

## IX. Streszczenie

Okrzemki (Bacillariophyta) od pierwszej połowy XX wieku są wykorzystywane jako organizmy bioindykacyjne w ocenie jakości wód powierzchniowych. Rozwój technik analiz mikroskopowych oraz badań w dziedzinie genetyki sprawił, że liczba opisywanych nowych gatunków tej grupy glonów w ostatnich latach szybko wzrasta. Prace taksonomiczne, w których opisywany jest nowy takson nie zawsze zawierają informację o jego autekologii. Takie dane pozyskiwane są dopiero wtedy, gdy takson ten jest notowany w innych ekosystemach, w różnych regionach świata. Ważnym zagadnieniem związanym z prawidłową i rzetelną oceną jakości wód powierzchniowych jest konieczność opisywania nowych taksonów wraz z ich autekologią oraz stałego aktualizowania danych dotyczących zakresów tolerancji wobec warunków środowiska wodnego okrzemek wykorzystywanych w naukowych podstawach biomonitoringu.

Program OMNIDIA jest jednym z głównych narzędzi wykorzystywanych do oceny jakości wód powierzchniowych. W swojej bazie danych program ten zawiera informacje o ponad 24 tysiącach gatunków okrzemek wraz z przypisanymi im ekologicznymi wartościami wskaźnikowymi, które są wykorzystywane podczas wyliczania indeksów okrzemkowych. Jednym z głównych systemów klasyfikacji ekologicznej stanowiącym część bazy danych programu OMNIDIA jest system Van Dama i współautorów z 1994 roku. System ten klasyfikuje taksony okrzemek w odniesieniu do siedmiu cech opisujących warunki środowiska wodnego. Pomimo, iż w ostatnich latach wielu autorów opisując nowe gatunki podaje również informacje o ich autekologii, dane te nie są na bieżąco aktualizowane w bazie OMNIDIA. Z tego powodu ocena stanu środowiska wodnego wykonana za pomocą tego programu może być obciążona błędem. Dlatego niezbędna jest wielowątkowa analiza autekologii okrzemek na podstawie której będzie można przypisywać lub ustanawiać nowe ekologiczne wartości wskaźnikowe dla okrzemek wykorzystywanych w ocenie jakości środowiska wodnego.

Ekosystemy wodne pochodzenia antropogenicznego, które powstały w wyniku eksploatacji kopalń mineralnych charakteryzują się specyficznymi oraz unikalnymi warunkami środowiskowymi. Panujące w nich warunki hydrogeochemiczne kształtują zbiorowiska okrzemek nie występujące w innych, naturalnego pochodzenia, ekosystemach wód powierzchniowych. Dlatego też, stanowią one doskonałe obiekty badań autekologii oraz taksonomii tej grupy glonów. Zbiorowiska okrzemek występujące w zbiornikach

poeksploatacyjnych badane były dotychczas w celu przesłedzenia zmian klimatycznych zachodzących w czasie lub określenia różnorodności gatunkowej. Badania zbiorowisk okrzemek takich ekosystemów dają możliwości weryfikacji lub ustanowienia nowych ekologicznych wartości wskaźnikowych gatunkom dla nich charakterystycznym.

W celu zbadania różnorodności, zmienności międzygatunkowej i wewnątrzgatunkowej okrzemek, oraz ich autekologii wytypowano trzy obiekty hydrologiczne powstałe w wyniku działalności człowieka. Każdy z badanych obiektów wyróżniał się innymi warunkami środowiskowymi: kompleks hydrologiczny Pełczyska charakteryzował się wysokim stężeniem jonów chlorkowych oraz wysokim przewodnictwem elektrolitycznym wody; kompleks zbiorników w Łęczycy charakteryzował się wysokim odczynem wody oraz najniższym stężeniem jonów wodorowęglanowych; natomiast zbiornik Bogdałów charakteryzował się alkaicznym odczynem wody oraz najniższym stężeniem jonów  $K^+$ ,  $Cl^-$  i  $NH_4^+$ .

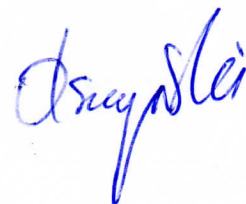
Zasadniczą częścią badań było (1) zbadanie zmienności wewnątrzgatunkowej i międzygatunkowej oraz (2) zbadanie autekologii okrzemek występujących w zbiornikach wodnych powstałych w wyniku górniczej działalności człowieka. W tym celu poddano analizie 62 próby okrzemkowe z wyznaczonych obiektów hydrologicznych i 31 prób wody w celu analizy parametrów fizycznych i chemicznych. Kompleks hydrologiczny Pełczyska poddany był dodatkowej analizie mającej na celu określenie zmian w strukturze zbiorowisk okrzemek w okresie 50 lat z wykorzystaniem prób archiwalnych. W pracy zastosowano następujące analizy matematyczne: analiza MDS, nMDS, HCA, Shade Plot, SIMPER oraz PCA. Do opracowania wyników analiz struktury zbiorowisk okrzemek oraz danych o parametrach fizycznych i chemicznych wykorzystano programy PRIMER 7.0.13 i STATISTICA 13. Autekologia okrzemek została opracowana na podstawie danych z programu OMNIDIA 6.0.6.

Szczegółowa analiza zbiorowisk okrzemek oraz danych chemicznych wody kompleksu hydrologicznego Pełczyska wykazała, iż w okresie 50 lat wraz ze spadającym stężeniem jonów chlorkowych zmieniała się struktura zbiorowisk okrzemek. Ponadto odnotowano w nim gatunki okrzemek typowe dla wód brakicznych i morskich. Zaproponowano rozszerzenie skali zasolenia, z 4 do 7 stopniowej, wykorzystywanej w programie OMNIDIA oraz ustalenie nowych ekologicznych wartości wskaźnikowych związanych z zasoleniem wody dla wybranych gatunków okrzemek: *Halamphora tenerrima*, *Parlibellus crucicula*, *Staurophora salina*, *Halamphora dominici*, *H. subsalina*, *Achnanthes brevipes*, *Navicula perminuta* i *Opephora mutabilis*.

Analiza zmienności międzygatunkowej w badanych ekosystemach, z wykorzystaniem technik mikroskopii świetlnej oraz skaningowej mikroskopie elektronowej, wykazała zróżnicowanie w budowie morfologicznej *Discostella woltereckii* oraz *D. stelligera* oraz potwierdziła występowanie obu gatunków w jednym środowisku. Dane te wzbogaciły wiedzę o autekologii tych gatunków oraz zweryfikowały negatywnie informację o tym, iż cechą różnicującą oba gatunki jest środowisko, w którym występują.

Szeroka zmienności wewnątrzgatunkowa obserwowana w strukturze zbiorowisk okrzemek w badanych ekosystemach umożliwiła szczegółową analizę zmienności morfologicznej wybranych gatunków. Na podstawie szczegółowych obserwacji budowy morfologicznej okazów z materiału typowego oraz wybranych populacji gatunków okrzemek opisano dwa nowe dla nauki gatunki: *Chamaepinnularia plinskii* Żelazna-Wieczorek & Olszyński z kompleksu hydrologicznego Pełczyska oraz *Aulacoseira pseudomuzzanensis* Olszyński & Żelazna-Wieczorek z kompleksu zbiorników w Łęczycy.

Specyficzne warunki środowiskowe panujące w badanych obiektach hydrologicznych umożliwiły zbadanie autekologii zbiorowisk okrzemek w nich występujących. Z 381 taksonów odnotowanych w wytypowanych do badań obiektach hydrologicznych wskazano 38 gatunków dla nich charakterystycznych. Wykorzystując wielowątkowe podejście w celu weryfikacji autekologii gatunków charakterystycznych obejmujące analizę warunków środowiskowych panujących w badanym ekosystemie, analizę ekologii gatunków w oparciu o piśmiennictwo oraz określenie warunków środowiskowych na podstawie znanej już autekologii gatunków współwystępujących, dla 16 taksonów okrzemek charakterystycznych ustanowiono lub zmieniono 36 ekologicznych wartości wskaźnikowych w klasyfikacji Van Dama i współautorów.



## X. Abstract

Since the beginning of 20<sup>th</sup> century diatoms (Bacillariophyta) have been widely used as bioindicators of the quality of surface waters. The progress in advanced microscopic techniques and molecular studies resulted in increasing number of new taxa descriptions, especially in recent years. However, taxonomic studies very often miss ecological data and does not bring any insight into the species autecology. Such data are supplemented over time during diversity studies in various ecosystems of the world. Biomonitoring procedures rely on autecology of indicator species; thus, for the proper and reliable assessment it is crucial to include ecological data while describing new taxa and to update the range of tolerance to environmental factors if applicable.

The basic evaluation tool in surface water quality assessment is the OMNIDIA software. The software contains large database of over 24,000 diatom species described with ecological indicator values allowing to calculate diatomaceous indices and also includes ecological classification systems. The main classification system is the Van Dam and co-authors system proposed in 1994. This system classifies diatom taxa to seven environmental features of aquatic ecosystems according to their ecological preferences. Despite that in recent years, new publications on diatoms provide further autecological data, the database of OMNIDIA software is not constantly updated; therefore, the assessment of the ecological state of ecosystems using this tool may be fraught with an error. To avoid possible mistakes it is necessary to carry out multi-stranded analysis on diatoms' autecology and to provide complete ecological data establishing new or updating already described indicator values for these bioindicators.

Aquatic ecosystems of anthropogenic origin that were created after the exploitation of minerals are characterized by specific and unique environmental conditions. The hydrogeochemical conditions of these ecosystems shape diatom assemblages making them unique among other surface water ecosystems of natural origin. Therefore, these sites are excellent for taxonomical and ecological studies of this group of algae. Diatom assemblages in post-mining reservoirs have been studied so far to trace climate changes over time and to determine possible species diversity. However, diatom research in such ecosystems provide crucial data for biomonitoring procedures, because they give a scientific foundation for verification or description of new ecological indicator values for species being characteristic for these type of ecosystems.

Three hydrological sites of anthropogenic origin were selected for comprehensive studies on the diversity, intraspecific and interspecies variability and autecology of diatoms. The sites were distinguished by different environmental conditions: the hydrological complex of Pełczyska was characterized by high concentration of chloride ions and high electrolytic conductivity of water; the complex of reservoirs in Łęczycza by a high water pH reaction and the lowest concentration of bicarbonate ions; while the Bogdałów reservoir by an alkaline waters and the lowest concentration of  $K^+$ ,  $Cl^-$  and  $NH_4^+$  ions.

The essential part of the research was (1) to examine intraspecific and interspecific variability of diatoms, and (2) to examine the autecology of diatoms in post-mining water ecosystems. For this purpose, 62 diatomaceous samples from studied hydrological sites were examined and 31 water samples were analysed to investigate physical and chemical properties of water. The Pełczyska hydrological complex was subjected to additional analysis aimed at determining changes in the structure of diatom communities over a period of 50 years using archival biological samples. The structure of diatom assemblages in relation to environmental data was investigated using MDS, nMDS, HCA, Shade Plot, SIMPER and PCA analyses in the PRIMER 7.0.13 and STATISTICA 13 software. The conclusions on autecology of diatoms were compared and combined with databases of the OMNIDIA 6.0.6 software.

A detailed hydrobiological and hydrochemical analysis of the Pełczyska complex showed that over the past 50 years, along with the decreasing chloride ion concentration, the structure of the diatom assemblages has changed. Some brackish and marine diatom species were still noted. According to the research findings, the extending of salinity scale in the OMNIDIA software, from 4 to 7 degrees was proposed along with description of new indicator values for water salinity for selected diatom species: *Halamphora tenerrima*, *Parlibellus crucicula*, *Staurophora salina*, *Halamphora dominici*, *H. subsalina*, *Achnanthes brevipes*, *Navicula perminuta* and *Opephora mutabilis*.

Analysis of interspecies variability in the studied ecosystems, using light microscope and scanning electron microscope, showed diversity in the morphology of *Discostella woltereckii* and *D. stelligera* cell walls and confirmed the occurrence of both species in the same environment. These results enriched the knowledge on autecology of these species and proven that the type of environment cannot be a distinguishing feature, since they may co-occur in one ecosystem.

The wide interspecies variability of diatoms in the studied ecosystems enabled a detailed investigation on the morphological variability of selected species.

Based on comparative analyses of specimens from type material and environmental samples, two new species for science were described: *Chamaepinnularia plinskii* Żelazna-Wieczorek & Olszyński in the hydrological complex Pełczyska and *Aulacoseira pseudomuzzanensis* Olszyński & Żelazna-Wieczorek in the complex of reservoirs in Łęczycza.

Specific environmental conditions prevailing in the studied hydrological sites enabled the study on autecology of diatoms. From the 381 taxa recorded at the study sites, 38 were designated as type-specific or characteristic for those type of ecosystems. Using a multi-stranded approach to verify the autecology of characteristic species, including the analysis of environmental conditions of studied ecosystems, analysis of species autecology based on literature and determination of environmental conditions based on the autecology of co-occurring species, 36 ecological indicator values have been established or changed for 16 type-specific diatoms in Van Dam and co-authors classification system.

