

ZMIENNOŚĆ ZŁODZENIA WYBRANYCH RZEK ARKTYKI W XX WIEKU

ICE COVER VARIABILITY ON SOME RIVERS IN THE ARCTIC IN 20TH CENTURY

Marek Grześ, Marcin Ćmielewski

Zakład Kriologii i Badań Polarnych, Instytut Geografii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika
ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń
gmark@geo.uni.torun.pl, marcmiel@doktorant.umk.pl

Zarys treści. W artykule przedstawiono zmienność czasu trwania pokrywy lodowej na 17 dużych rzekach Arktyki. W drugiej połowie XX wieku czas trwania pokrywy lodowej uległ wyraźnemu skróceniu o 21-28 dni na 100 lat. Na czterech rzekach (MacKenzie, Pieczenga, Peczora, Titowka i Taz) czas trwania pokrywy lodowej uległ wydłużeniu nawet o 33 dni na 100 lat. Skrócenie czasu trwania związane jest z późniejszym formowaniem się pokrywy lodowej oraz z jej wcześniejszym rozpadem. Należy przypuszczać, że zmienność czasu trwania zjawisk lodowych jest dobrym wskaźnikiem zachodzących w Arktyce zmian klimatu. Ze skróceniem czasu trwania zjawisk lodowych wiąże się wydłużenie okresu nawigacyjnego.

Słowa kluczowe: Arktyka, rzeki, pokrywa lodowa, trendy, sezon lodowy

1. Wstęp

Zjawiska lodowe na rzekach, a pokrywa lodowa w szczególności, odgrywają ogromną rolę w ustroju hydrologicznym rzek (Michel 1971, Shen 1985). Zmianie ulegają charakterystyki hydrauliczne i co za tym idzie warunki przepływu (Majewski 1987). Określenie natężenia przepływu na podstawie zależności $Q=f(H)$ wymaga zastosowania specjalnych procedur (Lambor 1971, Paślawski 1973). Powstawaniu i rozpadowi pokrywy lodowej towarzyszą często spiętrzenia i powodzie zatorowe (Grześ 1991). Radykalnej zmianie w okresie zimy ulega funkcjonowanie ekosystemu rzecznoego (Prowse i Culp 2003). Lód jest przyczyną wielomiesięcznych przerw w nawigacji, utrudnień w pracy elektrowni wodnych, zniszczeń zabudowy hydrotechnicznej i deformacji koryt rzecznych (Grześ 1999, Etterna i Daly 2004). Analiza długich ciągów obserwacji zjawisk lodowych wykazała, że są one również, nie poznany do końca, indykatorem zachodzących zmian klimatu (Magnuson i in. 2000). W ocenach tych należy uwzględnić także pozaklimatyczne czynniki wpływające na zmianę ustroju lodowego rzek: lodolamanie, stopnie wodne, zanieczyszczenie wody, regulację rzek.

2. Dane

Do celów niniejszej analizy dane na temat przebiegu zlodzenia wybranych rzek Arktyki zaczerpnięto między innymi z baz danych:

- *Global lake and river ice phenology database*. Benson B. i Magnuson J., 2000 (aktualizacja 2006), Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology. Digital media,
- *Russian river ice thickness and duration*. Vuglinsky V., 2000, Boulder CO: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology. Digital media,
- *Nenana Ice Classic: Tanana River ice annual breakup dates*. National Snow and Ice Data Center, 1998, Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center. Digital media.

Do analizy wybrano 17 rzek, w tym 3 znajdują się w Europie (2 na Półwyspie Kolskim), 10 na Syberii, a pozostałe 4 w Arktyce Kanadyjskiej i na Alasce (tab. 1, ryc. 1). Rzeki te położone są w różnych rejonach Arktyki (ryc. 1). Granice Arktyki przyjęto za *AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues* (1998).

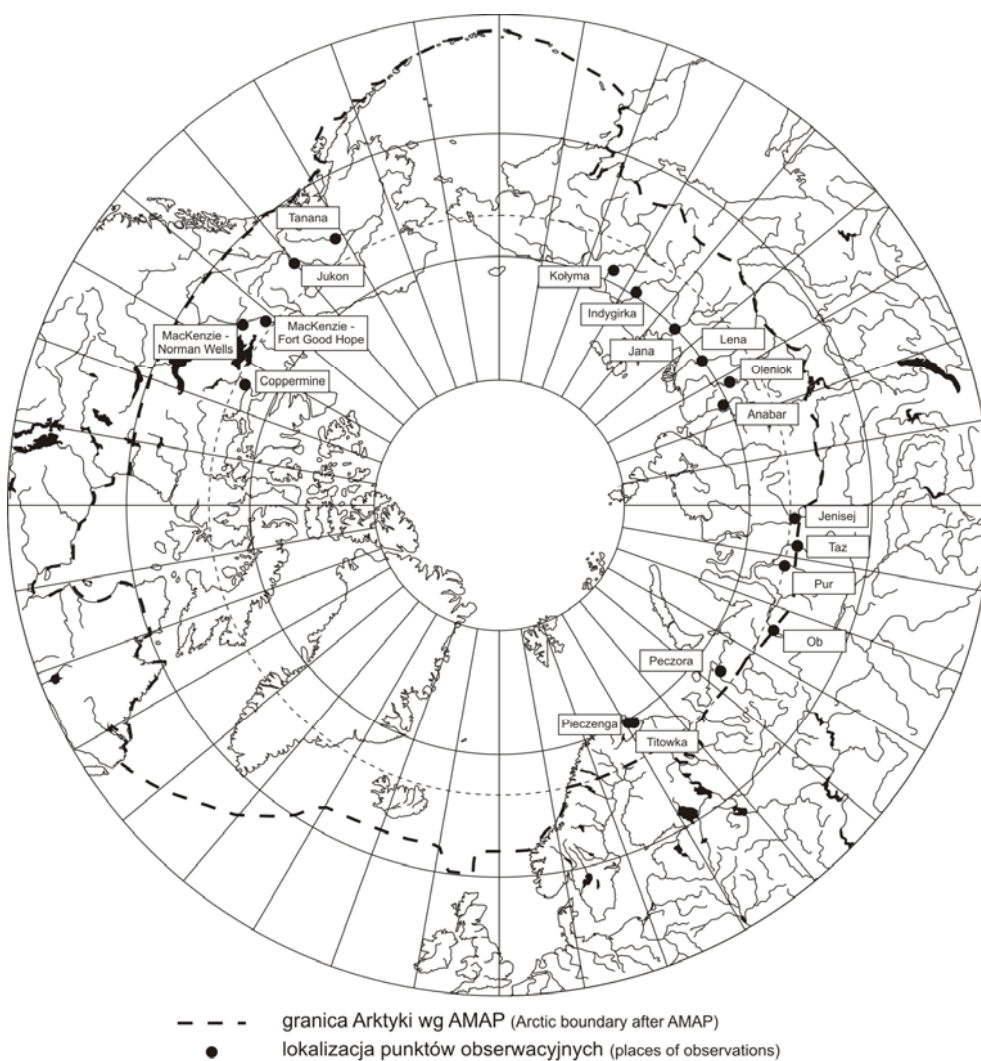
Tabela 1 – Table 1

Charakterystyka hydrologiczna wybranych rzek Arktyki
Hydrological characteristics of some rivers of the Arctic

Rzeka River	Kraj Country	Miejscowość Place	Przeciętny roczny przepływ Average year runoff [m ³ /s]*	Udział przepływu zimowego w przepływie rocznym Participation of winter runoff in year runoff [%]	Okres obserwacji Season of observation	Współrzędne geograficzne Geographic coordinates	
						φ	λ
Pieczenga	Rosja	Pieczenga	-	-	1959-1987	69°32'N	31°10'E
Titowka	Rosja	15.5 km	-	-	1954-1986	69°33'N	31°39'E
Peczora	Rosja	Oksino	4403	28.5	1958-1988	67°38'N	52°11'E
Ob	Rosja	Salechard	12657	37.6	1958-1990	66°38'N	66°36'E
Pur	Rosja	Samburg	909	35.7	1958-1990	67°00'N	78°13'E
Taz	Rosja	Sidorowsk	1053	30.7	1958-1990	66°36'N	82°17'E
Jenisej	Rosja	Igarka	18261	36.0	1958-1989	67°26'N	86°29'E
Anabar	Rosja	Saskylach	428	0.8	1958-1990	71°58'N	114°05'E
Oleniok	Rosja	Suchana	687	1.7	1958-1990	68°37'N	118°20'E
Lena	Rosja	Kusur	17080	15.0	1958-1990	70°41'N	127°24'E
Jana	Rosja	Jubileinaja	1028	1.1	1958-1990	70°45'N	136°05'E
Indygirka	Rosja	Woroncowo	1637	3.0	1958-1990	69°34'N	147°32'E
Kołyma	Rosja	Sriedniekołymsk	2188	8.1	1958-1988	67°28'N	153°42'E
Coppermine	Kanada	Coppermine	253	44.5	1958-1987	67°49'N	115°08'W
MacKenzie	Kanada	Norman Wells	8446	44.1	1960-1990	65°17'N	126°45'W
MacKenzie	Kanada	Fort Good Hope	-	-	1958-1978	66°16'N	128°37'W
Jukon	Kanada	Dawson	2260	26.8	1970-1990	64°03'N	139°08'W
Tanana	USA	Nenana	687	31.5	1958-1990	64°34'N	149°06'W

Opracowano na podstawie R-ArcticNET (A Regional. Electronic. Hydrographic Data Network For the Arctic Region) – <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu/v3.0/index.html>

Based on R-ArcticNET (A Regional. Electronic. Hydrographic Data Network For the Arctic Region)
– <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu/v3.0/index.html>



Rys.1. Lokalizacja punktów obserwacyjnych

Fig. 1. Places of observations

Informacje na temat zlodzenia rzek są wynikiem wizualnych obserwacji i subiektywnych szacunków, szczególnie w przypadku dużych rzek. „Instrumentalne” obserwacje zjawisk lodowych posiada tylko jedna rzeka – leżąca na Alasce Tanana. Dotyczą one daty początku rozpadu pokrywy lodowej.

Podstawową trudność w porównaniu przebiegu zlodzenia rzek i określeniu ich trendów stanowią niejednorodne ciągi danych (tab. 1). Starano się dokonać takiego ich wyboru, aby dla wszystkich rzek były podobne. Wykorzystano jednorodne i porównywalne serie dla okresu 1958-1990.

Pewną nieścisłością charakteryzują się także definicje początku rozpadu pokrywy lodowej. Dla wszystkich rzek obliczono przeciętny czas trwania pokrywy lodowej, daty jej rozpoczęcia oraz rozpadu, a także trendy liniowe (wyliczone metodą najmniejszych kwadratów) tychże parametrów.

3. Wyniki

Pokrywa lodowa na większości rzek Arktyki, w latach 1958-90, utrzymywała się ponad 200 dni (tab.2, ryc. 2). Różnica w przeciętnym czasie trwania zlodzenia wynosi 64 dni. Najdłużej pokrywa lodowa utrzymywała się na Anabarze – 248 dni. Najkrócej natomiast na Jukonie w miejscowości Dawson – 184 dni. Najkrótszy czas trwania pokrywy lodowej w analizowanym okresie wyniósł 153 dni i stwierdzony został na rzece Jukon w roku 1984. Najdłuższy natomiast to 264 dni na rzece Anabar (1958 r.).

Tabela 2 – Table 2

Charakterystyczne daty i czas trwania zlodzenia rzek Arktyki (1958-1990)

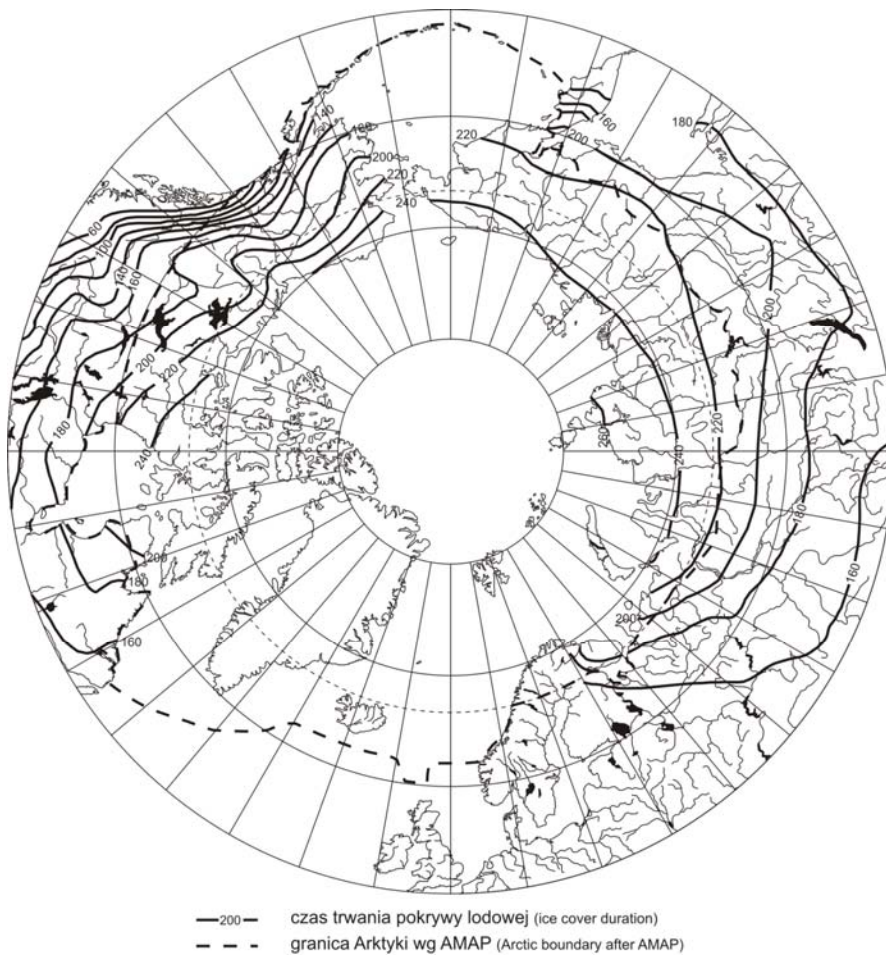
Characteristic dates and ice cover duration of Arctic rivers (1958-1990)

Rzeka River	Początek pokrywy lodowej Freeze-up			Koniec pokrywy lodowej Breakup			Czas trwania pokrywy lodowej Duration of ice cover		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Europa – Europe									
Pieczenga	09.10	01.11	30.11	01.05	15.05	30.05	163	196	229
Titowka	08.10	27.10	21.11	01.05	20.05	05.06	166	205	234
Peczora	05.10	28.10	21.11	10.05	26.05	11.06	177	209	248
Azja – Asia									
Ob	18.10	27.10	09.11	15.05	29.05	13.06	197	213	233
Pur	03.10	13.10	26.10	27.05	10.06	18.06	228	240	255
Taz	03.10	16.10	03.11	25.05	07.06	16.06	185	232	257
Jenisej	11.10	23.10	16.11	27.05	29.05	07.06	207	222	232
Anabar	22.09	02.10	11.10	26.05	05.06	14.06	233	248	264
Oleniok	01.10	11.10	19.10	21.05	30.05	10.06	216	230	243
Lena	14.10	21.10	02.11	27.05	03.06	13.06	205	224	237
Jana	26.09	05.10	11.10	20.05	03.06	10.06	225	238	253
Indygirka	01.10	10.10	16.10	25.05	03.06	11.06	225	237	248
Kołyma	02.10	12.10	23.10	15.05	27.05	06.06	216	226	242
Ameryka Północna – North America									
Coppermine	13.10	31.10	25.11	02.06	18.06	01.07	211	232	251
MacKenzie - Norman Wells	26.10	10.11	05.12	07.05	26.05	10.06	168	197	216
MacKenzie - Fort Good Hope	24.10	10.11	24.11	15.05	30.05	05.06	188	201	217
Jukon	25.10	11.11	11.12	01.05	13.05	24.05	153	184	201
Tanana	-	-	-	24.04	05.05	20.05	-	-	-

1 – najwcześniejszy – earliest, 2 – przeciętny – average, 3 – najpóźniejszy – latest

Na Anabarze pokrywa lodowa obserwowana jest najwcześniej i pojawia się tutaj przeciętnie 2 października. Najwcześniej jej powstanie miało miejsce 22 września (1957 r.), najpóźniej zaś 11 października (1967 r.). Do końca października zlodzone są już prawie wszystkie rzeki. Na początku listopada lód pojawia się na MacKenzie, Jukonie oraz Pieczendze. Najpóźniej, 11 listopada, pokrywa lodowa powstaje na Jukonie. Tutaj też zaobserwowano absolutne najpóźniejsze pojawienie się pokrywy lodowej, które miało miejsce 11 grudnia 1980 r. Zanik pokrywy lodowej rozpoczyna się 5 maja

na rzece Tanana. Do końca maja pokrywa lodowa zanika z przeważającej liczby rzek. Wyjątek stanowi część rzek Syberii oraz Coppermine, gdzie pokrywa lodowa ustępuje na początku czerwca. Na wspomnianej rzece Coppermine ma to miejsce najpóźniej spośród analizowanych rzek, przeciętnie 18 czerwca. Najwcześniej zanik pokrywy zaobserwowano 24 kwietnia 1990 roku na rzece Tanana. Najpóźniej 1 lipca 1967 roku na Coppermine. Różnice pomiędzy przeciętnymi datami powstawania pokrywy lodowej wynoszą 40 dni, natomiast pomiędzy zanikiem (rozpadem) na różnych rzekach 44 dni.



Ryc. 2. Czas trwania pokrywy lodowej na rzekach półkuli północnej (kompilacja na podstawie Mackay i Loeken 1974)

Fig. 2. Ice cover duration on rivers over the northern hemisphere (compilation after Mackay and Loeken 1974)

Trendy czasu trwania pokrywy lodowej na rzekach Arktyki wykazują duże zróżnicowanie (tab. 3). Większość rzek charakteryzuje się ujemną wartością tego parametru (11 z 16 rzek). Czas, kiedy rzeka pokryta jest lodem, najmocniej uległ skróceniu na rzece Jukon, o 4.2 dni/100 lat. Równie silny

trend skracania czasu trwania pokrywy lodowej występuje na rzece Ob (23.7 dni/ 100 lat), a także Anabar (21.8 dni/100 lat). Na kilku spośród analizowanych rzek czas trwania pokrywy lodowej wydłużył się. Do rzek tych należą: MacKenzie, Pieczenga, Peczora, Titowka i Taz. Dla tej ostatniej trend był najwyższy i wynosił 33.2 dni/100 lat. Niewiele mniejszy charakteryzował Titówkę, 30.2 dni/100 lat. Interesująco przedstawia się rozkład trendów dla dłuższych okresów czasu. Dla 5 z 7 rzek, dla których opracowano dłuższe serie danych, czas trwania pokrywy lodowej wydłużał się. Jedynie na 2 rzekach (Coppermine i Kołyma) ulegał skróceniu. Taka sytuacja, jak również analiza danych dla okresów trzyletnich (obliczano przeciętne wartości parametrów zlodzenia dla trzyletnich okresów), pozwala stwierdzić, że największe skrócenie czasu trwania pokrywy lodowej nastąpiło w ostatnim okresie przedziału 1958-90. Należy zauważyć, że przy stosunkowo krótkich seriach danych, np. dla Jukonu, odnoszenie wyników do okresu 100 lat może być obarczone błędem.

Tabela 3 – Table 3

Trendy czasu trwania oraz dat początku i końca zlodzenia rzek Arktyki

Ice cover duration trends and dates of freeze-up and break-up trends on the Arctic rivers

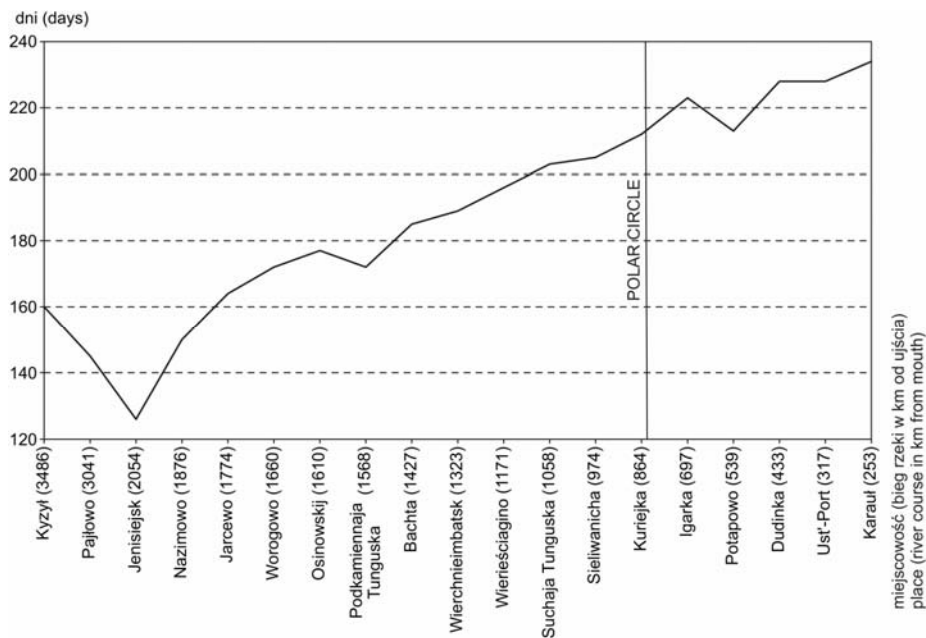
Rzeka River	Okres Period	Początek Freeze-up		Koniec Breakup		Czas trwania Duration	
		1	2	1	2	1	2
Pieczenga	1959-1987	-9.4	29	-3.9	29	5.3	29
Titowka	1954-1986	-0.4	33	-4.8	33	30.2	33
Peczora	1958-1988	-17.0	31	15.7	31	21.5	31
	1917-1988	-10.8	82	2.5	82	10.6	82
Ob	1958-1990	13.3	33	-13.1	33	-23.7	33
	1937-1994	-8.8	58	1.9	58	7.7	58
Pur	1958-1990	10.6	33	-1.5	33	-12.3	33
Taz	1958-1990	2.1	33	-7.6	33	33.2	33
Jenisej	1958-1989	11.8	33	-4.4	33	-1.4	33
	1937-1989	-7.7	53	13.4	54	25.5	53
Anabar	1958-1990	0.9	33	-0.3	33	-21.8	33
Oleniok	1958-1990	10.7	33	-5.0	33	-16.3	33
	1937-1992	-3.4	56	2.6	56	4.7	56
Lena	1958-1990	-5.0	33	-15.0	33	-8.3	33
Jana	1958-1990	3.3	33	-4.8	33	-10.5	33
Indygirka	1958-1990	7.6	33	2.7	33	-13.2	33
	1937-1992	-0.2	56	3.0	56	5.6	56
Kołyma	1958-1988	11.5	33	-2.9	33	-10.4	33
	1929-1988	0.7	60	-3.9	60	-5.2	60
Coppermine	1958-1987	18.9	30	-0.2	30	-8.1	30
	1931-1993	29.6	63	0.0	64	-34.4	63
MacKenzie - Norman Wells	1960-1990	-31.5	31	-10.5	31	20.6	31
MacKenzie - Fort Good Hope	1958-1978	-46.2	21	-47.0	21	3.9	21
	1877-1979	6.3	103				
Jukon	1970-1990	4.1	21	-19.1	21	-24.2	21
Tanana	1958-1990			-16.9	33		
	1917-2007			-7.4	91		

1 – trend (dni/100 lat) – trend (days/100 year), 2 – długość okresu – period length

Pokrywa lodowa na rzekach Arktyki powstaje coraz później. Stan ten obrazuje dodatni trend dat powstawania pokrywy lodowej. Waha się on w granicach od 0.9 dni/100 lat na rzece Anabar do 18.9 dni/100 lat na rzece Coppermine. Jednak na pięciu rzekach pokrywa lodowa powstaje coraz wcześniej. Są to rzeki europejskiej części Arktyki (Pieczenga, Titowka, Peczora), Lena oraz MacKenzie, która posiada największy trend (–46.2 dni w Fort Good Hope). Analiza trendów w dłuższych okresach czasu niż lata 1958-1990 wykazuje podobne tendencje jak w przypadku czasu trwania pokrywy. Na 5 z 8 rzek pokrywa lodowa powstawała coraz wcześniej.

Koniec zlodzenia rzek Arktyki następuje coraz wcześniej. Jedyne na dwóch rzekach zanik pokrywy lodowej jest coraz późniejszy. Są to Indygirka (2.7 dni/100 lat) oraz Peczora (15.7 dni/100 lat). Pozostałe rzeki mają ujemny trend. Waha się on od 0.2 dni/100 lat w przypadku Coppermine do 47 dni/100 lat na MacKenzie w Fort Good Hope. Ciekawym jest fakt, że rzeka MacKenzie w tymże profilu zamarza coraz wcześniej, a pokrywa zanika coraz szybciej, w skutek czego trend czasu trwania jest dodatni i wynosi 3.9 dni/100 lat. Dla dłuższych okresów czasu trend na większości rzek był dodatni, co oznacza, że zanik pokrywy następował coraz później.

W analizie czasu trwania zjawisk lodowych uwagę trzeba zwrócić na fakt odrębności warunków przepływu pod pokrywą lodową (Paślawski 1973, Majewski i Grześ 1986) oraz związane z tym deformacje koryt rzecznych (Grześ 1999, Eterna i Daly 2004, Sui i in. 2006). Skrócenie czasu trwania zjawisk lodowych, a pokrywy lodowej w szczególności, może mieć bardzo duże znaczenie w funkcjonowaniu ekosystemów rzek Arktyki (Prowse i Culp 2003). Stwierdzono również związek pomiędzy skróceniem czasu trwania zjawisk lodowych a wzrostem odpływu rzecznej do basenu Morza Arktycznego (Peterson i in. 2002).



Ryc. 3. Czas trwania pokrywy lodowej na Jeniseju

Fig. 3. Ice cover duration on Yenisei River

Długotrwałemu zlodzeniu rzek Arktyki towarzyszą bardzo małe natężenia przepływu, a nawet ich zanik. Na Anabarze średni zimowy przepływ stanowi zaledwie 0.8% średniego rocznego przepływu¹. Podobnie jest na Janie (1.1%) i Olenioku (1.7%). Tak duża rzeka jak Anabar w wielu miejscach przemarza do dna na okres 4-6 miesięcy. Na dużych rzekach Ameryki i Azji przepływających przez Arktykę natężenie przepływu w okresie zlodzenia sięga 30-44% średniego rocznego przepływu. Związane jest to z dużym udziałem zasilania tych rzek wodami spod zmarzliny.

Czas trwania pokrywy lodowej pozostaje w ścisłym związku z szerokością geograficzną. Jest to szczególnie dobrze widoczne na dużych rzekach płynących z południa na północ. Różnice czasu trwania zjawisk lodowych pomiędzy ujściowymi odcinkami dużych rzek syberyjskich a ich środkowymi biegami dochodzą nawet do 100 dni. Ilustracją tej zależności może być wykres sporządzony dla Jeniseju (ryc. 3).

W artykule całkowicie pominięto tak ważny dla ustroju lodowego rzek Arktyki element jak zatory lodowe. Ich powstawanie związane jest między innymi ze zróżnicowaniem czasu trwania pokrywy lodowej na różnych odcinkach tej samej rzeki. Ciekawym i bardzo ważnym problemem są ogromne naladzia rzeczne towarzyszące zamarzaniu rzek Arktyki (Aleksiejew 1987).

Zaprezentowane wartości trendów odbiegają od wartości przedstawionych przez J. Magnusona i in. (2000), którzy porównywali daty zlodzenia wybranych rzek i jezior łącznie dla całej półkuli północnej. Jednak kierunek trendów w większości pozostaje ten sam. W opracowaniu są związki czasu trwania zjawisk lodowych rzek Arktyki z zimowym indeksem NAO i AO. Próby takie podejmowali do tej pory m.in. Yoo i D'Odorico (2002).

Literatura

- Aleksiejew W. R., 1987. Naledi. Izdat. „Nauka”, Nowosybirsk: 256 s.
- AMAP, 1998. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo: 9-10.
- Eterna R., Daly S.F., 2004. Sediment transport under ice. CRREL, US Army Corps of Engineers, ERDC/CRREL TR-04-20: 64 s.
- Grześ M., 1999. Rola zjawisk lodowych kształtowaniu koryta dolnej Wisły. AUNC, Geografia XXIX, z. 103, Toruń: 111-128
- Kuusisto E., Elo A.-R., 1998. Lake and river ice variables as climate indicators in Northern Europe. Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen: 2761-2764.
- Lambor J., 1971. Hydrologia inżynierska. Wyd. Arkady: 364 s.
- Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson B.J., Wynne R.H., Livingstone D.M., Arai T., Assel R.A., Barry R.G., Card V., Kuusisto E., Granin N.G., Prowse T.D., Stewart K.M., Vuglinski V.S., 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere. Science, 289/2000: 1743-1746.
- Majewski W., 1987. Wpływ pokrywy lodowej na charakterystykę hydrauliczną zbiorników przepływowych na rzekach nizinnych na przykładzie Zbiornika Włocławek, Prace IBW PAN, 13, Gdańsk: 133 s.
- Majewski W., Grześ M., 1986. Formation ice cover on impounding reservoir and its influence on roughness coefficients and flow conditions, IAHR, Ice Symposium, Iowa City, Proceedings I: 63-73.

¹ Wartości dotyczące przepływów opracowano na podstawie danych pochodzących z bazy R-ArcticNET (A Regional, Electronic, Hydrographic Data Network For the Arctic Region) – <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu/v3.0/index.html>

- Michel B., 1971. Winter regime of rivers and lakes, CRREL, Monograph III-B1a, Hanover, New Hampshire: 131 s.
- Paslawski Z., 1973. Metody hydrometrii rzecznej, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa: 294-303.
- Peterson B.J., Holmes R.M., McClelland J.W., Vörösmarty Ch.J., Lammers R.B., Shiklomanov A.I., Shiklomanov I.A., Rahmstorf S., 2002. Increasing River Discharge to the Arctic Ocean. *Science*, 298/2002: 2171-2173.
- Prowse T.D., Culp J.M., 2003. Ice: breakup: a neglected factor in river ecology. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 30 (1): 128-144.
- Shen H.T., 1985. Hydraulics of river ice. Department of Civil and Environmental Engineering, Clarkson University, Potsdam, New York: 80 s.
- Sui J., Hicks F.E., Menounos B., 2006. Observations of riverbed scour under a developing hanging ice dam. *Canadian Journal of Civil Engineering* 33 (2): 214-218.
- Yoo J., D'Orolicio P., 2002. Trends and fluctuations in the dates of ice break-up of lakes and rivers in Northern Europe: the effect of the North Atlantic. *Journal of Hydrology*, 268 (1-4): 100-112.

Summary

Trends and fluctuations in the dates of ice cover formation and breakup on selected rivers in the Arctic worked out based on databases: Benson B., Magnuson J., 2000, *Global lake and river ice phenology database*, Vuglinsky V., 2000, *Russian river ice thickness and duration*, National Snow and Ice Data Center, 1998, *Nenana Ice Classic: Tanana River ice annual breakup dates*.

Most of the Arctic rivers are frozen for 7-8 months. Dissimilarity of flow conditions during ice cover period, ice jams and dams allow to state that it is the most important part of the Arctic rivers hydrological regime.

The main problem in comparison of ice events and determine its trends are heterogeneously data series. Data are selected to be the most similar. In this study are used homogeneous and comparable series for period 1958-1990. For analysis have chosen 17 rivers situated in different Arctic areas. 3 are in Europe, 10 on Siberia and the others 4 in Canadian Arctic and on Alaska. For all of them was calculated average time of ice cover duration, dates of freezing and breakup and trends of this parameters.

Difference between ice cover duration on the Arctic rivers is 64 days. The longest time of ice cover duration is on Anabar – 248 days. The shortest, 184 days, on Yukon in Dawson. Average time of ice cover duration on most part of the rivers is more than 200 days. The earliest date of freeze-up is on Anabar river, average 2 October. To the end of the month ice cover is on most of the rivers. At the beginning of November come out on MacKenzie, Yukon and Pechenga rivers. Breakup starts 5 May (Tanana river). To the end of May ice cover vanish on most of the rivers. Exceptions are rivers in Eastern Siberia and Coppermine river, where spring ice drift starts latest, average 18 June. Differences between freeze-up dates amount 40 days, while between breakup on various rivers 44 days.

Ice cover duration trends are diverse but generally on most of the rivers trends are negative (for 11 of 16 rivers). The biggest trend was on Yukon river in Dawson in 1970-90 (–24.2 days/100 years). A little bit smaller trend (–23.7 days/100 years) was on Ob (1958-90) and Anabar (–21.8 days/100 years). Positive values characterized rivers: MacKenzie, Pechenga, Pechora and Taz, which had a biggest value (33.2 days/100 years).

Freeze-up on the Arctic rivers occurs later and later. It is described by positive value of this parameter. It fluctuates within 0.9 days/100 years on Anabar to 18.9 days/100 years on Coppermine. However in two stations in the Canadian Arctic, 3 in European Arctic and on Lena ice cover freeze-up more and more early. Only two rivers: Yndigirka and Pechora freeze-up later and later (it is 2.7 days/100 years on Yndigirka and 15.7 days/100 years on Pechora). On the others rivers trends are negatives and fluctuates within 0.2 days/100 years (Coppermine) to 47 days/ 100 years (MacKenzie in Fort Good Hope). Presented trend's values are different from this presented by Magnuson *et al.* (2000), who compared freezing dates for lakes and rivers together for all the northern hemisphere.