

WPŁYW OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ NA ZMIANY STABILNOŚCI REŻIMU STANÓW WODY JEZIOR W POLSCE

KATARZYNA PLEWA, DARIUSZ WRZESIŃSKI

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

Abstract: The paper presents results of research on the stability of water stage regime of Polish lakes in different phases of the North Atlantic Oscillation. The stability of the regime was defined as the degree of regularity of occurrence of a particular phase of the hydrological regime, i.e. high and low water stages. The determination of the stability of water stage regime in lakes applied the stability coefficient. The analysis covered data concerning mean monthly values of water stages from 1976–2010 for 34 lakes located in Polish lakelands. According to the study, the effect of changes in the North Atlantic Oscillation on water stages in lakes is variable in time and space. In the positive NAO phase, maximums on lakes occur earlier than on average – in winter and spring, and in the negative phase – later. Minimums change in a lower range, particularly in the positive NAO phase. In the negative phase, on the majority of lakes, the term of appearance of $I_{\min}$ was later than on average. The term of occurrence of minimums is considerably variable, particularly in the positive phase, and in the negative phase it is usually later, and occurs in autumn.

Keywords: lakes, water level regime, stability coefficient, North Atlantic Oscillation

WSTĘP

Wahania stanów wody należą do głównych czynników mających wpływ na funkcjonowanie jezior. Decydują o przebiegu wielu procesów i zjawisk hydrologicznych, geomorfologicznych i biologicznych. Na wahania stanów wody wpływają głównie: czynniki klimatyczne, ale także głębokość niecki jeziornej, związek z wodami podziemnymi, powierzchnia i kształt zlewni jeziora, powierzchnia samego zbiornika, stopień i charakter przepływowości, antropopresja. Jednym z klimatycznych czynników mających wpływ na wielkość zasilania atmosferycznego rzek i jezior jest Oscylacja Północnoatlantycka. Oscylacja Północnoatlantycka jest makroskalowym typem cyrkulacji atmosfery, który pełni istotną klimatotwórczą rolę (Marsz, Żmudzka 1999; Marsz 2001). Wpływ natężenia Oscylacji Północnoatlantyckiej na temperaturę powietrza, wysokość opadów atmosferycznych oraz grubość pokrywy śnieżnej został szeroko udokumentowany (Marsz 1999, 2001; Wibig 2001; Marsz, Styszyńska 2001; Kożuchowski, Degirmendź 2002; Niedźwiedz 2002; Przybylak i in. 2003; Falarz 2007; Bednorz 2009). W dotychczasowych badaniach potwierdzono wpływ NAO na

wielkość wezbrań roztopowych w Europie Środkowej (Kaczmarek 2002, 2003) oraz odpływ rzek w Europie (Wrzesiński 2010, 2013; Pociask-Karteczka 2011) i w Polsce (Limanówka i in. 2002; Pociask-Karteczka i in. 2002, 2003; Styszyńska 2002; Styszyńska, Tamulewicz 2004; Wrzesiński i in. 2015, 2016).

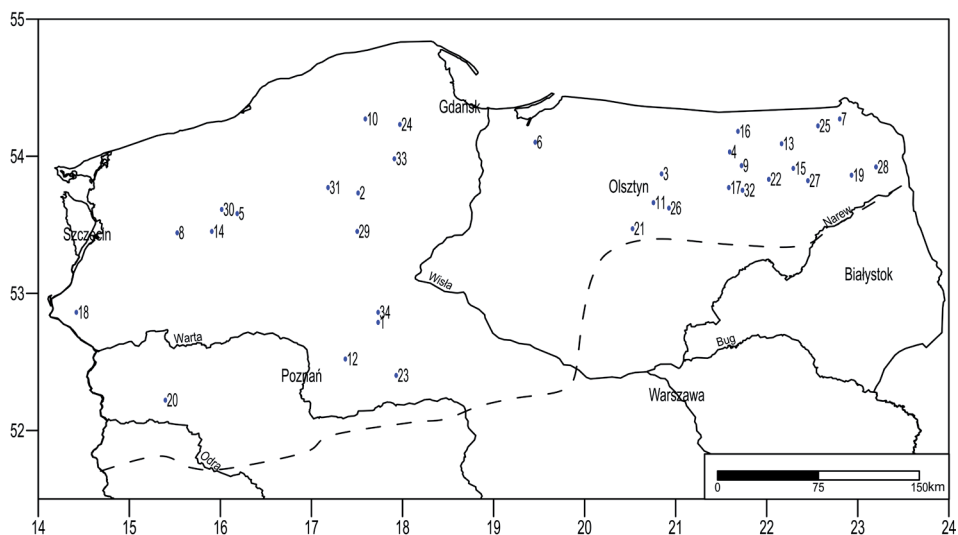
W aspekcie badań limnologicznych starano się ustalić głównie wpływ zmian natężenia Oscylacji Północnoatlantyckiej na reżim termiczny i lodowy jezior w Polsce (Skowron 2009; Girjatowicz 2011; Wrzesiński i in. 2015a, b). Dotychczas przeprowadzone badania wykazały zróżnicowanie czasowe i przestrzenne tendencji zmian stanów jezior (Wrzesiński, Ptak 2016) oraz stabilności pojawiania się maksymalnych i minimalnych stanów wód jezior w północnej części Polski (Wrzesiński, Plewa 2016). Przy braku badań nad wpływem NAO na stany wód jezior interesującym zagadnieniem staje się ustalenie, czy i w jakim zakresie zmiany natężenia Oscylacji Północnoatlantyckiej wpływają na stabilność cech reżimu stanów wód jezior w Polsce. Celem pracy jest określenie wpływu Oscylacji Północnoatlantyckiej na regularność i termin pojawiania się okresów wysokich i niskich stanów wody jezior w Polsce oraz ich przestrzenne zróżnicowanie.

OBSZAR I MATERIAŁY BADAŃ

W badaniach wykorzystano dane dotyczące średnich miesięcznych wartości stanów wody z wielolecia 1976–2010 dla 34 jezior położonych na polskich pojezierzach (ryc. 1). Dane pochodzą z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB. Wśród badanych jezior znajdują się głównie jeziora przepływowe o reżimie *quasi*-naturalnym, jak również jeziora poddane wpływowi działalności człowieka. Do przeprowadzenia analizy wykorzystano wartości zimowego wskaźnika NAO według Hurrela. Indeks ten stanowi znormalizowaną średnią różnicę ciśnienia atmosferycznego z okresu od grudnia do marca pomiędzy Lizboną i Stykkisholmur oraz Reykjavíkiem (Hurrel 1995, uaktualnienia: <<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based>>).

METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano podejście metodyczne badania stabilności cech reżimu zastosowane we wcześniejszych badaniach dotyczących reżimu rzek (Wrzesiński 2009, 2013, 2015) i jezior (Wrzesiński, Plewa 2016). Stabilność reżimu stanów wody można rozumieć jako stopień regularności występowania określonej fazy reżimu stanów wody (wysokich i niskich stanów wody) w roku. Reżim stanów wody opisano za pomocą dwóch zmiennych: pierwszego maksymalnego



Ryc. 1. Lokalizacja jezior (numeracja jezior zgodna z tab. 1, linią przerywaną zaznaczono maksymalny zasięg ostatniego zlodowacenia)

Fig. 1. Location of the lakes (the numbering of lakes as in tab. 1, the dashed line indicated the maximum range of the last glaciation)

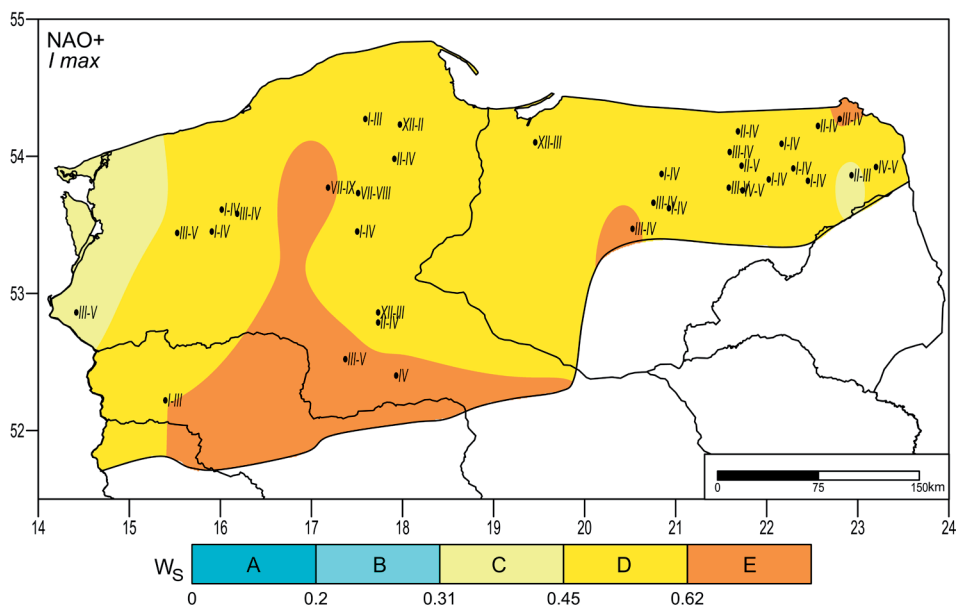
średniego miesięcznego stanu wody (faza wysokich stanów wody) oraz pierwszego minimalnego średniego miesięcznego stanu wody (faza niskich stanów wody). Według Corbusea i Stanescu (2004) stabilność określa częstotliwość zmiennej opisującej w możliwie krótkim okresie.

Do określenia stabilności reżimu hydrologicznego jezior zastosowano współczynnik stabilności. Współczynniki stabilności obliczono dla dwóch zmiennych opisujących dla warunków przeciętnych z wielolecia 1976–2010. Wartości współczynnika stabilności obliczono również oddzielnie dla dwóch zbiorów lat o wysokich ($NAO_{DJFM} > 2,67$) i niskich ($NAO_{DJFM} < -0,41$) wartościach zimowego indeksu NAO_{DJFM} . Liczby te odpowiadają pierwszemu i trzeciemu kwartylowi z całego zbioru wskaźnika NAO_{DJFM} w latach 1976–2010.

W opracowaniu matematyczno-statystycznym danych źródłowych wykorzystano procedury statystyczne programu *Excel* [Microsoft], a w tworzeniu strony graficznej program *Surfer 10* [Golden Software].

STABILNOŚĆ MAKSYMALNYCH STANÓW WODY

W dodatniej fazie Oscylacji Północnoatlantyckiej największą stabilność terminów pojawiania się wysokich stanów wody odnotowano wiosną na jeziorach: Omulew, Hańcza (III–IV), Lednica (III–V) oraz Powidzkim (IV), a na jeziorze



Ryc. 2. Stabilność I maksimum miesięcznych stanów wody w pozytywnej fazie
Oscylacji Północnoatlantyckiej

W_S – współczynnik stabilności; charakter reżimu: A – niestabilny, B – względnie niestabilny,
C – względnie stabilny, D – stabilny, E – silnie stabilny

Fig. 2. Stability of the 1st maxima of monthly water stages in the positive phase
of North Atlantic Oscillation

W_S – coefficient of stability; type of regime: A – unstable, B – relatively unstable, C – relatively stable,
D – stable, E – very stable

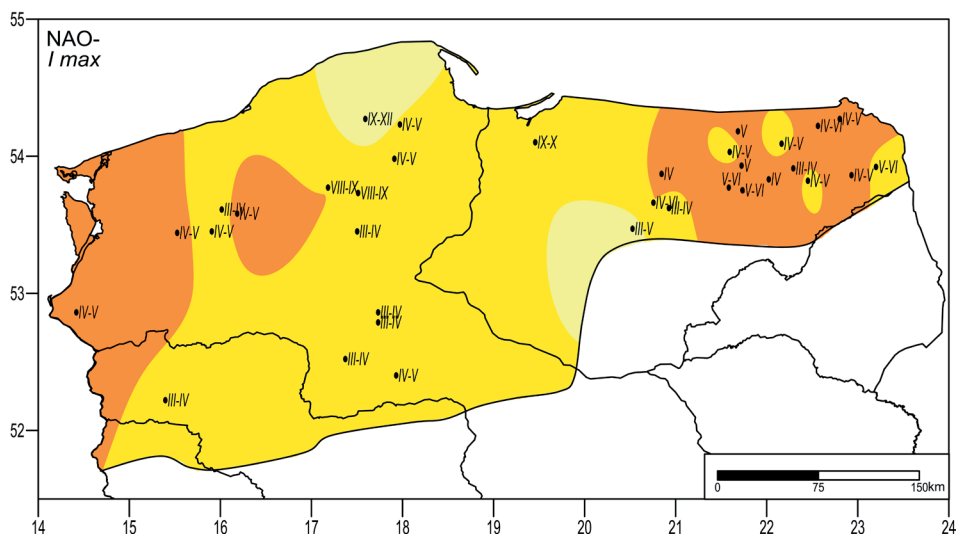
Szczytno w okresie letnio-jesiennym (VII–IX) – rycina 2. Współczynnik stabilności wahał się od 0,65 na jeziorach Omulew i Hańcza do 0,69 na jeziorach Lednica i Szczytno. Na większości badanych jezior zaobserwowano stabilny termin wystąpienia $I_{\max}$, a współczynnik stabilności wyniósł od 0,47 na Jeziorze Charzykowskim do 0,62 na jeziorach: Niesłysz, Wdzydze, Mamry, Mikołajskim oraz Raduńskim Górnym (tab. 1). W tej grupie jezior termin pojawiania się $I_{\max}$ najczęściej przypadał na okres zimowo-wiosenny, rzadziej na okres wiosenny, a w przypadku Jeziora Charzykowskiego na okres letni (VII–VIII). Na pozostałych dwóch jeziorach wystąpił względnie stabilny termin $I_{\max}$ ($W_S = 0,37$ i $0,39$). Na jeziorze Necko przypadał on na okres zimowo-wiosenny (II–III), a na jeziorze Morzycko na wiosnę (III–V). W pozytywnej fazie NAO_{DJFM} terminy wystąpienia $I_{\max}$, w porównaniu z warunkami przeciętnymi (Wrzeński, Pleva 2016), na większości jezior nie uległy zmianie lub wystąpiły wcześniej (tab. 1). Jedynie na jeziorze Jasień zaobserwowano późniejszy termin pojawiania się $I_{\max}$.

Tabela 1. Współczynniki stabilności maksymalnych stanów wody i terminy ich wystąpienia w różnych fazach NAO_{DJFM}

Table 1. Coefficients of stability of maximum water levels and dates of their occurrence in various phases NAO_{DJFM}

Lp.	Jezioro	Okres przeciętny (1976–2010)		NAO+		NAO-	
		W_s	termin	W_s	termin	W_s	termin
1	Biskupińskie	0,55	III–IV	0,54	II–IV	0,56	III–IV
2	Charzykowskie	0,50	VIII–IX	0,47	VII–VIII	0,62	VIII–IX
3	Dadaj	0,54	IV	0,56	I–IV	0,67	IV
4	Dejguny	0,44	III–V	0,56	III–IV	0,56	IV–V
5	Drawsko	0,58	III–IV	0,56	III–IV	0,75	IV–V
6	Druzno	0,34	XII–III	0,50	XII–III	0,47	IX–X
7	Hańcza	0,65	III–IV	0,65	III–IV	0,84	IV–V
8	Ińsko	0,54	III–V	0,46	III–V	0,75	IV–V
9	Jagodne	0,55	IV–V	0,56	II–V	0,67	V
10	Jasień	0,35	XII–III	0,54	I–III	0,31	IX–XII
11	Kalwa	0,54	III–V	0,56	III–IV	0,62	IV–VI
12	Lednica	0,54	III–V	0,69	III–V	0,47	III–IV
13	Litygajno	0,41	III–IV	0,56	I–IV	0,56	IV–V
14	Lubie	0,46	II–IV	0,50	I–IV	0,47	IV–V
15	Łaśmiady	0,58	III–IV	0,50	I–IV	0,75	III–IV
16	Mamry	0,55	IV–V	0,62	II–IV	0,67	V
17	Mikołajskie	0,55	IV–V	0,62	III–V	0,75	V–VI
18	Morzycko	0,54	III–V	0,39	III–V	0,75	IV–V
19	Necko	0,41	IV–V	0,37	II–III	0,75	IV–V
20	Niesłysz	0,46	I–III	0,62	I–III	0,56	III–IV
21	Omulew	0,38	III–IV	0,65	III–IV	0,39	III–V
22	Orzysz	0,57	IV	0,50	I–IV	0,67	IV
23	Powidzkie	0,58	IV–V	0,67	IV	0,56	IV–V
24	Raduńskie Górne	0,44	XII–II	0,62	XII–II	0,47	IV–V
25	Rospuda Filipowska	0,62	III–V	0,54	II–IV	0,69	IV–VI
26	Sasek Wielki	0,43	IV–V	0,50	I–IV	0,56	III–IV
27	Selmęt Wielki	0,49	IV	0,56	I–IV	0,56	IV–V
28	Serwy	0,60	IV–V	0,56	IV–V	0,56	V–VI
29	Sępoleńskie	0,46	II–IV	0,50	I–IV	0,56	III–IV
30	Siecino	0,34	I–IV	0,50	I–IV	0,47	III–IV
31	Szczytno	0,65	VII–IX	0,69	VII–IX	0,62	VIII–IX
32	Śniardwy	0,58	IV–VI	0,56	IV–V	0,84	V–VI
33	Wdzydze	0,40	II–V	0,62	II–IV	0,56	IV–V
34	Znińskie Duże	0,50	II–IV	0,50	XII–III	0,56	III–IV

Stabilność pojawiania się $I_{\max}$ stanów miesięcznych na badanych jeziorach w negatywnej fazie Oscylacji Północnoatlantyckiej była bardzo wysoka (ryc. 3), a współczynnik stabilności wahał się od 0,67 do 0,84 (tab. 2). W przypadku większości jezior Pojezierza Mazurskiego maksima były obserwowane w miesiącach wiosennych (Dadaj, Orzysz, Mamry, Jagodne, Hańcza, Necko) oraz w okresie wiosenno-letnim (Rospuda Filipowska, Mikołajskie, Śniardwy). Silnie stabilnym reżimem stanów maksymalnych charakteryzowały się też pojedyncze jeziora na Pojezierzu Pomorskim – Morzycko, Drawsko, Ińsko (IV–V). Większość analizowanych jezior cechował jednak stabilny reżim stanów maksymalnych, a współczynnik stabilności wahał się od 0,47 (Druzno, Siecino, Raduńskie Górne) do 0,62 (Szczytno, Charzykowskie, Kalwa). Terminy wystąpienia $I_{\max}$ były dość zróżnicowane – od okresu wiosennego na większości jezior (Siecino, Sępoleńskie, Biskupińskie, Żnińskie Duże, Lednica, Sasek Wielki – III–IV; Lubie, Raduńskie Górne, Wdzydze, Powidzkie, Dejguny, Litygajno, Selmęt Wielki – IV–V; Kalwa – IV–VI; Serwy – V–VI) przez okres jesienno-letni (Szczytno i Charzykowskie – VIII–IX) po jesień (Druzno – IX–X). Względnie stabilny termin $I_{\max}$ zaobserwowano na dwóch jeziorach. Na jeziorze Jasień przypadał na okres jesienno-zimowy (IX–XII), a na jeziorze Omulew wiosną (III–V). Współczynnik stabilności wynosił odpowiednio: 0,31 i 0,39. W porównaniu z warunkami przeciętnymi termin wystąpienia $I_{\max}$ w negatywnej fazie NAO_{DJFM} w przypadku większości jezior odnotowano o około miesiąc później. Wyjątek stanowiły jeziora Jasień, Druzno



Ryc. 3. Stabilność I maksimum miesięcznych stanów wody w negatywnej fazie Oscylacji Północnoatlantyckiej (objaśnienia jak na ryc. 2)

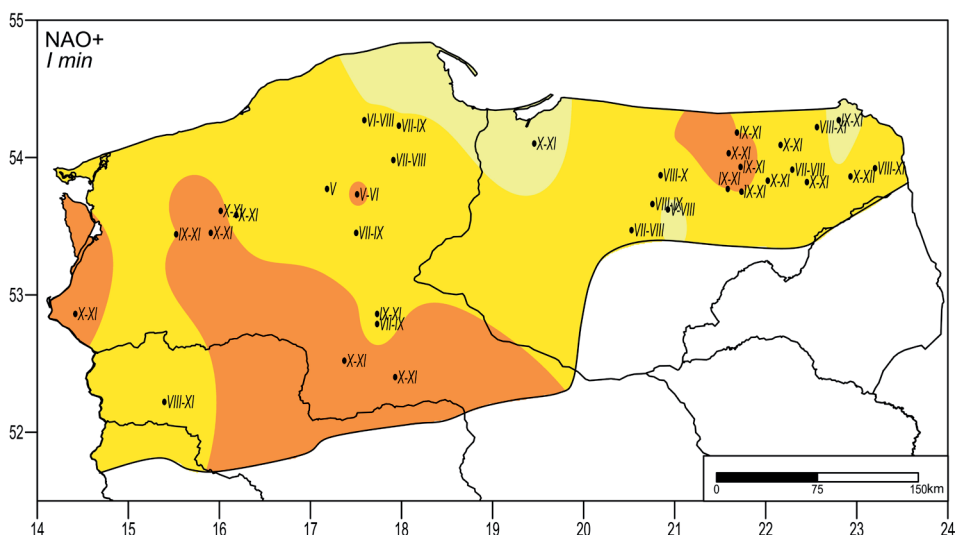
Fig. 3. Stability of the 1st maxima of monthly water stages in the negative phase of North Atlantic Oscillation (legend as in Fig. 2)

i Sasek Wielki, na których pojawienie się $I_{\max}$ zanotowano wcześniej niż przeciętnie oraz jeziora: Charzykowskie, Biskupińskie, Lednica, Powidzkie, Dadaj, Omulew, Orzysz, Necko, Łąśmiady, Selmęt Wielki, na których nie stwierdzono zmian w terminie wystąpienia $I_{\max}$.

Wartość współczynnika stabilności $I_{\max}$ była wysoka zarówno w pozytywnej, jak i w negatywnej fazie NAO_{DJFM} i zasadniczo nie odbiegała znacząco od wartości przeciętnych z lat 1976–2010. Charakterystyczne jest to, że w pozytywnej fazie NAO_{DJFM} obserwowano wyższe wartości współczynnika stabilności wysokich stanów na jeziorach Pojezierza Wielkopolskiego, a w negatywnej fazie na jeziorach Pojezierza Mazurskiego.

STABILNOŚĆ MINIMALNYCH STANÓW WODY

Najbardziej stabilny termin wystąpienia $I_{\min}$ w pozytywnej fazie NAO_{DJFM} zaobserwowano na jeziorach położonych na Pojezierzu Drawskim, Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim oraz w Krainie Wielkich Jezior Mazurskich (ryc. 4). Współczynnik stabilności $I_{\min}$ w dodatniej fazie NAO_{DJFM} wahał się od 0,84 na jeziorach Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego (Lednica i Powidzkie) do 0,37 na położonym na Żuławach Wiślanych jeziorze Druzno (tab. 2). Na ośmiu jeziorach zaobserwowano silnie stabilny termin pojawiania się $I_{\min}$, głównie jesienią, na jeziorach: Jagodnym (IX–XI), Morzycko, Lubie, Siecino,



Ryc. 4. Stabilność I minimum miesięcznych stanów wody w pozytywnej fazie Oscylacji Północnoatlantyckiej (objaśnienia jak na ryc. 2)

Fig. 4. Stability of the 1st minima of monthly water stages in the positive phase of North Atlantic Oscillation (legend as in Fig. 2)

Tabela 2. Współczynniki stabilności minimalnych stanów wody oraz terminy ich wystąpienia w różnych fazach NAO_{DJFM}

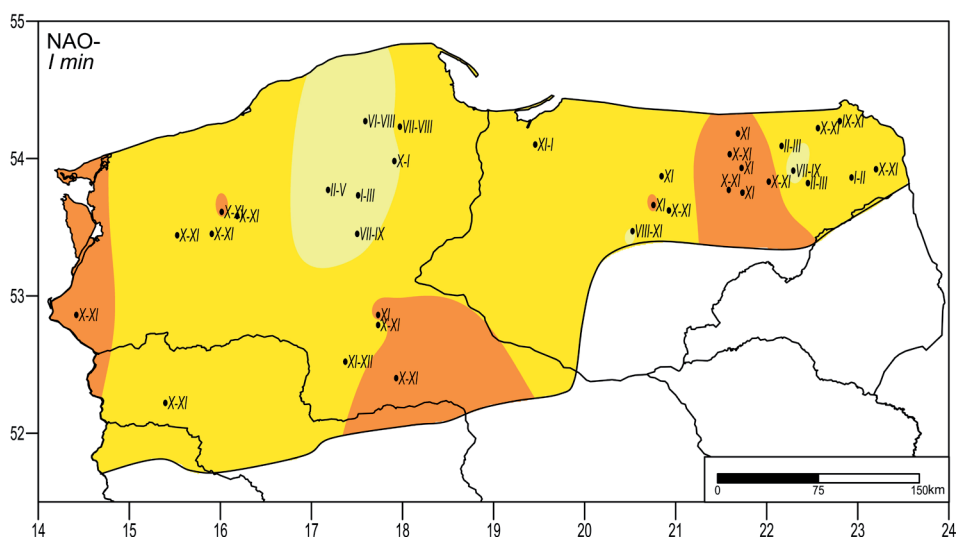
Table 2. Coefficients of stability of minimum water levels and dates of their occurrence in various phases NAO_{DJFM}

Lp.	Jezioro	Okres przeciętny (1976–2010)		NAO+		NAO ⁻	
		W_s	termin	W_s	termin	W_s	termin
1	Biskupińskie	0,48	VIII–XI	0,46	VII–IX	0,56	X–XI
2	Charzykowskie	0,50	V–VI	0,65	V–VI	0,39	I–III
3	Dadaj	0,46	IX–XI	0,62	VIII–X	0,56	XI
4	Dejguny	0,67	X–XI	0,75	X–XI	0,65	X–XI
5	Drawsko	0,60	X–XI	0,56	X–XI	0,56	X–XI
6	Druzno	0,29	X–I	0,37	X–XI	0,54	XI–I
7	Hańcza	0,52	IX–XI	0,39	IX–XI	0,46	IX–XI
8	Ińsko	0,60	X–XI	0,62	IX–XI	0,47	X–XI
9	Jagodne	0,67	X–XI	0,69	IX–XI	0,67	XI
10	Jasień	0,37	VI–IX	0,46	VI–VIII	0,39	VI–VIII
11	Kalwa	0,63	IX–XI	0,56	VIII–IX	0,67	XI
12	Lednica	0,74	X–XI	0,84	X–XI	0,56	XI–XII
13	Litygajno	0,48	X–XI	0,56	X–XI	0,56	II–III
14	Lubie	0,70	X–XI	0,75	X–XI	0,47	X–XI
15	Łaśmiady	0,42	VI–IX	0,47	VII–VIII	0,31	VII–IX
16	Mamry	0,67	X–XI	0,62	IX–XI	0,67	XI
17	Mikołajskie	0,70	X–XI	0,62	IX–XI	0,84	X–XI
18	Morzycko	0,58	X–XI	0,65	X–XI	0,75	X–XI
19	Necko	0,46	I–II	0,46	X–XII	0,56	I–II
20	Niesłysz	0,52	IX–XI	0,50	VIII–XI	0,47	X–XI
21	Omulew	0,48	VIII–IX	0,56	VII–VIII	0,44	VIII–XI
22	Orzysz	0,65	X–XI	0,56	X–XI	0,75	X–XI
23	Powidzkie	0,74	X–XI	0,84	X–XI	0,75	X–XI
24	Raduńskie Górne	0,42	VIII–X	0,46	VII–IX	0,47	VII–VIII
25	Rospuda Filipowska	0,51	VIII–XI	0,50	VIII–XI	0,47	X–XI
26	Sasek Wielki	0,39	VIII–XI	0,38	V–VIII	0,47	X–XI
27	Selmęt Wielki	0,36	X–XI	0,47	X–XI	0,56	II–III
28	Serwy	0,60	IX–XI	0,56	VIII–XI	0,47	X–XI
29	Sępoleńskie	0,46	VIII–X	0,54	VII–IX	0,39	VII–IX
30	Siecino	0,62	X–XI	0,65	X–XI	0,65	X–XI
31	Szczytno	0,46	V	0,56	V	0,38	II–V
32	Śniardwy	0,67	X–XI	0,62	IX–XI	0,78	XI
33	Wdzydze	0,42	VII–XI	0,56	VII–VIII	0,44	X–I
34	Żnińskie Duże	0,53	X–XI	0,62	IX–XI	0,67	XI

Lednica, Powidzkim, Dejguny (X–XI) oraz w przypadku Jeziora Charzykowskiego w okresie wiosenno-letnim (V–VI). Na trzech jeziorach względnie stabilny termin występowania $I_{\min}$ ($W_s = 0,37–0,39$) przypada na okres jesienny (Druzno i Hańcza) lub letni (Sasek Wielki) – tabela 2. Pozostałe jeziora charakteryzował stabilny termin $I_{\min}$, który najczęściej przypadał na okres letni, letnio-jesienny i jesienny. Wyjątek stanowiło jezioro Szczytno, na którym $I_{\min}$ odnotowano wcześniej – już w maju.

Terminy wystąpienia $I_{\min}$ w dodatniej fazie NAO_{DJFM} w porównaniu z okresem przeciętnym notowano zazwyczaj o miesiąc wcześniej lub się nie zmieniały. Wcześniejsze terminy obserwowano na większości jezior Pojezierza Mazurskiego, z wyjątkiem jeziora Łaśmiady, na którym $I_{\min}$ wystąpiło miesiąc później niż przeciętnie. Późniejszy termin pojawiania się minimum zaobserwowano jeszcze jedynie na jeziorach: Niesłysz, Ińsko, Biskupińskim, Żnińskim Dużym, Sępoleńskim, Wdzydze, Raduńskim Górnym.

W negatywnej fazie Oscylacji Północnoatlantycznej silnie stabilny reżim minimum jesiennych jest charakterystyczny dla jezior: Morzycko, Siecino, Powidzkie, Dejguny, Mikołajskie, Orzysz (X–XI), Żnińskie Duże, Mamry, Jagodne, Śniardwy oraz Kalwa (XI) – rycina 5. Współczynnik stabilności wahał się od 0,65 na jeziorach Siecino i Dejguny do 0,84 na Jeziorze Mikołajskim. Stabilny termin $I_{\min}$ zaobserwowano jesienią na jeziorach: Hańcza (IX–XI), Niesłysz, Ińsko, Lubie, Drawsko, Biskupińskim, Sasek Wielki, Serwy, Rospuda Filipowska



Ryc. 5. Stabilność I minimum miesięcznych stanów wody w negatywnej fazie Oscylacji Północnoatlantycznej (objaśnienia jak na ryc. 2)

Fig. 5. Stability of the 1st minima of monthly water stages in the negative phase of North Atlantic Oscillation (legend as in Fig. 2)

(X–XI), Lednica (XI–XII). Na Jeziorze Raduńskim Górnym termin wystąpienia minimów przypadał na lato (VII–VIII). Współczynniki stabilności wahały się od 0,46 na jeziorze Hańcza do 0,56 w przypadku jeziora Drawskiego, Biskupińskiego i Lednica. Na sześciu jeziorach zanotowano względnie stabilny termin pojawiania się $I_{\min}$, a współczynnik stabilności wynosił od 0,38 (Szczytno) do 0,44 (Omulew). W tym przypadku $I_{\min}$ pojawiał się latem na jeziorze Jasień (VI–VIII), w okresie letnio-jesiennym na jeziorach Omulew (VIII–XI) i Sępoleńskim (VII–IX), jesienno-zimowym na jeziorze Wdzydze (X–I) oraz zimowo-wiosennym. Dotyczy to jezior Szczytno (II–V) i Charzykowskiego (I–III). Najmniej stabilnym reżimem minimów charakteryzowało się jezioro Łaśmiady (reżim względnie niestabilny, $W_s = 0,31$) z terminem pojawiania się $I_{\min}$ w okresie letnio-jesiennym (VII–IX).

W negatywnej fazie NAO_{DJFM} późniejsze terminy wystąpienia $I_{\min}$ zanotowano na 16 badanych jeziorach. Na kilku jeziorach termin $I_{\min}$ był wcześniejszy (Raduńskie Górne, Szczytno, Charzykowskie, Sępoleńskie). Na pozostałych jeziorach nie zaobserwowano zmian w porównaniu z warunkami przeciętnymi.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania potwierdziły, że zauważalny jest wpływ zmian warunków klimatycznych, wywołanych różnym natężeniem Oscylacji Północnoatlantyckiej, na stabilność reżimu stanów wód jezior w Polsce. Wpływ ten był zróżnicowany zarówno w czasie, jak i w przestrzeni. W dodatniej fazie Oscylacji Północnoatlantyckiej, w okresie ciepłych i wilgotnych zim, maksima na jeziorach pojawiały się zazwyczaj wcześniej niż przeciętnie, najczęściej zimą i wczesną wiosną. Taką prawidłowość zaobserwowano na większości badanych jezior. Wyjątkiem było jezioro Jasień, na którego stany wpływa zabudowa hydrotechniczna usytuowana na dopływie do jeziora (<http://geoportal.kzgw.gov.pl/imap/>). W negatywnej fazie NAO_{DJFM}, z dominacją chłodniejszych i dłuższych zim, okresy maksimów na większości badanych jezior pojawiały się zazwyczaj później niż przeciętnie, wiosną lub na początku lata. Odmierna sytuacja była charakterystyczna dla jezior o zaburzonym reżimie stanów. Było tak w przypadku jezior Jasień i Sasek Wielki (urządzenie piętrzące) oraz jeziora Druzno (zrzuty wody z okolicznych polderów oraz wahania poziomu wody w Zalewie Wiślanym, z którym jezioro Druzno ma więc hydrauliczną poprzez rzekę Elbląg) (Fac-Beneda 2013).

Terminy minimów w dodatniej fazie NAO_{DJFM} nie zmieniały się istotnie z wyjątkiem jeziora Łaśmiady, na którym I minimum pojawiło się miesiąc później niż przeciętnie. Wpływ na to mogła mieć zastawka na wypływie z jeziora. W negatywnej fazie NAO_{DJFM} obserwowano odwrotną sytuację: na większości jezior termin wystąpienia minimów stanów wody był późniejszy niż przecięt-

nie i przypadał zazwyczaj na okres jesienny, a nawet zimowy i wiosenny. Na badanych jeziorach regularność pojawiania się stanów wysokich była wyższa niż stanów niskich. Zmiany warunków pogodowych w różnych fazach Oscylacji Północnoatlantycznej generalnie nie wpływały na wartość współczynnika stabilności, ale wyraźnie przyspieszały w pozytywnej fazie NAO_{DJFM} lub opóźniały w negatywnej fazie NAO_{DJFM} ich termin. W przypadku stanów maksymalnych miesięcznych zmieniały się terminy ich pojawiania się, które w pozytywnej fazie NAO_{DJFM} były wcześniejsze, natomiast w negatywnej fazie NAO_{DJFM} późniejsze.

LITERATURA

- Bednorz E., 2009: *Wpływ sytuacji barycznych na występowanie pokrywy śnieżnej na obszarach nizinnych środkowej Europy*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Corbus C.S., Stanescu V.A., 2004: *The Stability Of The Hydrological Regimes: A Hydrogeological Descriptor Of River Life*, Conference on Water Observation and Information System for Decision Support, 25–29 May, Ohrid, Macedonia.
- Fac-Beneda J., 2013: *Charakterystyka hydrologiczna jeziora Druzno*, [w:] C. Nitecki, *Monografia jeziora Druzno – Monografia przyrodnicza*, Wyd. Mantis, Olsztyn.
- Falarz M., 2007: *Snow cover variability in Poland in relation to the macro- and mesoscale atmospheric circulation in the twentieth century*, Internat. Journ. of Clim., 27, 2069–2081.
- Girjatowicz J.P., 2011: *Effects of the North Atlantic Oscillation on water temperature in southern Baltic coastal lakes*, Ann. de Limnol. – Internat. Journ. of Limnol., 47, 1, 73–84.
- Hurrell J.W., 1995: *Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation*, Regional Temperatures and Precipitation. Sc., 269, 676–679.
- Kaczmarek Z., 2002: *Wpływ Oscylacji Północnoatlantycznej na przepływy rzek europejskich*, [w:] A. Marsz, A. Styszyńska (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akad. Morska w Gdyni, Gdynia, 163–172.
- Kaczmarek Z., 2003: *The Impact Climate Variability on Flood Risk in Poland*, Risk Ann., 23, 559–566.
- Kożuchowski K., Degirmendžic J., 2002: *Wskaźniki cyrkulacji a temperatura powietrza w Polsce*, [w:] A. Marsz, A. Styszyńska (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akad. Morska w Gdyni, Gdynia, 111–128.
- Limanówka D., Nieckarz Z., Pociask-Karteczka J., 2002: *The North Atlantic Oscillation impact on hydrological regime in Polish Carpathians*, Interdisciplinary Approaches in Small Catchment Hydrology: Monitoring and Res. FRIEND Internat. Conf., Demanovska Dolina, 132–13.
- Marsz A., 1999: *Oscylacja Północnoatlantyczna a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i polskim wybrzeżu Bałtyku*, Przegl. Geogr., 71, 3, 225–245.
- Marsz A., 2001: *Stan termiczny Północnego Atlantyku a reżim termiczny zim na polskim wybrzeżu Bałtyku*, Wyższa Szkoła Morska w Gdyni, Gdynia.
- Marsz A., Styszyńska A., 2001: *Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską*, Wyższa Szkoła Morska w Gdyni, Gdynia.
- Marsz A., Żmudzka E., 1999: *Oscylacja Północnego Atlantyku a długość okresu wegetacyjnego w Polsce*, Przegl. Geofiz., 44.
- Niedźwiedz T., 2002: *Relacje między NAO a wskaźnikami cyrkulacji nad Polską*, [w:] A. Marsz,

- A. Styszyńska (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akad. Morska w Gdyni, Gdynia, 87–97.
- Pociask-Karteczka J., 2011: *River runoff response to climate changes in Poland (East-Central Europe)*, IAHS Publ., 344, 182–187.
- Pociask-Karteczka J., Limanówka D., Nieckarz Z., 2002–2003: *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na przepływy rzek karpackich (1951–2000)*, Fol. Geogr., Ser. Geogr.-Phys., Vol. XXXIII–XXXIV.
- Przybylak R., Wójcik G., Marciniak K., 2003: *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej i Arktycznej na warunki termiczne chłodnej pory roku w Polsce w XVI–XX wiekach*, Przegl. Geofiz., 48, 1–2, 61–74.
- Skowron R., 2009: *Changeability of the ice cover on the lakes of northern Poland in the light of climatic changes*, Bull. of Geogr., Phys. Geogr. Ser. 1, 103–124.
- Styszyńska A., 2002: *Związki między przepływem Warty w Poznaniu a zimowymi wskaźnikami NAO w okresie 1865–2000*, [w:] A. Marsz, A. Styszyńska (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akad. Morska w Gdyni, Gdynia, 173–180.
- Styszyńska A., Tamulewicz J., 2004: *Warta river discharges in Poznań and atmospheric circulation in the North Atlantic region*, Quaes. Geogr., 23, 61–81.
- Wibig J., 2001: *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie*, Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź.
- Wrzesiński D., 2009: *Stabilność reżimu odpływu rzek w Polsce*, [w:] A. T. Jankowski, D. Absalon, R. Machowski, M. Ruman (red.), *Przeobrażenia stosunków wodnych w warunkach zmieniającego się środowiska*, Wyd. Nauk o Ziemi Uniw. Śląskiego, Polskie Tow. Geogr. Oddz. Katowicki, Reg. Zarz. Gosp. i Wod. w Gliwicach, Sosnowiec 2009.
- Wrzesiński D., 2010: *Przestrzenne zróżnicowanie stabilności reżimu odpływu rzek europejskich*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Wrzesiński D., 2013: *Entropia odpływu rzek w Polsce*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Wrzesiński D., 2015: *Stability of high and low flow periods on European rivers*, Bad. Fizjogr., R. VI, Ser. A – Geogr. Fiz., 66, 131–142.
- Wrzesiński D., Choiński A., Ptak M., 2015a: *Effect of the North Atlantic Oscillation on the thermal characteristics of lakes in Poland*, Act. Geophys., 63, 3, 863–883.
- Wrzesiński D., Choiński A., Ptak M., Skowron R., 2015b: *Effect of the North Atlantic Oscillation on the Pattern of Lake Ice Phenology in Poland*, Act. Geophys., 63, 6, 1664–1684.
- Wrzesiński D., Ogór T., Plewa K., 2015: *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na przepływy rzek w dorzeczu Górnej Wisły*, Bad. Fizjogr. R. VI., Ser. A(A66), 195–203.
- Wrzesiński D., Plewa K., 2016: *Stability of the water levels regime on the lakes in Poland*, Bad. Fizjogr. R. VII., Ser. A(A67), 305–316.
- Wrzesiński D., Ptak M., 2016: *Water level changes in Polish lakes during 1976–2010*, Journal of Geographical Sciences, 26(1), 83–101.
- Wrzesiński D., Waszczak K., Plewa K., 2016: *Odpływ rzeczny w zlewni górnej i środkowej Odry w różnych fazach Oscylacji Północnoatlantyckiej*, Bad. Fizjogr. R. VII., Ser. A(A67), 317–329.