objawy mroźnego klimatu na półwyspie Kolskim. *Acta Geographica Lodzensia*, 30, 1–143.
- Makarova O.A., Andreev G. N., Pohilko A. A., Filippova L. N., Schklarewicz F. N., 1997. *Rastitielnij i żivotnyj mir Murmanskoy oblasti*. Murmansk, 1–152.
- Murmanskaja oblast. Geografija i historia oswojenija*. 1996. Murmansk, 1–215.
- Oksanen P.O., 2006. *Holocene development of the Vaisieäggi palsa mire*. Finnish Lapland, Boreas, 35, 81–95.
- Oświt J., Żurek S., 1981. Rekonstrukcja rozwoju zabagnienia w Pradolinie Biebrzy. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Rolnictwo*, 38, 59–69.
- Pjawczenko N.I., 1955. *Bugristyje torfianiki*. Izdatelstwo Akademii Nauk SSSR, Moskwa, 1–278.
- Pjawczenko N.I., 1985. *Torfianyje bolota*. Nauka, Moskwa, 1–152.
- Salmi M., 1970. *Investigations on palsas in Finnish Lapland*. Proceedings of the Helsinki Symposium “Ecology of the subarctic regions” 1966, UNESCO, 143–153.
- Salmi M., 1972. *Present developmental stages of palsas in Finland*. The Proceedings of the 4th International Peat Congress, Otaniemi, Finland, 1, 121–141.
- Seppälä M., 1972. The term “palsa”. *Zeitschrift Gemorphologie N.F.* 16, 4, 463,
- Seppälä M., 1979. Recent palsa studies in Finland. *Acta Universitatis Ouluensis*, A, 82, Geologica 3, 81–87.
- Seppälä M., 1986. The origin of palsas. *Geografisca Annaler* 68, A, 3, 141–147.
- Vörren K.D., 1972. *Stratigraphical investigation of a Palsa Bog in Northern Norway*. Astarte 5, 39–71.
- Zuidhoff F.S., Kolstrup E., 2000. Change in palsa distribution i relation to climate changes in Laivadalen, Northern Sweden, especially, 1960–1997. *Permafrost and Periglacial Processes*, 11, 55–69.
- Żurek S., 1987. Złoża torfowe Polski na tle stref torfowych Europy. *Dok. Geogr. IGiPZ PAN* 4, 1–84.

PODZIĘKOWANIA:

Artykuł oparty jest na publikowanych materiałach zebranych przez prof. G.A. Jelinę i jej zespół z Instytutu Biologii Karelskiego Oddziału Rosyjskiej Akademii Nauk w Petrozawodsku. Autor brał udział w ekspedycji w 1997 r., kierowanej przez botanika dr O.L. Kuzniecova. Jestem bardzo wdzięczny prof. G.A. Jelinie za zaproszenie do uczestnictwa w ekspedycji oraz dr O.L. Kuzniecovi i dr L.W. Filimonowej za opiekę w trakcie wyprawy.



Fot. 1. Widok na osiedle Tumannoje (150 m n.p.m.) *Betula tortuosa* na pierwszym planie. Wzgórza tundrowe (298 m n.p.m.) z tyłu. Fot. S. Żurek 31.08.1997.

Photo 1. View of the Tumannoje settlement (150 m a.s.l.). *Betula tortuosa* in the foreground. Tundra hills (298 m a.s.l.) in the background. Photo by S. Żurek, 31.08.1997.



Fot. 2. Torfowisko palsa Tumannoje. Grzędy, kępy, dolinki i jeziorka (*Betula tortuosa* z tyłu). Fot. S. Żurek, 2.09.1997.

Photo 2. Tumannoje palsa mire. Beds, tufts, small valleys and lakes (*Betula tortuosa* in the background). Photo by S. Żurek, 2.09.1997.



Fot. 3. Torfowisko palsa Pridoroznoje (205 m npm) z grzędami i dolinkami, na prawo T.I. Brazovska, na lewo S. Żurek, fot. O.L. Kuzniecov, 2.09.1997.

Photo 3. Pridoroznoye palsa mire (205 m a.s.l.) with beds and small valleys, on the right T.I. Brazovska, on the left S. Żurek, photo by O.L. Kuzniecov, 2.09.1997.



Fot. 4. Kępa torfowiska palsa (60 cm wysokości) porośnięta przez *Betula nana*, *Rubus chamaemorus*, *Empetrum hermaphroditum* na torfowisku palsa Pridoroznoje, lasotundra z tyłu. Fot. S Żurek, 2.09.1997.

Photo 4. Tufts of palsa mire (60 cm in height) covered by *Betula nana* (*Rubus chamaemorus*), *Empetrum hermaphroditum* in the Pridoroznoye palsa peatland, forest-tundra in the background. Photo by S. Żurek, 2.09.1997.



Fot. 5. Wiercenie na Pridoroznym torfowisku palsa. Od lewej O.L. Kuzniecov, dwaj studenci oraz paleobotanik L.V. Filimonova, botanik T.I. Brazovska. Fot. S. Żurek, 2.09.1997.

Photo 5. Drilling in the Pridoroznoye palsa mire. From the left: O.L. Kuznetsov, two students and paleobotanist L.V. Filimonova, botanist T.I. Brazovska. Photo by S. Żurek, 2.09.1997.