

## ***Holocenijskie przemiany środowiska przyrodniczego Tatr Wysokich***

W dobie powszechnej dyskusji na temat współczesnych przemian przyrodniczych w skali globalnej i regionalnej są stawiane różne hipotezy na temat trendów tych przemian. Są to poglądy często bardzo kontrowersyjne, zakładające, że środowisko naturalne zmierza do globalnego oziębienia, a nawet zlodowacenia, zaś inne mówią o globalnym ocieplaniu prowadzącym do stopienia lodów arktycznych i antarktycznych i znacznego podniesienia poziomu oceanu światowego. Jedne i drugie sugerują poważne konsekwencje społeczne i ekonomiczne dla wielu obszarów na kuli ziemskiej. Przytaczane są argumenty w postaci ciągów danych na temat termiki atmosfery przy powierzchni Ziemi, zawartości gazów, głównie CO<sub>2</sub> i inne. W dyskusjach często stosowanym argumentem jest wzrost średniej temperatury na kuli ziemskiej. Brak jednoznacznego potwierdzenia prezentowanych hipotez wynika z faktu, że stacje klimatyczne są rozmieszczone nierównomiernie na globie, a wiele z nich jest zlokalizowanych wokół wielkich aglomeracji miejskich i przemysłowych, które w XX w. podlegały szybkiemu rozwojowi i powodowały zmiany klimatu lokalnego. Dopiero satelitarne techniki pomiaru stanu atmosfery stwarzają podstawy do wnioskowania na temat przemian eko- i geosystemów. Bardzo ważnych argumentów dla przyszłych dyskusji dostarczają stacje zainstalowane w wysokich szerokościach geograficznych, częściowo na dryfujących krach lodowych wokół biegunów. Jednak podstawowe trudności przy prognozowaniu współczesnych trendów przemian wynikają z faktu, że przez długi czas naukowcy analizowali niektóre elementy klimatu w oderwaniu od pozostałych. Tymczasem globalny system klimatyczny jest bardzo złożony, bo składa się nań współdziałanie pięciu składników: atmosfery, hydrosfery łącznie z oceanami, kriosfery, litosfery i biosfery. Między tymi „sferami” zachodzą pozytywne i negatywne sprzężenia zwrotne, a interakcje mają charakter nieliniowy (Lockwood 2001). Analiza przebiegu temperatur w Arktyce wykonana przez R. Przybylaka (2000) dla całego okresu pomiarów instrumentalnych wykazała, że najwyższe temperatury wystąpiły w latach 30. XX w., natomiast średnie tempo ocieplania w latach 1991-1995 było 2-3 razy wolniejsze w stosunku do ocieplania globalnego. Zdaniem tego autora taki przebieg temperatur zależy od cyrkulacji atmosfery nad Oceanem Atlantyckim. Relacje systemu ocean – atmosfera opisywane modelami numerycznymi pokazują, że oscylacje w przebiegu cyrkulacji w obrębie tego systemu są bardzo ważne dla kształtowania klimatu w Europie. Powszechnie stwierdzane klimatyczne fluktuacje

mogą mieć charakter gwałtowny lub powolny. Według T.F. Stockera (1999) szybkie zmiany i fluktuacje klimatu można ująć w cztery podstawowe kategorie: (1) krótkookresowe nagłe fluktuacje wokół średniego stanu, występujące zarówno w skali 1000-lecia, jak i holocenu, (2) sekwencje wielkoskalowych nagłych zmian, obserwowanych pod koniec ostatniego zlodowacenia, (3) krótkotrwałe gwałtowne fluktuacje związane z erupcjami wulkanicznymi i (4) możliwe zmiany wywołane działalnością człowieka w XX w. (efekt cieplarniany).

W ostatnich latach szczególnie dużo uwagi poświęca się współczesnym przemianom ekosystemów wysokogórskich (Haeberli 1990), które położone z dala od dużych skupisk ludzkich oraz znacznie wyniesione na poziom morza, dobrze reprezentują naturalny stan atmosfery nad kontynentami. Powszechnie jest akceptowany fakt, że wiele obszarów górskich osiąga wysokości, na których panują surowe warunki klimatyczne, a panujące tam niskie temperatury odpowiadają warunkom granicznym dla występowania organizmów żywych. Dlatego nawet nieznaczne zmiany warunków granicznych spowodowane okresowymi zmianami klimatu powodują istotne, łatwo zauważalne zmiany w ekosystemach, a tym samym mogą służyć do określania tendencji zmian równowagi w środowisku górskim. Zmiany warunków termicznych w środowiskach wysokogórskich wpływają w sposób bardzo spektakularny na zmiany zasięgów lodowców i wieloletniej zmarzliny, co pociąga za sobą całą gamę skutków zarówno w sferze systemów abiotycznych, jak i biotycznych. Bezpośrednimi skutkami są wysokościowe zmiany zasięgów zespołów roślinnych oraz uaktywnianie zespołów procesów morfogenetycznych często o charakterze katastrofalnym.

Ponieważ pomiary parametrów klimatycznych na szczytach wysokich gór takich jak Alpy czy Tatry są stosunkowo krótkie, sięgające zaledwie 100 lat; dodatkowym znakomitym źródłem informacji na temat stanu środowiska tatrzańskiego są opisy uczonych odwiedzających Tatry oraz porównania starych i nowych fotografii. Niestety, najstarsze fotografie tatrzańskiej sięgają wstecz zaledwie końca XIX wieku.

W rekonstrukcjach przemian środowiska przyrodniczego wysokich gór w długich okresach czasu liczących tysiąclecia, są stosowane dane pośrednie, tzw. proxy data. Na podstawie danych paleobotanicznych, sedymentologicznych i geomorfologicznych dokonuje się jakościowej, a czasami również ilościowej oceny stanu środowiska, w tym również klimatu, w skali późnego gólcjału i holocenu.

Celem niniejszej pracy jest wyróżnienie głównych okresów nagłych zmian w sposobie funkcjonowania wysokogórskiego środowiska Tatr od końca ostatniego zlodowacenia do dziś. W skali holocenu będą uwzględnione dane pośrednie (proxy data), a w skali ostatnich kilkuset lat dodatkowo dane historyczne i geomorfologiczne.

## Metody badawcze stosowane w Tatrach

W badaniach prowadzonych na terenie Tatr Wysokich, zarówno w części polskiej, jak i słowackiej istnieją warunki do odtwarzania przemian środowiska w piętrach alpejskim i seminiwalnym w skali co najmniej holocenu. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu analizy osadów i form glacialnych, glacialfluwalnych i jeziornych oraz datowaniom wskaźnikowych serii osadów w jeziorach przy pomocy radioizotopów

(Baumgart-Kotarba, Kotarba 1993). O przemianach w środowisku biotycznym świadczą badania paleobotaniczne (Obidowicz 1993).

Dla ostatnich około 500 lat istnieją dane historyczne zarówno po polskiej, jak i słowackiej stronie Tatr. Są kroniki i opisy m.in. Ch. Generischa (1807), J. Stolarczyka (1915) oraz zapiski przyrodników odwiedzających Tatry w celach naukowych. Natomiast badania dendrologiczne pozwalają na dokonywanie przybliżonych rekonstrukcji zmian klimatycznych na granicy lasu i w piętrze kosodrzewiny (Bednarz 1984) w ostatnich 300 latach, a pomiary lichenometryczne (Kotarba 1988; Ferber 2002; Kotarba i Pech 2002) pozwalają na datowanie diagnostycznych form w obrębie stoków i den dolin utworzonych w ostatnich 500 latach. Cennym źródłem wiedzy o zmianach rzeźby stoków w drugiej połowie XIX w. są najstarsze zachowane zdjęcia fotograficzne. Porównanie starych i aktualnych fotografii pozwala oszacować zmiany, lub ich brak, w dłuższych okresach (Fot. 1, 2, 3, 4).

## Zmiany w środowisku Tatr Wysokich w holocenie

Holoceniękie zdarzenia geomorfologiczne, które w sposób istotny przekształciły stoki i dna dolin są zapisane w środowisku Tatr poprzez utworzone formy stokowe i dolinne. Jednak tylko osady wypełniające misy jezior polodowcowych stwarzają możliwość odtworzenia okresów charakteryzujących się dużą niestabilnością klimatyczną, przejawiającą się w zwiększonej intensywności i częstotliwości spłukiwania, spływów gruzowych, obrywów skalnych i lawin gruntowych. Reżim termiczny i hydrologiczny sprzyjał w tych okresach przemieszczaniu dużych ilości zwietrzelin na stokach skalnych, skalno-pokrywowych i hałdach usypiskowo-napływowych. Uruchamiany materiał zwietrzelinowy buduje holocenięskie hałdy gruzowe, a ich tworzenie rozpoczęło się bezpośrednio po odslonięciu terenu spod wytapianego lodowca. Ewolucja tych form trwa do dzisiaj i polega na ich nadbudowywaniu i częściowym degradowaniu z różną intensywnością. Część materiału zwietrzelinowego dociera do mis jeziornych wskutek transportującej działalności wymieniowych procesów, zwłaszcza spływów gruzowych, a najdrobniejsze frakcje materiału są bezpośrednio wysypywane do zbiorników jeziornych, a następnie rozprowadzane przez prądy zawiesinowe w całym zbiorniku. Powstaje w ten sposób swoisty, sedimentologiczny zapis zdarzeń w środowisku wysokogórkim w skali całego okresu polodowcowego. W „spokojnych” okresach holocenu w jeziorach cyrkowych były składane osady gytjowe, o maksymalnej zawartości substancji organicznej rzędu 17-32%, natomiast w okresach „niespokojnych” były składane osady mineralne o minimalnej zawartości substancji organicznej, zaledwie na poziomie 2-4% (Kotarba 1996). Analizy palinologiczne oraz datowania bezwzględne osadu przy pomocy węgla  $^{14}\text{C}$  pozwalają określić przybliżony czasokres występowania zdarzeń geomorfologicznych, a więc pośrednio również okresów niestabilności klimatycznej. Na podstawie rdzeni wydobytych z Morskiego Oka, Czarnego Stawu Gąsienicowego i Zielonego Stawu Gąsienicowego zostały wyróżnione co najmniej cztery takie okresy w ciągu ostatnich 10 tysięcy lat. Na rycinie 1 przedstawiono rekonstruowany przez G. Patzelta (1975) w Alpach Wschodnich przebieg letnich temperatur i wahań granicy śniegu w okresie ostatnich 18 tysięcy lat. Do osi czasowej określonej dla Alp dopasowano datowane fazy

niestabilności klimatycznej w Tatrach wyznaczone na podstawie charakterystyki sedymentologicznej materiału z pobranych rdzeni. Z obrazu tego widać jednoznacznie, że w osadach z Tatr zostały zarejestrowane cztery główne okresy, które można korelować z fazami ochłodzeń w Alpach: venediger (8700-8000 lat temu), frohnitz (6600-6000), faza około 4000, nie wyróżniona na schemacie alpejskim, oraz faza goschener I (2300-2900) nie wyróżniona przez G. Patzelta, dokumentowana nie tylko w Tatrach, lecz również w różnych obszarach na kuli ziemskiej (np. Geel, Renssen 1998). Ostatni najmłodszy okres nagłych oscylacji klimatycznych, które wywołały kryzys w globalnym środowisku przyrodniczym była mała epoka lodowa. Ten ostatni okres jest najlepiej poznany, również w Tatrach Wysokich.

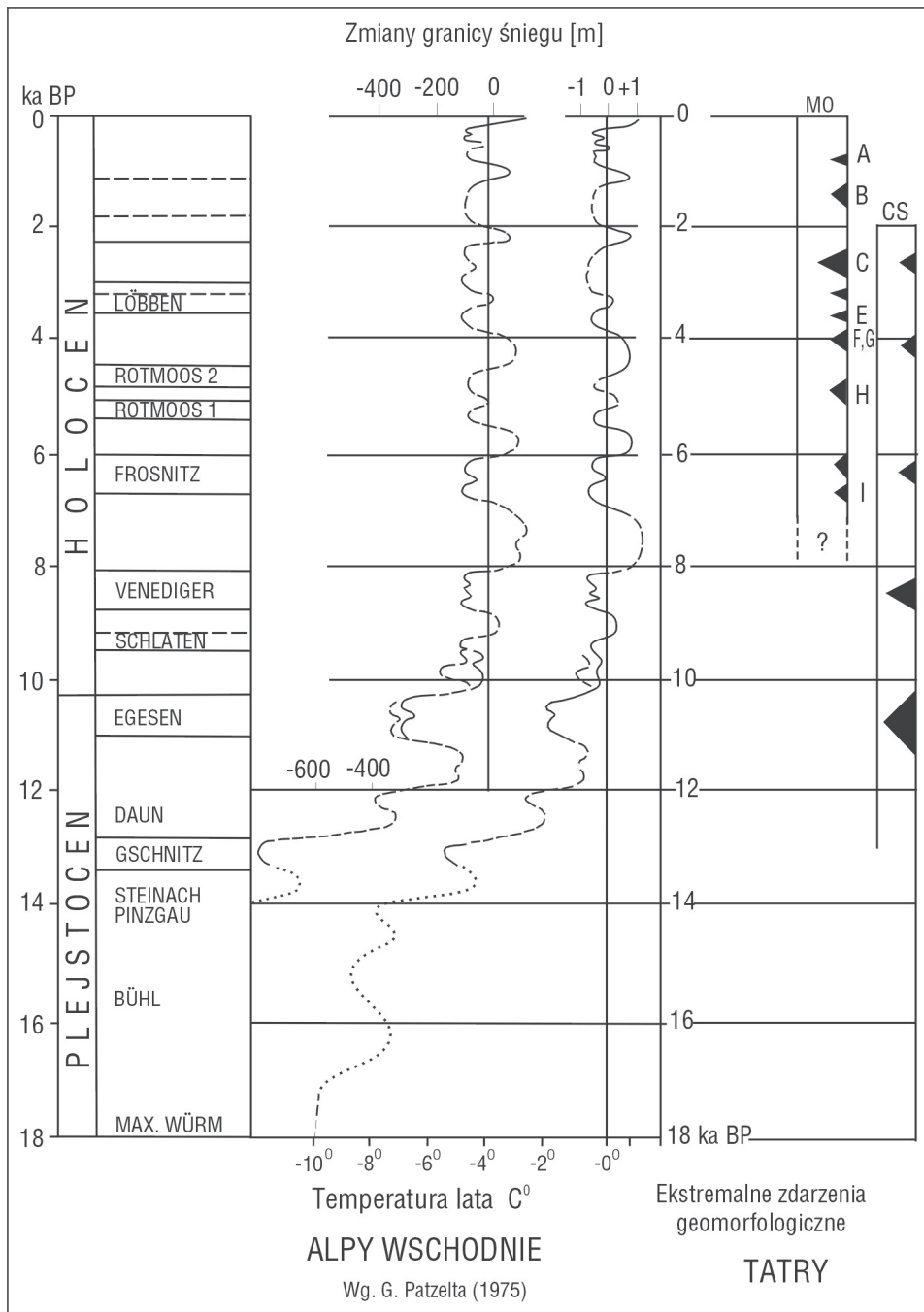
Wyróżnione okresy w Tatrach odpowiadają konkretnym okresom opisanym w Alpach i mogą być uznane za zdarzenia o zasięgu globalnym, co najmniej europejskim. W klasyfikacji T.F. Stockera (1999) odpowiadają kategorii określonej jako fluktuacje wokół średniego stanu, występujące zarówno w skali 1000 lecia, jak i holocenu. Inne zdarzenia zapisane w osadach tatrzańskich pokazanych na rycinie 1, należy uznać za lokalne, krótkookresowe, charakterystyczne tylko dla Tatr Wysokich.

## Mała epoka lodowa w Tatrach Wysokich

W roku 1939, F.E. Matthes stwierdził, że po najcieplejszej fazie holocenu związanej z tzw. okresem atlantyckim nastąpiło pogorszenie klimatu i ponowne zlodowacenie w górach Sierra Nevada w Kalifornii, a jego dalsze studia pozwoliły na sformułowanie poglądu, że oscylacje lodowców w ostatnich stuleciach były największe jakie wystąpiły w czasie ostatnich 4 tysięcy lat. Okres znacznych nasunięć lodowców górskich w późnym holocenie nazwano okresem neoglacjalnym (the Neoglacial period) a jego najpóźniejszy epizod, odznaczający się najbardziej ekstensywną działalnością lodowców nazwano małą epoką lodową (the Little Ice Age). Termin utworzony przez glaciologów został przyswojony przez geografów, geologów, klimatologów, paleobotaników i innych przedstawicieli nauk przyrodniczych. W ten sposób jego znaczenie zostało rozszerzone na nie glaciologiczne aspekty środowisk górskich. Obecnie przyjmuje się, że mała epoka lodowa rozpoczęła się około roku 1275±60 lat (Porter 1986) i trwała do około roku 1850 lub 1860. Istnieją również poglądy, że jej początek należy przyjąć od około roku 1550 (Lamb 1977). Termin wprowadzony przez glaciologów badających zlodowacenia górskie został zastosowany

---

Ryc.1. Późnoglacialne i holocenijskie wahania temperatur lata (w °C) i zasięgu wysokościowego granicy śniegu (w metrach) według G. Patzelta (1975) jako tło dla przedstawienia ekstremalnych zdarzeń geomorfologicznych w Tatrach Wysokich, interpretowanych na podstawie zapisu sedymentologicznego w osadach Morskiego Oka (MO) i Czarnego Stawu Gąsienicowego (CS) według A. Kotarby (1998). Trójkąty duże oznaczają globalne fazy wzmoczonych procesów geomorfologicznych, trójkąty małe zdarzenia o znaczeniu regionalnym. W dolnej części rdzenia CS zaznaczono osady rytmicznie warstwowane należące do końcowej fazy ostatniego zlodowacenia



przez badaczy obszarów nizinnych, gdy okazało się, że pogorszenie klimatyczne miało istotny wpływ na całym globie. Najbardziej spektakularne zmiany zaobserwowano w wysokich górach, zwłaszcza w Alpach, gdzie człowiek i jego dobytek były zagrożone przez nasuwające się lodowce docierające do wiosek alpejskich i zmuszające niejednokrotnie mieszkańców do opuszczania zabudowań. Dzięki solidności artystów malujących widoki dolin wypełnionych lodowcami zostały zarejestrowane nawet drobne szczegóły rzeźby lodowcowej z XVIII i XIX wieku. Dokumentacja zgromadzona przez artystów została uzupełniona i rozbudowana, gdy wprowadzono powtarzane fotografowanie tych samych fragmentów gór i sporządzano notatki naukowe zawierające opisy klęsk żywiołowych takich jak wielkie sływy gruzowe, powodzie i lawiny skalne (obrywy skalne). Badania miąższości, a później gęstości rocznych słoj drzew pozwalają dzisiaj na rekonstrukcje zmian klimatu. W Szwajcarii rozpoczęto bezpośrednio pomiary klimatyczne już na początku XVI wieku. Od roku 1892 do dzisiaj istnieją coroczne, precyzyjne pomiary długości lodowca Aletsch, a dla ostatnich dwóch tysięcy lat zrekonstruowano fluktuacje lodowca na podstawie dokumentów historycznych, dendrochronologicznych i datowań bezwzględnych radioizotopem  $^{14}\text{C}$  fosylnych drewn (Haeberli, Holzhauser 2003).

Dla Tatr i ich bezpośredniego przedpola istnieje stosunkowo niewiele informacji o małej epoce lodowej. Człowiek nie zamieszkiwał na stałe Tatr więc systematycznie nie rejestrował zmian zachodzących w środowisku. Mimo to istnieje szereg dokumentów historycznych sporządzonych przez osoby odwiedzające wnętrza gór. Są to opisy pogody wykonane przez uczonych odwiedzających Tatry w XVII, XVIII i XIX w., którzy niejednokrotnie dokonywali pomiarów temperatury powietrza i wody. W tym zakresie wyróżnił się S. Staszic (1815) prowadząc badania na początku XIX wieku. Ważnym źródłem informacji o działalności człowieka w Tatrach jest dzieło J. Szaflarskiego pt. *Poznanie Tatr (1972), a rozwój wiedzy o przyrodzie Tatr do początku XIX w.* omówili W. Cichocki i W. Siarzewski (1998).

Badania naukowe w Tatrach rozpoczęto na początku XVII wieku. David Frölich (1595-1648) opublikował pierwszą charakterystykę przyrodniczą Tatr w roku 1615. Dzieła publikowane w tamtych czasach zawierały istotne informacje na temat warunków pogodowych panujących podczas prac terenowych. Badacze wykonujący prace hipsometryczne, polegające na pomiarze wysokości szczytów, przełęczy czy spadków potoków tatrzańskich, jak również geografowie, geologowie i botanicy, skrzętnie notowali uwagi o anomaliach pogodowych, gdyż często zła pogoda uniemożliwiała realizację planowanych wędrowek. Oprócz D. Frölicha do najstarszych wędrowców, którzy spisali swe wrażenia należeli między innymi: Jerzy Buchholz Starszy (1664), Jakób i Jerzy Buchholz (1750).

Systematyczne prace hipsometryczne, opisy flory i fauny Tatr wykonał Robert Townson w roku 1793, który przybył z Edynburga do Kieżmarku około 25 lipca i przez dłuższy czas nie mógł podjąć prac terenowych. Według relacji R. Townsona przetłumaczonej na język polski przez B. Gustawicza (1883) przez wiele dni „poranki były często piękne, lecz koło południa poczęły się gromadzić chmury i mgły, czepiające się szczytów gór; po południu szalała gwałtowna burza. Ta niepogoda nie ograniczała się atoli na samą tylko okolice górską, lecz rozciągała się

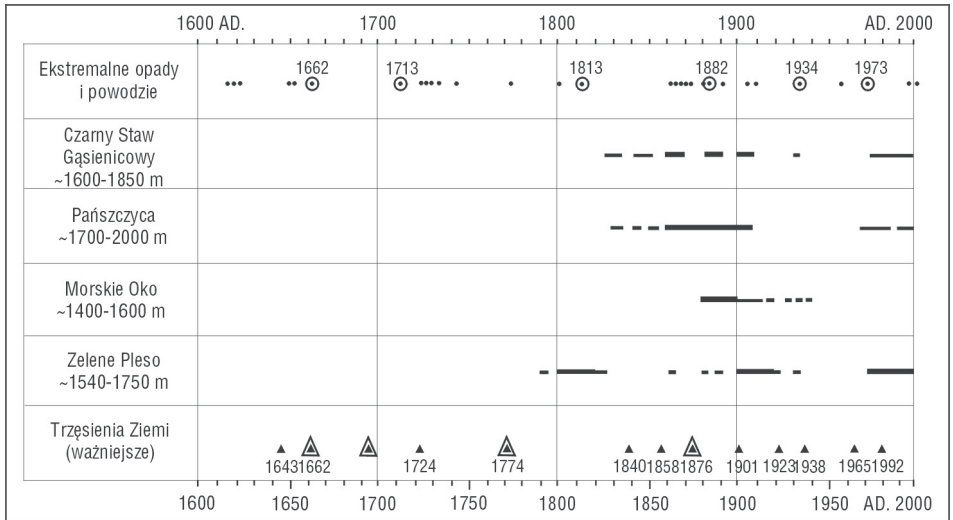
na większą przestrzeń” (Gustawicz 1883, 42). Dopiero 6 sierpnia 1793 roku, przy pięknej pogodzie porannej R. Townson podjął wyprawę na Kieżmarski Szczyt. „W drodze napadła go burza, deszcz z gradem i piorunami..., im wyżej Townson szedł, tem więcej napotykał śniegu; niektóre części doliny pod turniami były zupełnie śniegiem zasypane” (Gustawicz 1883, 44). Przy opisie wędrowki w dniu 8 sierpnia R. Townson zanotował, że w czasie wspinania się na Jagnięcy Szczyt z doliny Kieżmarskiej, odwiedził Czerwony Stawek a potem Nowy Stawek (aktualna nazwa Belasé Pleso, wysokość 1867 m n.p.m.). Stawek był zupełnie zamrznięty i śniegiem pokryty. W czasie wędrowki po Tatrach Townson dowiedział się od towarzyszących mu przewodników, że w pierwszej połowie sierpnia bardzo zła pogoda jest rzeczą normalną i znane im są przypadki zamrznięcia na śmierć pasterzy. Na przykład 4 i 5 sierpnia 1724 r. zamrzło 58 koni w dolinie Pięciu Stawów Spiskich. Z innych źródeł wynika, że wcześniej, w maju tego samego roku spadł śnieg po którym nastąpiła katastrofalna powódź, która zniszczyła Spisz i Liptów (Generisch 1807, vide Siemionow 1992).

J. Wahlenberg – lekarz i botanik z Uniwersytetu w Uppsali prowadził badania w Tatrach w roku 1813. W dniu 19 sierpnia zaskoczyła go w górach burza, która zapisała się w pamięci mieszkańców jako początek katastrofalnej powodzi pod Tatrami. 15 września tego roku ponownie podjął prace w Tatrach. Dotarł zaledwie do Zielonego Stawu Kieżmarskiego (wys. 1541 m n.p.m.). Zanotował uwagę, że wszystkie szczyty powyżej 1700 m były okryte śniegiem, a pokrywa śnieżna nie uległa stopieniu do końca roku.

Śród innych opisów wędrowek po Tatrach w czasie małej epoki lodowej warto jeszcze wspomnieć o spostrzeżeniach profesora politechniki w Pradze K.F.E. Kořistki. W sierpniu 1860 roku, a więc roku uznawanym za kończący małą epokę lodową, zaplanował pomiary wysokościowe i prace kartograficzne na Krywaniu. 12 sierpnia nie doszedł na szczyt z powodu padającego deszczu i śniegu. Na Przegibku (Priehyba, wys. 1982 m n.p.m.) gruba pokrywa śnieżna uniemożliwiła dalsze wspinanie ku wierzchołkowi. Wspomina o tym fakcie B. Gustawicz (1883, 71).

Te kilka spostrzeżeń na temat warunków pogodowych w latach zaliczanych do małej epoki lodowej sugeruje, że był to okres wielkiej niestabilności w atmosferze, zwłaszcza w sezonach letnich. Częstym zjawiskiem były gwałtowne zmiany pogody w pełni lata charakteryzujące się intensywnymi opadami deszczowymi przechodzącymi w opady gradowe oraz częste opady śniegu ponad górną granicę lasu. Temperatury w miesiącach letnich spadały znacznie poniżej 00C, o czym świadczy relacja przewodników o zamrażaniu koni. Nie ma jednak żadnych argumentów za przyjęciem poglądu o rozwoju lokalnego zlodowacenia, chociaż nie ma wątpliwości, że płyty wieloletniego śniegu takie jak forma „lodowczyka” w Miedzianej Kotlinie (Firnovisko v Medenej kotlinie) pod Łomnicą miały znacznie większe rozmiary (Vitásek 1956).

Zestawienie danych historycznych na temat ekstremalnych opadów i powodzi zapisanych w kronikach z uwagi na spektakularny i tragiczny w skutkach dla mieszkańców najbliższego otoczenia Tatr w latach 1600 do 2002 pokazuje, że występowały one nierównomiernie (Ryc. 2). Bywały okresy liczące 20-40 lat, podczas których nie zanotowano takich zjawisk. Można również wyróżnić okresy



Ryc. 2. Ekstremalne opady, powodzie i trzęsienia Ziemi w Tatrach Wysokich w latach 1600-2000 zestawione według źródeł historycznych cytowanych w tekście. Czasokresy występowania spływów gruzowych określono na podstawie datowań lichenometrycznych zachowanych do dzisiaj form rzeźby na stokach piargowych wokół stawów tatrzańskich

gdy katastrofalne zjawiska hydrometeorologiczne występowały prawie corocznie lub w odstępach 2-3 letnich. Wyraźnie zaznaczyły się zgrupowania takich zdarzeń w latach 1618-1621, 1650-1662, 1713-1744 i 1862-1874. W tych okresach najbardziej ucierpiała ludność Spisza, Liptowa i Podhala. Prawdopodobnie największa terytorialnie w skali ostatnich 400 lat była powódź w 1813 r., jak zarówno po słowackiej i polskiej stronie Tatr. Jest to obraz przybliżony, nie uwzględniający wszystkich zdarzeń, a mimo to informujący o wielkiej niestabilności atmosfery w czasie małej epoki lodowej.

Od roku AD. 1800 posiadamy zapis lichenometryczny o czasie występowania spływów gruzowych w Tatrach Wysokich. Procesy gwałtownego przemieszczania gruzu pod wpływem bardzo intensywnych opadów nasiliły się w drugiej połowie XIX w. i było to zjawisko powszechnie, odnotowane w wysokogórskiej części Tatr po stronie polskiej i słowackiej. Niewątpliwie spływy gruzowe występowały w całym holocenie i we wcześniejszych stuleciach małej epoki lodowej. Brak dowodów w postaci datowanych lichenometrycznie, reliktowych języków spływów gruzowych w dnach dolin Tatr Wysokich świadczy, że formy starsze niż AD.1800 były grzebane pod osadami młodszymi, a więc nie zachowały się na powierzchni współcześnie istniejących stoków piargowych. Argumentem za takim wytłumaczeniem braku datowanych starszych spływów gruzowych jest fakt, że głazowiska wielkich obrywów skalnych u podnóży największych ścian skalnych w słowackiej części Tatr Wysokich mają datowania lichenometryczne sięgające roku AD. 1500. Ponadto osady limniczne pozwalają rekonstruować starsze okresy formowania wielkich spływów gruzowych,



które modelowały stoki wokół jezior.

## Uwagi końcowe

Środowisko wysokogórskie Tatr podlegało ciągłej ewolucji, aczkolwiek przebiegającej z różną intensywnością, od momentu wytopienia się lodowców plejstoceniowych. W okresach globalnych zmian klimatu, polegających na pogarszaniu się klimatu w sensie termicznym i wilgotnościowym, miały miejsce istotne zmiany w tempie ewolucji rzeźby. Istnieje zbieżność okresów zanotowanych w Alpach jako pesymistyczne prowadzące do awansów lodowców górskich, z okresami niestabilności termiczno-opadowej w Tatrach. Zbieżność ta dotyczy zarówno całego holocenu, jak i ostatniego okresu pogorszenia klimatycznego zwanego małą epoką lodową (Haeberli, Holzhauser 2003). Istnienie takiej zbieżności jest uzasadnione poprzez badania dendrologiczne na limbie (*Pinus cembra* L.). Stwierdzono bowiem istnienie wyraźnej telekoneksji pomiędzy Alpami, Tatrami i Gorganami (Bednarz 1975).

Ewolucja rzeźby tatrzańskiej odbywa się w warunkach równowagi dynamicznej metastabilnej. Długie okresy charakteryzujące się umiarkowanym, ciągłym działaniem procesów morfogenetycznych są przedzielane okresami, podczas których występują zjawiska o natężeniu przekraczającym wartości średnie lub wręcz zjawiska ekstremalne. Te drugie często prowadzą do istotnej transformacji rzeźby i nadają nowy kierunek ewolucji poszczególnych form stokowych i dolinnych. Brak odpowiednio udokumentowanych argumentów za przyjęciem poglądu, że współczesne anomalie klimatyczne obserwowane w Tatrach świadczą o pogarszaniu klimatu w kierunku kolejnego ochłodzenia prowadzącego do zlodowacenia, lub jak inni sądzą do globalnego ocieplenia.

## Literatura

- Baumgart-Kotarba M., Kotarba A., 1993, *Późnoglacialne i holocenne osady z Czarnego Stawu Gąsienicowego w Tatrach*, Dokum. Geogr. 4-5.
- Bednarz Z., 1975, *Geographical range of similarities of annual growth curve of stone pine (*Pinus cembra* L.) in Europe*, [w:] *Bioecological Fundamentals of Dendrochronology, Symposium XII Intern. Bot. Congress, Leningrad, July 1975*.
- Bednarz Z., 1984, *The comparison of dendroclimatological reconstructions of summer temperatures from the Alps and Tatra Mountains from 1741-1965*, *Dendrochronologia* 2.
- Cichoński W., Siarzewski W., 1998, *Rozwój wiedzy o przyrodzie Tatr do początku XIX wieku*, *Zesz. Staszycowskie* 1.
- Ferber T., 2002, *The age and origin of talus cones in the light of lichenometric research. The Skalnisty and Zielony talus cones, High Tatra Mountains, Poland*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.*, 36.
- van Geel B., Renssen H., 1998, *Abrupt Climate Change around 2,650 BP in North-West Europe: Evidence for Climatic Teleconnections and a Tentative Explanation*, [w:] A.S. Issar, N. Brown (red.) *Water, Environment and Society in Times of Climatic Change*.

- Generisch C., 1807, *Reise in die Karpathen mit vorzüglicher Rücksicht auf das Tatra Gebirge, Neue Beiträge zur Topographie und Statistik des Königreichs Ungarn, Wien-Triest.*
- Gustawicz B., 1883, *Pomiary tatrzańskie*, Pamiętnik Tow. Tatrzańskiego, Kraków.
- Haeblerli W., 1990, *Permafrost, Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer Wärmereichen Atmosphäre, Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH, 108.*
- Haeblerli W., Holzhauser H., 2003, *Alpine Glacier Mass Changes During the Past Two Millennia*, PAGES News, 11.
- Kotarba A., 1988, *Lichenometria i jej zastosowanie w badaniach geomorfologicznych w Tatrach*, *Wszechświat* 89.
- Kotarba A., 1996, *Osady jeziorne jako wskaźnik przemian środowiska naturalnego Tatr Wysokich, Z badań fizycznogeograficznych w Tatrach – II, Dokum. Geogr. 4.*
- Kotarba A., 1998, *Lacustrine deposits in the Tatra Mountains as evidence of Late Vistulian and Holocene events related to global climate change, Carpathian-Balcan Geol. Assoc., XVI Congress Abstracts, August 30-September 1998, Vienna, Austria.*
- Kotarba A., Pech P., 2002, *The recent evolution of talus slopes in the High Tatra Mountains (with the Pańszczyca valley as example)*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcan.* 36.
- Lamb H.H., 1977, *Climate, Present, and Future*, vol. 2, London: Methuen.
- Lockwood J.G., 2001, *Abrupt and sudden climatic transitions and fluctuations: A Review*, *Intern. Journal of Climatology* 21.
- Matthes F.E., 1939, *Report of Committee on Glaciers, April 1939*, *Transactions of American Geoph. Union* 20.
- Obidowicz A., 1993, *Wahania górnej granicy lasy w późnym plejstocenie i holocenie w Tatrach*, *Dokum. Geogr.* 4-5.
- Patzelt G., 1975, *Unterinntal-Zillertal-Pinzgau-Kitzbuchel. Spät- und postglaziale Landschaftsentwicklung*, *Innsbrucker Geogr. Studien*, 2.
- Porter S.C., 1986, *Pattern and forcing on northern hemisphere glacier variation during the last millennium*, *Quaternary Research*, 26.
- Przybylak R., 2000, *Temporal and spatial variation of surface air temperature over the period of instrumental observations in the Arctic*, *Intern. Journal of Climatology*, 20.
- Siemionow A., 1992, *To i owo o Tatrach, Tom 1 Ciekawostki fizjograficzne z dziedziny ekstremaliów morfologicznych i geologicznych, zjawisk meteorologicznych, optycznych, flory i fauny Tatr*, *Biblioteka Tatrzańsko-Zakopiańska z kozicą, seria I.*
- Staszic S., 1815, *O ziemiorodztwie Karpatow i innych gor i równin Polski*, *Wyd. Geol.*, 1955.
- Stocker T.F., 1999, *Abrupt climate changes from the past to the future – a review*, *Intern. Journal of Earth Sciences*, 88.

- Stolarczyk J., 1915, *Kronika parafii zakopiańskiej (1848-1890)*, Kraków, (wyd. 1984).  
Szaflarski J., 1972, *Poznanie Tatr. Szkice z rozwoju wiedzy o Tatrach do połowy XIX wieku*, Warszawa.  
Vitásek F., 1956, *Sněžná čará ve Vysokých Tatrách*, Geografický časopis, 8.

## ***Changes of natural environment of the High Tatra Mountains during the Holocene***

### ***Summary***

Changes of mountain environments located in cryogenic belts above the upper timberline, within glacial valley of the High Tatra Mountains during the Holocene are reconstructed according to lacustrine sediment studies i.e. sedimentological properties, organic matter content, palinological analysis and absolute dating by radioisotopes.

At least four main periods climate instability were recognised in the area. They are correlated with climate cooling recognised in the Alps: Venediger (8700-8000 yrs BP), Frosnitz (6600-6000 yrs BP), phase around 4000 yrs BP, and Goschener I (2300-2900 yrs BP). The last, youngest period of climatic oscillations, which generated crisis in natural environment was the Little Ice Age. This last period is relatively well known in the Tatra Mountains due to lichenometric (since AD.1500), dendrological (since around AD.1700) and historical notes and descriptions. Rockfall/rockslides, debris flows and catastrophic floods were common geomorphic events during specific periods of the Little Ice Age. The most important catastrophic hydrometeorological events were concentrated during following periods: AD. 1618-1621, 1650-1662, 1713-1744, and 1862-1874.

*Translated by author*

*Adam Kotarba  
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania  
Polska Akademia Nauk*

