

REŻIM STANÓW WODY WYBRANYCH JEZIOR POJEZIERZA WIELKOPOLSKO-KUJAWSKIEGO

KATARZYNA PLEWA, DARIUSZ WRZESIŃSKI, MARIUSZ PTAK

Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Dziegiełowa 27, 61-680 Poznań

Abstract: This article seeks to determine the regime of water stages of two lakes, Lednica and Powidzkie, located in the Wielkopolskie Lake District. In the research, use was made of their daily water-level figures from 1984–2012. In order to establish the regime features of the lakes, the method hitherto applied in river regime studies was employed: an analysis of the temporal structure and type of lake water stages and their changes in an average annual cycle. As the research has shown, Lake Lednica has a 5-period regime structure, while Lake Powidzkie has no characteristic cycle of change in its water levels, a consequence of which is the 2-period structure of its regime. Because of the similarity of the location of the lakes and the natural conditions of their operation, the causes of their different regimes should be sought in their individual features and in human activity.

Keywords: hydrological regime, water stages, lakes

WSTĘP

Pojęcie reżimu hydrologicznego jezior może być utożsamiane z wieloma elementami ich funkcjonowania. Apsite i in. (2014) analizując zmiany reżimu hydrologicznego jezior na Łotwie, rozpatrują zagadnienia dotyczące termiki, zlodzenia oraz stanów wody. Spośród powyższych szczególnie istotne są procesy związane ze zmianami stanów wody, które mogą w niektórych wypadkach doprowadzić do zaniku całego ekosystemu. Procesy te mają charakter naturalny (opad, parowanie), jaki i sztuczny (pobór wody, prace hydrotechniczne). Torabi Haghghi i Kløve (2015) podkreślają, że reżim stanów wody w jeziorach w wielu rejonach został zachwiany poprzez intensywne użytkowanie terenu, co doprowadziło do spadku zwierciadła wody. Przebieg zmian antropogenicznych może być niekiedy bardzo ekspansywny i dynamiczny. Liczne przykłady (Choiński i in. 2012; Ptak i in. 2013; Ptak 2014) pokazują, że w wyniku sztucznej regulacji stosunków wodnych w krótkim czasie na terenie Polski przestało istnieć wiele jezior (nawet o powierzchniach kilkuset hektarów). Pomijając sytuacje skrajne, wahania stanów wody, a tym samym zmiany powierzchni jeziora oraz wielkości retencjonowanej w nim wody są kluczowe dla wielu procesów o charakterze fizykochemicznym (miksja, rozpuszczanie substancji, przenikanie światła itd.),

biologicznym (zasięg stref ekotonowych, zasięg strefy fotycznej itd.) czy gospodarczym (możliwość poboru wody do celów przemysłowych, komunalnych, nawodnień itd.).

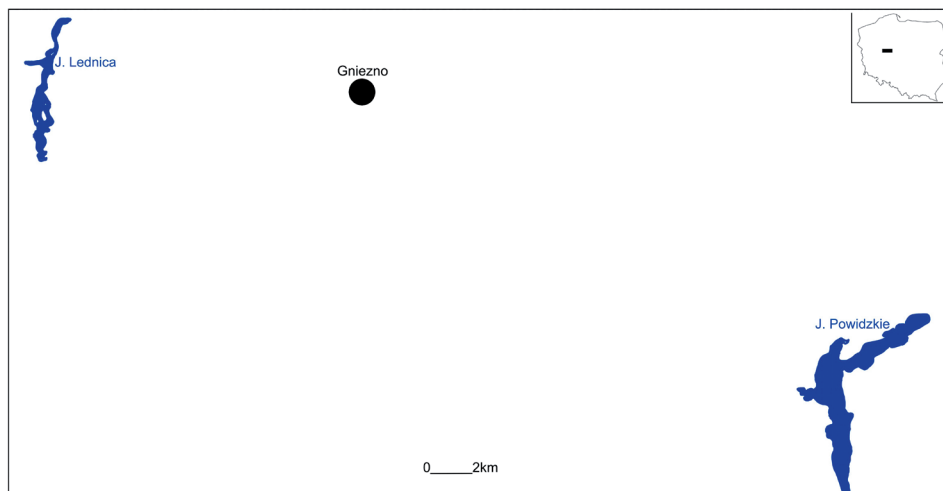
Problematyka reżimu stanów wody jezior polskich w literaturze podejmowana jest rzadko. Paślowski (1975) dokonał klasyfikacji hydrologicznej jezior na podstawie wskaźnika wymiany wody oraz średniej rocznej amplitudy stanów wody. Choiński (1985) wydzielił typy reżimów jezior polskich, przyjmując za czynnik różnicujący zmienność stanów wody wyrażoną wielkością średniej z wielolecia rocznej amplitudy stanów wody. Borowiak (2000) natomiast za kryterium oceny reżimu wodnego jezior przyjął amplitudę i strukturę czasową stanów wody. Wynikiem tej pracy jest schemat typologiczny obejmujący sześć grup amplitud oraz cztery grupy struktury sezonowej stanów wody, zatem uwzględnił 24 odmiany reżimów jeziornych.

Odnosząc się do jezior, przez pojęcie reżim hydrologiczny rozumie się czasowe oraz przestrzenne zmiany zasobów wodnych, które w wypadku jezior opisują wahania stanów wody oraz ich uwarunkowania (Borowiak 2000). W dalszej części pracy pojęcie reżimu hydrologicznego będzie więc rozumiane jako reżim stanów wody.

Celem pracy jest określenie reżimu hydrologicznego dwóch wybranych jezior Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego – Lednica i Powidzkie. W pracy zaproponowano nową metodykę analizy reżimu hydrologicznego jezior polegającą na rozpoznaniu rodzaju i struktury czasowej stanów jeziora w przeciętnym cyklu rocznym, stosowaną dotychczas w analizie reżimu rzek.

MATERIAŁY I OBIEKTY BADAŃ

W analizie wykorzystano codzienne dane dotyczące stanów wody dla jezior Lednica i Powidzkie z wielolecia 1984–2012, które pochodzą ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Według podziału regionalnego Polski (Kondracki 1998) analizowane jeziora położone są na Pojezierzu Gnieźnieńskim (315.54) w obrębie Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego (ryc. 1). Z uwagi na warunki hydrologiczne obszar ten jest jednym z najmniej zasobnych w wodę w kraju, gdzie średni odpływ jednostkowy wynosi około $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ (*Atlas hydrologiczny Polski*, 1987). Powierzchnie jezior są dość duże i wynoszą 1097,5 ha dla Jeziora Powidzkiego i 321 ha dla jeziora Lednica (Choiński 2006). Objętość mis jeziornych wynosi odpowiednio: 134,7 mln m^3 i 24,3 mln m^3 , głębokość maksymalna to 46 m i 15,1 m, a głębokość średnia – 11,5 m i 7,0 m. Jezioro Powidzkie położone jest na terenie Powidzkiego Parku Krajobrazowego, a jezioro Lednica na terenie Lednickiego Parku Krajobrazowego.



Ryc. 1. Lokalizacja obiektów badań
Fig. 1. Locations of the research objects

METODY BADAŃ

W pracy posłużono się metodą określania reżimu hydrologicznego jezior drogą rozpoznania struktury czasowej zjawisk hydrologicznych i ich zmian w przeciętnym cyklu rocznym. Teoretyczne podstawy metody zawarte zostały w pracach Rotnickiej (1977, 1988) i odnoszą się do reżimu hydrologicznego rzek. Metodę zmodyfikowano i zaadaptowano na potrzeby analizy reżimu stanów wód jezior.

W podejściu tym istotnym etapem jest wydzielenie faz cyklu hydrologicznego, które nazwano okresami hydrologicznymi. Za okres hydrologiczny uważa się odcinek czasu o jednolitym typie struktury powiązań zachodzących między pentadami z punktu widzenia zgodności rozkładów występowania stanów wody.

Procedura wyznaczania okresów hydrologicznych polega na grupowaniu elementarnych jednostek czasowych roku hydrologicznego na podstawie podobieństwa ich cechy. Za elementarną jednostkę czasową uznano pięciodniowy odcinek czasu, czyli pentadę, a za cechę grupowania stan wody w jeziorze. Rok hydrologiczny podzielono na 73 pentady. Pierwszą wyznaczają daty 1 XI – 5 XI roku hydrologicznego, natomiast ostatnią 27 X – 31 X. Na podstawie skumulowanych częstości stanów wody obliczono wartości empirycznych dystrybuant rocznego zbioru pentad. Mając zbiór 73 rozkładów stanów wody, ustalono ich wzajemne podobieństwo. W tym celu zastosowano nieparametryczny test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa. Dla porównywanych rozkładów obliczono

bezwzględne wartości różnic między dystrybuantami empirycznymi (F_{n_k}, F_{n_p}) i wyznaczono charakterystykę D , która jest różnicą maksymalną:

$$D = \max |F_{n_p}(x) - F_{n_k}(x)|$$

Statystyka λ jest postaci $\lambda = D\sqrt{n}$,

$$\text{gdzie } n = \frac{n_k n_p}{n_k + n_p},$$

n_k, n_p – liczebność prób, na których podstawie utworzono dystrybuanty empiryczne. Ma ona rozkład Kołmogorowa. Testując hipotezę H_0 o zgodności pary rozkładów, sprawdzono ją na poziomach istotności $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$. Dla prób o liczebności $n_1 = n_2, \dots = n_{73} = 145$ i założonym poziomie α podtrzymanie hipotezy H_0 uzyskano w przypadku, gdy maksymalna różnica pomiędzy rozkładami jest mniejsza od:

$$D_{n_1 n_2} < \frac{\lambda_{\alpha=0,05}}{\sqrt{n}} = \frac{1,36}{\sqrt{72,5}} = 0,1597$$

$$D_{n_1 n_2} < \frac{\lambda_{\alpha=0,01}}{\sqrt{n}} = \frac{1,63}{\sqrt{72,5}} = 0,1914$$

Gdy $D_{n_1 n_2} < 0,1597$, to różnica pomiędzy rozkładami jest nieistotna, rozkłady są podobne, natomiast gdy $0,1597 \leq D_{n_1 n_2} < 0,1914$ – różnica pomiędzy rozkładami jest prawdopodobnie nieistotna, a gdy $D_{n_1 n_2} \geq 0,1914$ – różnica między rozkładami jest istotna, a rozkłady są niepodobne.

Wyniki testowania zostały przedstawiono w postaci macierzy podobieństw dla rocznego zbioru pentad. Diagram macierzy podobieństw pokazuje strukturę podobieństwa elementarnych jednostek czasowych roku hydrologicznego i pozwala wyznaczyć okresy hydrologiczne, które posłużyły do charakterystyki reżimu jezior i jego typologii (ryc. 2 i 3).

Każdy okres opisano następującymi parametrami: termin początku i końca, czas trwania, średni stan wody (H), współczynnik stanu wody (W), skośność (S), amplituda stanów w danym okresie (A), udział amplitudy stanów w okresie w amplitudzie maksymalnej (A'), współczynnik zmienności (Cv). Typy okresów hydrologicznych określono na podstawie współczynnika stanu wody (W), natomiast podtypy na podstawie udziału amplitudy wahań stanów wody jeziora w danym okresie w amplitudzie maksymalnej.

Zastosowano następujące kryteria, dla wyróżnienia typów:

$$W \pm 2 \sigma$$

gdzie:

W – współczynnik stanu wody.

σ – odchylenie standardowe.

Na tej podstawie wyróżniono okresy: stanów bardzo wysokich (1,25–1,16), stanów wysokich (1,15–1,06), stanów przeciętnych (1,05–0,96), stanów niskich (0,95–0,86) oraz stanów bardzo niskich (0,85–0,76).

Podtypy okresów określono na podstawie:

$$A' \pm \sigma$$

gdzie:

A' – udział amplitudy w amplitudzie maksymalnej,

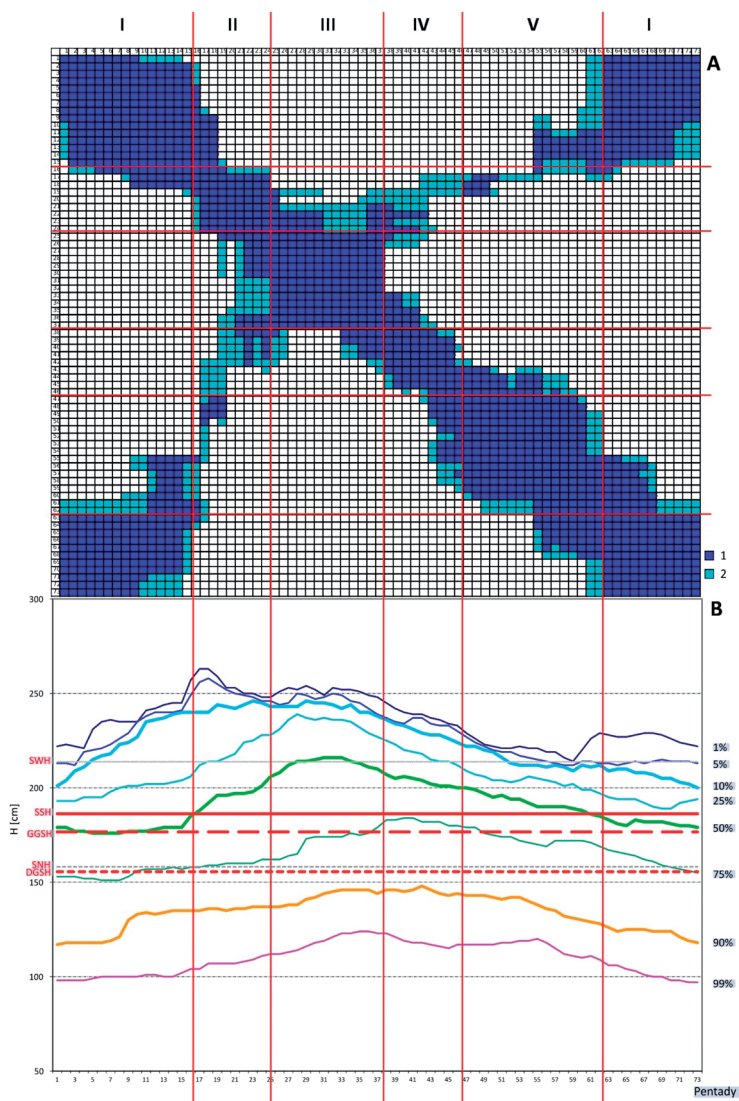
σ – odchylenie standardowe.

Ze względu na amplitudę wyróżniono pięć podtypów okresów: z bardzo wysoką amplitudą (1,00–0,86), z wysoką amplitudą (0,85–0,71), z przeciętną amplitudą (0,7–0,56), z niską amplitudą (0,55–0,41) oraz z bardzo niską amplitudą (poniżej 0,40).

Z założeń wynika, że potencjalnie wyróżnić można pięć typów okresów hydrologicznych z pięcioma podtypami, z zatem jest 25 możliwych typów okresów.

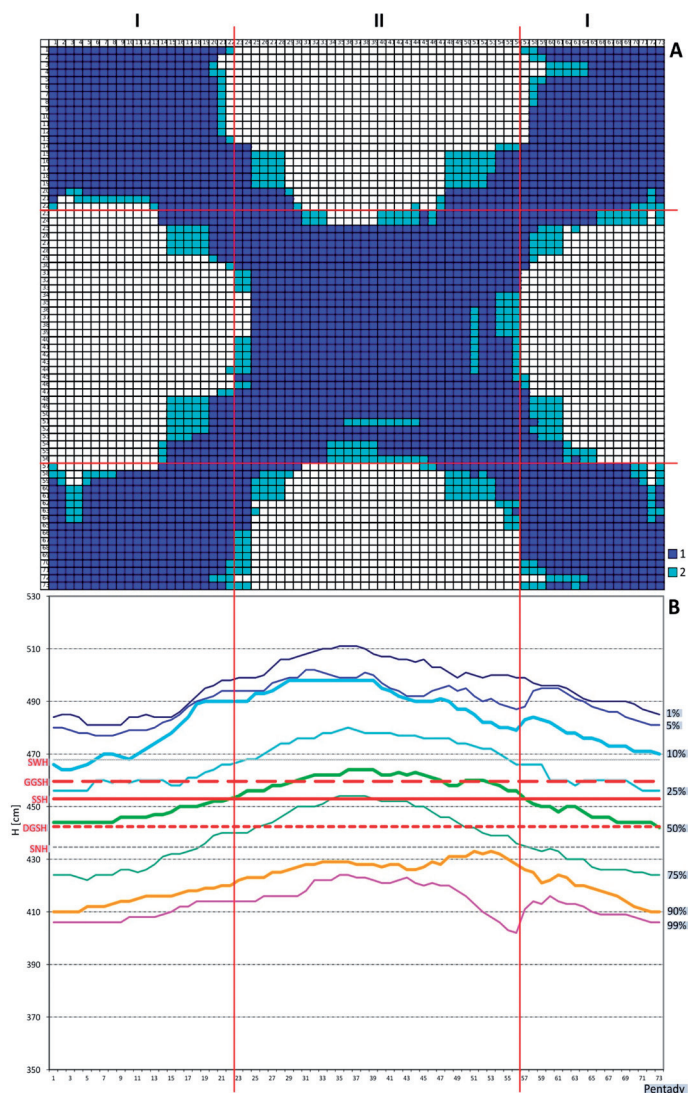
WYNIKI I DYSKUSJA

Z badań wynika, że jezioro Lednica charakteryzuje się pięciookresową strukturą reżimu stanów wody (ryc. 2 i 4, tab. 1). Cykl hydrologiczny na jeziorze rozpoczyna się 1 listopada okresem stanów niskich (współczynnik stanu wody $W = 0,94$) z bardzo wysokimi amplitudami, który trwa 75 dni. Średnia amplituda stanów wody w tym okresie wynosi 147 cm. Od połowy stycznia zasoby wodne jeziora wzrastają, co przejawia się wystąpieniem okresu stanów przeciętnych z bardzo wysokimi amplitudami ($A = 159$ cm, $W = 1,02$). Na początku marca (1 III) na jeziorze rozpoczyna się okres stanów wysokich ($W = 1,09$) z bardzo wysokimi amplitudami ($A = 142$ cm). Okres stanów wysokich trwa do 4 maja. W tym czasie średnia amplituda wynosi 142 cm. Następnie poziom wody w jeziorze spada i rozpoczyna się okres stanów przeciętnych ($W = 1,02$) z wysokimi amplitudami ($A = 136$ cm), który trwa 115 dni. 28 sierpnia rozpoczyna się ostatni, trwający 65 dni, okres na jeziorze. Jest to czas stanów niskich z wysokimi amplitudami ($A = 132$ cm). Współczynnik stanu wody, podobnie jak na początku roku hydrologicznego, jest niższy od 1,00 ($W = 0,94$). We wszystkich okresach hydrologicznych na jeziorze Lednica udział amplitudy w amplitudzie maksymalnej oscyluje w granicach 0,80–0,96, dlatego okresy te odznaczają się wysokimi oraz bardzo wysokimi amplitudami. Współczynnik zmienności stanów wody C_v waha się od 0,15 do 0,21. Stany wody we wszystkich okresach charakteryzują się lewostronną asymetrią rozkładu. Zwraca uwagę ujemna, niska wartość współczynnika skośności (od $-0,16$ do $-0,22$) w dwóch pierwszych okresach, gdy zasoby wodne jeziora były najniższe. Znacznie większą ujemną asymetrią (od $-0,64$ do $-0,81$) charakteryzowały się okresy o największych



Ryc. 2. Schemat wyznaczania okresów hydrologicznych na jeziorze Lednica: A – diagram macierzy podobieństw: 1 – rozkłady podobne, 2 – rozkłady prawdopodobnie podobne; B – hydrogram stanów wody o określonym prawdopodobieństwie występowania ze stanami charakterystycznymi i granicami strefy stanów średnich: SWH – średni wysoki stan wody, SSH – średni stan wody, SNH – średni niski stan wody, GGSH – górna granica strefy stanów średnich, DGSB – dolna granica strefy stanów średnich; I, II, ... – okresy hydrologiczne

Fig. 2. Determining hydrological periods on Lake Lednica: A – similarity matrix diagram: 1 – similar distributions, 2 – probably similar distributions; B – hydrogram of water levels with specified probability of occurrence, with characteristic levels and boundaries of range of medium water levels: SWH – medium high water level, SSH – medium water level, SNH – medium low water level, GGSH – upper boundary of range of medium water levels, DGSB – lower boundary of range of medium water levels; I, II, ... – hydrological periods

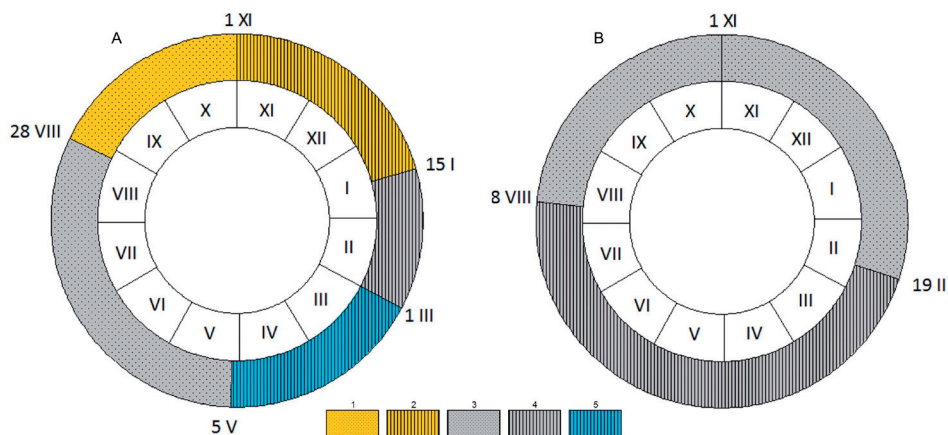


Ryc. 3. Schemat wyznaczania okresów hydrologicznych na Jeziorze Powidzkim (legenda jak na ryc. 2)

Fig. 3. Determining hydrological periods on Lake Powidzkie (legend as in Fig. 2)

zasobach, co świadczy o tendencji spadkowej stanów i doniżówkowym charakterze tych okresów.

Jezioro Powidzkie wyróżnia się dwuokresową strukturą reżimu hydrologicznego (ryc. 3 i 4, tab. 1). Wartości współczynnika stanu wody (W) są wyrównane i oscylują od 0,99 do 1,02. Przez cały rok na jeziorze występuje okres



Ryc. 4. Sekwencja okresów hydrologicznych w przeciętnym cyklu rocznym: A – jezioro Lednica, B – jezioro Powidzkie; typy okresów: 1 – okres niskich stanów wody z wysokimi amplitudami, 2 – okres niskich stanów wody z bardzo wysokimi amplitudami, 3 – okres przeciętnych stanów wody z wysokimi amplitudami, 4 – okres przeciętnych stanów wody z bardzo wysokimi amplitudami, 5 – okres wysokich stanów wody z bardzo wysokimi amplitudami

Fig. 4. Sequence of hydrological periods in an average annual cycle: A – Lake Lednica, B – Lake Powidzkie; types of periods: 1 – period of low water levels with high amplitudes, 2 – period of low water levels with very high amplitudes, 3 – period of average water levels with high amplitudes, 4 – period of average water levels with very high amplitudes, 5 – period of high water levels with very high amplitudes

przeciętnych stanów wody. Okres ten zróżnicowany jest pod względem wysokości obserwowanych amplitud. Pierwszy okres stanów przeciętnych rozpoczyna się 8 sierpnia i trwa 195 dni. Charakteryzuje się wysokimi amplitudami stanów wody ($A = 93$ cm). Stany wód nieznacznie wzrastają w połowie lutego, a na jeziorze pojawia się (19 II) okres przeciętnych stanów, ale z bardzo wysokimi amplitudami stanów wody ($A = 109$ cm).

Stany wód Jeziora Powidzkiego w całym roku hydrologicznym są bardzo stabilne i wyrównane. Świadczy o tym niewielka amplituda stanów wody i bardzo niski współczynnik zmienności ($Cv = 0,05$). Niski dodatni (0–0,1) współczynnik skośności wskazuje na zbliżony do normalnego rozkład stanów wody jeziora. Sekwencje okresów hydrologicznych obu jezior w przeciętnym cyklu rocznym przedstawiono na rycinie 4.

Na podstawie powyższej analizy można stwierdzić, że oba jeziora, pomimo położenia w tym samym regionie geograficznym i stosunkowo niewielkiej odległości między nimi (ok. 40 km), charakteryzują się odmiennym reżimem hydrologicznym. W przypadku jeziora Lednica istnieje pięć charakterystycznych okresów, generalnie nawiązujących do przebiegu typowych procesów w rocznym cyklu hydrologicznym (retencja zimowa, wzmożone zasilanie roztopowe, letnio-jesienny okres niżówkowy). Podobne właściwości wykazuje

Tabela. 1. Parametry okresów hydrologicznych dla jezior Lednica i Powidzkiego z wielolecia 1984–2012
 Table. 1. Parameters of hydrological periods for lakes Lednica and Powidzkie from the multi-year period 1984–2012

Jezioro	Okres		Czas trwania [dnij]	H [cm]	Cv [-]	S [-]	W [-]	A [cm]	A' [-]	Typ okresu
	Nr	Termin wystąpienia								
Lednica	I	1 XI - 14 I	75	174	0,20	-0,16	0,94	147	0,89	okres stanów niskich z bardzo wysokimi amplitudami
	II	15 I - 28 II	45	190	0,21	-0,22	1,02	159	0,96	okres stanów przeciętnych z bardzo wysokimi amplitudami
	III	1 III - 4 V	65	202	0,18	-0,64	1,09	142	0,86	okres stanów wysokich z bardzo wysokimi amplitudami
	IV	5 V - 27 VIII	115	189	0,15	-0,81	1,02	136	0,82	okres stanów przeciętnych z wysokimi amplitudami
	V	28 VIII - 31 X	65	174	0,17	-0,70	0,94	132	0,80	okres stanów niskich z wysokimi amplitudami
Rok				186	0,18	-0,35	1,00	166	1,00	
Powidzkie	I	8 VIII - 18 II	195	446	0,05	0,10	0,99	93	0,85	okres stanów przeciętnych z wysokimi amplitudami
	II	19 II - 7 VIII	170	460	0,05	0,01	1,02	109	1,00	okres stanów przeciętnych z bardzo wysokimi amplitudami
	Rok			452	0,05	0,06	1,00	109	1,00	

H – stan wody, C_v – współczynnik zmienności, S – współczynnik skośności, W – współczynnik stanu wody, A – amplituda, A' – udział amplitudy w amplitudzie maksymalnej

H – water stage, C_v – coefficient of variation, S – skewness, W – coefficient of water stage, A – amplitude, A' – percentage of the amplitude in the maximum amplitude

wypływająca z tego jeziora rzeka Główna; ma reżim hydrologiczny niwalny silnie wykształcony (Wrzeński 2013). Dane, dla których określono reżim rzeki, pochodzą z posterunku Wierzenica, znajdującego się poniżej sztucznie podpiętrzonego zbiornika Kowaleskiego.

Dla Jeziora Powidzkiego zaznacza się brak charakterystycznego cyklu zmian stanów wody jeziora w roku hydrologicznym. Stany wód jeziora są przez cały rok wyrównane, czego konsekwencją jest prostsza, dwuokresowa, a z punktu widzenia wysokości stanów wody właściwie jednookresowa struktura reżimu stanów wody. W klasyfikacji reżimów jezior Borowiak (2000) zalicza Jezioro Powidzkie do typu II-C (dwuokresowa struktura zmienności stanów wody). Charakteryzuje się zazwyczaj jednym wezbraniem wiosennym oraz jednym okresem stanów niskich (przełom IX i X). Jezioro zostało zakwalifikowane do klasy C (jeziora cechujące się średnimi rocznymi amplitudami od powyżej 30 do 40 cm).

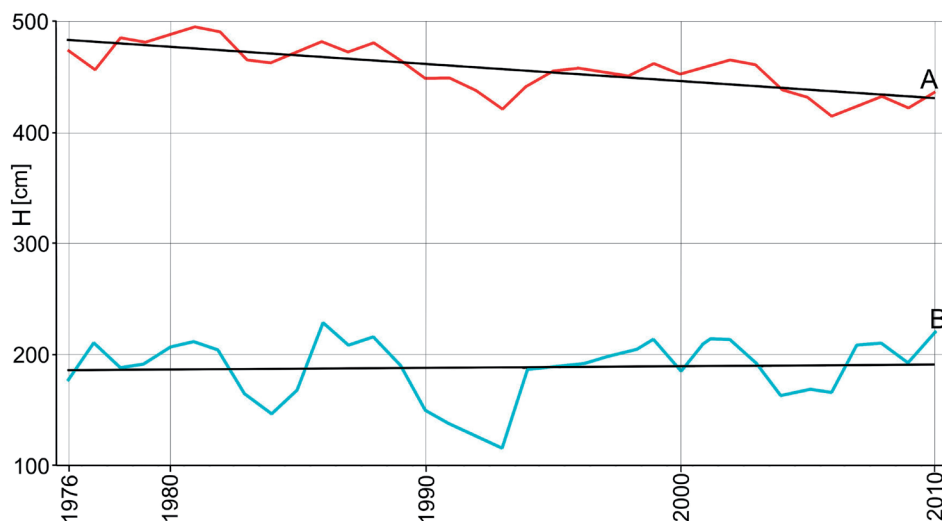
Z uwagi na lokalizację i zbliżone warunki naturalne funkcjonowania obu jezior przyczyn tak odmiennych reżimów hydrologicznych należy upatrywać w cechach indywidualnych zbiorników oraz działalności człowieka. Jednym z jej przejawów może być zabudowa hydrotechniczna. Analizując mapę hydrograficzną Polski (arkusz Witkowo, 1 : 50 000) można stwierdzić, że wypływ z Jeziora Powidzkiego jest zamknięty jazem. Tak więc stany wody mogły być rezultatem sztucznego regulowania, co zacierało naturalny reżim jeziora. Co prawda Nowak i Grześkowiak (2010) oceniają, że po roku 1992, gdy obniżył się poziom jeziora (poniżej 98 m n.p.m.), możliwości kontrolowanej regulacji zostały zmniejszone. Jednak analiza porównawcza reżimu stanów wody jeziora przed i po roku 1992 nie wskazuje na jego zmiany w cyklu rocznym, a jedynie na wyraźny (o ok. 20 cm) spadek średnich miesięcznych stanów wody.

W przypadku jeziora Lednica także można odnotować przejawy ingerencji człowieka w stosunki wodne w postaci zastawki na wypływie z tego jeziora. Jednakże, jak zauważają Grześkowiak i in. (2012), zastawka ta jest nieszczelna, a tym samym nie spełnia swojej roli. Potwierdzeniem tego może być brak jej inwentaryzacji na mapie hydrograficznej (1 : 50 000) – arkusz KłECKO. Stąd można wnioskować, że wahania poziomu wody jeziora Lednica zachowują naturalny (*quasi*-naturalny) charakter.

Oba jeziora charakteryzują się także odmienną tendencją zmian poziomu wody (ryc. 5). W Jeziorze Powidzkim miał miejsce ich spadek o $17,2 \text{ cm} \cdot \text{dek}^{-1}$, z kolei w wypadku jeziora Lednica w analogicznym okresie stany wody cechowały się niewielką tendencją wzrostową.

Jak ustalili Przybyłek i Nowak (2011), za obniżenia poziomu wody jezior znajdujących się we wschodniej części Pojezierza Gnieźnieńskiego odpowiedzialne są czynniki klimatyczne i prowadzone odwodnienia górnicze.

Wahania stanów jezior w ostatnich latach cieszą się coraz większym zainteresowaniem (Yuan i in. 2015). Jednym z kluczowych aspektów tych badań



Ryc. 5. Zmiany stanów wody jezior w latach 1976–2010: A – Powidzkie, B – Lednica

Fig. 5. Changes in the water levels of lakes in the years 1976–2010: A – Powidzkie, B – Lednica

jest określenie głównych czynników odpowiedzialnych za obserwowane zmiany poziomów jezior. Z analizowanych w pracy przykładów wynika, iż reakcja jeziora na czynniki decydujące o ich funkcjonowaniu (w konsekwencji o typie reżimu hydrologicznego) jest bardzo zróżnicowana. Nawet w przypadku jezior znajdujących się w niewielkiej odległości od siebie mogą zachodzić odmienne procesy. Tak więc jednoznaczne ustalenie, co w zasadniczy sposób wpływa na reżim hydrologiczny, jest zagadnieniem złożonym, wymagającym indywidualnych badań opartych na wielu szczegółowych danych (hydrologicznych i meteorologicznych) z możliwie długiego okresu.

WNIOSKI

W pracy przedstawiono reżim stanów wody na przykładzie dwóch jezior położonych na terenie Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego. Z analizy tej wynika, że zastosowana zmodyfikowana metodyka analizy reżimu rzek może być zaadoptowana na potrzeby badania reżimów hydrologicznych jezior. Ustalono, iż pomimo niewielkiej odległości omawiane w pracy jeziora cechują się odmiennym reżimem stanów wody. O sytuacji takiej zadecydowały czynniki lokalne.

Reżim stanów wody Jeziora Powidzkiego natomiast mógł być modyfikowany wpływem działalności człowieka. W przypadku jeziora Lednica reżim stanów wody należy uznać za *quasi*-naturalny, a o jego typie i charakterystycznej strukturze sekwencji okresów wysokich i niskich stanów wody decydują głównie czynniki klimatyczne.

LITERATURA

- Apsite E., Elferts D., Zubaničs A., Latkovska I., 2014: *Long-term changes in hydrological regime of the lakes in Latvia*, Hydrol. Res. 45, 3, 308–321.
- Atlas hydrologiczny Polski*, 1987, IMGW, Warszawa.
- Borowiak D., 2000: *Reżimy wodne i funkcje hydrologiczne jezior Niżu Polskiego*, Katedra Limnologii UG, Gdańsk.
- Choiński A., 1985: *Wybrane zagadnienia z limnologii fizycznej Polski*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Choiński A., 2006: *Katalog jezior Polski*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Choiński A., Ptak M., Strzelczak A., 2012: *Examples of Lake disappearance as an effect of reclamation Works in Poland*, Limnol. Rev. 4, 161–167.
- Grześkowiak A., Nowak B., Nowak D., 2012: *Możliwości retencji wód jeziora Lednica i jego zlewni*, Biul. Parków Krajobrazowych Wielkopolski 18, 20, 119–131.
- Nowak B., Grześkowiak A., 2010: *Ocena skutków piętrzenia jezior jako element wstępny opracowania modelu rewitalizacji jezior województwa wielkopolskiego*. [W:] B. Mońka (red.), *Zarządzanie zasobami wodnymi w dorzeczu Odry*, Wyd. PZITS nr 894, Wrocław, 271–280.
- Pasławski Z., 1975: *Typologia hydrologiczna jezior Pojezierza Wielkopolskiego*, Przegl. Geofiz. 20, 4.
- Przybyłek J., Nowak B., 2011: *Wpływ niżówek hydrogeologicznych i odwodnień górniczych na systemy wodonośne Pojezierza Gnieźnieńskiego*, Biul. PIG 445, 2, 513–528.
- Ptak M., 2014: *Restoration and assessment of water resources of drained lakes. Example of Chełmno Lakeland (Poland)*, Limnol. Rev. 14, 1, 43–48.
- Ptak M., Choiński A., Strzelczak A., Targosz A., 2013: *Disappearance of Lake Jelenino since the end of the XVIII century as an effect of anthropogenic transformations of the natural environment*, Polish Journ. of Environmental Stud. 22(1), 191–196.
- Rotnicka J., 1977: *Teoretyczne podstawy wydzielenia okresów hydrologicznych i analizy reżimu rzecznoego na przykładzie rzeki Prosnys*, Pr. Kom. Geogr.-Geol. PTPN, t. XVIII, PWN, Warszawa–Poznań.
- Rotnicka J., 1988: *Taksonomiczne podstawy klasyfikacji reżimu rzecznoego (na przykładzie zlewni Odry i rzek Przymorza)*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Torabi Haghghi A., Kløve B., 2015: *A sensitivity analysis of lake water level response to changes in climate and river regimes*, Limnol. 51, 118–130.
- Wrzesiński D., 2013: *Entropia odpływu rzek w Polsce*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Yuan Y., Zeng G., Liang J., Huang L., Hua S., Li F., Zhu Y., Wu H., Liu J., He X., He Y., 2015: *Variation of water level in Dongting Lake over a 50-year period: Implications for the impacts of anthropogenic and climatic factors*, Journ. of Hydrol. 525, 450–456.