

Trwałość depozytu substancji humusowych w twardowodnych jeziorach humusowych

Stability of the humic deposit in hardwater humic lakes

KRZYSZTOF BANAŚ, ELŻBIETA DURMAJ

K. Banaś, E. Durmaj, Katedra Ekologii Roślin, Uniwersytet Gdański, Al. Legionów 9, 80-441 Gdańsk, e-mail: dokkrb@univ.gda.pl

ABSTRACT: In Pomerania (NW Poland) many hardwater lakes are subject to human-induced enrichment with humic substances, a substantial part of them undergoing processes of deactivation and precipitation into sediments. The stability of sediments formed in this way is of key importance to the renaturalisation of these water bodies, as it depends mainly on abiotic factors. The aim of this study was to determine the effect of habitat conditions on the stability of humic substances in sediments. The study was carried out in three hardwater humic lakes. The solubility of the humic matter increases with a rise in water pH (from 1% for pH 2 to 20% for pH 9), temperature (from 3% at 5°C to 26% at 25°C) and the time of exposure to UV radiation (from 6% after 1 h to 11% after 24 h). However, the solubility decreases as the content of dissolved mineral salts rises (from 11% for 0,01 mg CaCO₃ to 2% for 0,06 mg). Thus sediment stability in hardwater humic lakes is the highest in the coolest, most shaded and acid littoral zones which contain a considerable amount of dissolved salts.

KEY WORDS: environmental conditions, hardwater lakes, humic lakes, humic substances.

Wstęp

Jeziora ulegają ciągłym przemianom pod wpływem wielu czynników środowiskowych (Lampert, Sommer 1996, Kajak 1998). Zmiany te są zwykle jednokierunkowe i polegają na stopniowym wypłycaaniu zbiornika. Ten naturalny proces zanikania jezior jest współcześnie silnie zakłócany przez zmieniające się warunki hydrologiczne i geochemiczne, wynikające z antropopresji (Chelmiński 2001).

BANAŚ K., DURMAJ E. 2006(2007). Stability of the humic deposit in hardwater humic lakes. – In: OLSZEWSKI T. S., AFRANOWICZ R., BOCIĄG K. (eds), Contemporary trends of botanical research – on Professor Hanna Piotrowska 80th birthday anniversary. – Acta Bot. Cassub. 6: 61–70.

Gdy warunki środowiskowe są kształtowane przez jeden główny czynnik, występujący w nadmiarze, wówczas mamy do czynienia z jeziorami dysharmonicznymi (Lampert, Sommer 1996). Należą do nich m.in. jeziora dystroficzne o kwaśnej wodzie i osadach organicznych, zasobnych w substancje humusowe (SH). Źródłem tych substancji są torfowiska wysokie i przejściowe, rozwijające się na obrzeżach jezior oraz lasy iglaste i kwaśne buczyny w zlewni. Podobne jeziora powstają w wyniku antropogenicznych przekształceń naturalnych zbiorników, lecz proces taki jest zwykle bardzo szybki. Nosi nazwę humizacji, która jest związana ze wzrostem stężenia substancji humusowych w wodzie i osadach (Bociąg 1998), i dotyczy głównie jezior włączonych w system kanałów melioracyjnych, odprowadzających wodę z osuszanych łąk, torfowisk i lasów bagiennych. Humizacja jeziora prowadzi do zmian chemicznych i fizycznych cech wody i osadów (Szmeja 2000), w wyniku czego roślinność ulega transformacji, a produkcja pierwotna maleje (Szmeja 2000; Bociąg, Szmeja 2001).

Antropogeniczne wzbogacanie zbiorników wodnych w allochtoniczne substancje humusowe (SH) powoduje jednostronny rozwój jezior, nazywanych humusowymi, których funkcjonowanie uwarunkowane jest ilością i rodzajem wprowadzonej materii humusowej. Specyficznym przekształceniem w procesie humizacji podlegają jeziora twardowodne, które przez pewien czas zachowują swój twardowodny charakter, zasadowy odczyn i wysoką twardość wody, lecz ulegają wzbogaceniu w SH (Banaś 2001). Celem pracy jest określenie trwałości osadów, czyli niezmienności ich cech fizycznych, chemicznych i strukturalnych podczas zmian takich cech środowiska, jak pH, temperatura i promieniowanie UV.

1. Metody badań

Do badań wybrano trzy twardowodne jeziora humusowe (twardość ogólna $30 \text{ mg CaO dm}^{-3}$): Czarne koło Osieka (Skórcz), Czarne koło Kartuz i Czarne koło Potęgowa. Wybrane jeziora są wyjątkowo zasobne w substancje humusowe, których wysokie stężenia występują zarówno w wodzie, jak i osadach. Są to jeziora *â*-mezohumusowe i polihumusowe (Banaś 2004, Durmaj 2005).

Powierzchniowe warstwy osadów pobierane były przez nurka sondą rurową z głębokości 1, 3 i 5 m. Z każdego jeziora pobrano łącznie dziewięć prób osadów, każda o objętości około 1 dm^3 . W terenie w próbach zmierzono: potencjał redoks, przewodnictwo, odczyn i temperaturę. Po przewiezieniu do laboratorium oznaczono uwodnienie osadów, zawartość materii organicznej, wapnia, azotu i fosforu za pomocą metod zaproponowanych przez Hermanowicza i in. (1999).

Trwałość osadów określono eksperymentalnie, badając wpływ odczynu wody, temperatury i stężenia węglanu wapnia na rozpuszczalność substancji humusowych, zawartych w osadzie (Durmaj 2005). Do każdego z tych eksperymentów pobierano świeży osad o masie 0,25 g, który zalewano 50 cm^3 wody destylowanej różniącej się pH i zawartością węglanu wapnia, a także naświetlano przez określony czas (1-24 h), lampą UV przy $\lambda = 254 \text{ nm}$ w zadanych warun-

kach termicznych (0-30°C). W celu określenia ilości substancji humusowych, które uległy rozpuszczeniu, po upływie 24 godzin zmierzono absorbancję roztworów znad osadu. Pomiary wykonano spektrofotometrem UV-VIS przy $\lambda = 330$ nm. Otrzymane wyniki porównano z absorbancją wzorca, czyli 0,5 N roztworu KOH danego osadu.

Analiza statystyczna wyników polegała na obliczeniu średniej arytmetycznej (\bar{x}), odchylenia standardowego (SD), zakresu (min – max) i mediany (Me) cech (Kendall, Stuart 1979; Hays 1988). Statystyczne wnioskowanie prowadzono na poziomie błędu $p < 0,05$. Różnice między poszczególnymi cechami testowano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA z użyciem testu Scheffego (Hays 1981).

2. Wyniki

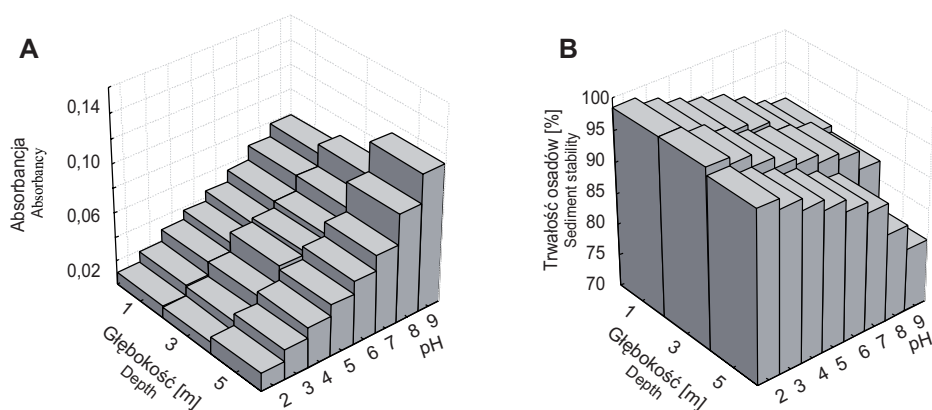
2.1. Wpływ odczynu na trwałość osadów

W jeziorach twardowodnych absorbancja roztworu znad osadu rośnie wraz z jego alkalizacją. Najmniejszą absorbancję i największą trwałość mają osady w środowisku silnie kwaśnym, przy czym zakres zmienności jest dość szeroki i zależy od głębokości, z jakiej pochodzi osad (0,0014-0,0393; Me = 0,0101; ryc. 1). Najniższą wartość absorbancji mają roztwory znad osadów z drugiej strefy, a

najwyższą – z trzeciej. Wraz ze wzrostem odczynu wody, obserwuje się wzrost absorbancji (ryc. 1), która najwyższą wartość (0,200-0,3545; Me = 0,0711) osiąga przy odczynie zasadowym (pH 9). W gradiencie głębokości najmniejszą absorbancją wyróżniają się roztwory nad mineralnymi osadami z płytkiego litoralu ($0,0787 \pm 0,0307$; Me = 0,0743), a największą – nad organicznymi z 5 m głębokości ($0,1127 \pm 0,0961$; Me = 0,0859).

Osad w jeziorach twardowodnych jest najbardziej trwały w środowisku silnie kwaśnym. Tylko niewielka ilość materii organicznej, zawartej w osadzie, ulega rozpuszczeniu i przechodzi do roztworu. Dotyczy to zarówno osadów mineralnych, jak i organicznych. Osad z płytkich stref litoralu prawie nie ulega rozpuszczeniu, a jego trwałość wynosi aż 99%. Podobnie odporny na degradację jest osad z głębszej strefy, jednak wartość ta jest nieznacznie niższa (97%). Przy odczynie lekko kwaśnym trwałość osadów jest już zdecydowanie mniejsza, a większa ilość substancji humusowych ulega rozpuszczeniu (ryc. 1). Spośród trzech stref głębokości, najbardziej trwałe (95%) i jednocześnie najmniej zasobne w materię organiczną, są osady z pierwszego metra głębokości, natomiast osady głębiej położone i zasobne w materię organiczną, charakteryzują się najmniejszą trwałością (93%). W silnie zasadowym środowisku trwałość osadów jest najmniejsza. Spośród trzech stref, najbardziej trwałe są osady bogate w materię organiczną i położone w głębokim litoralu (89%), a najmniej – płytkim.

Materia organiczna, zawarta w osadach jezior twardowodnych, najlepiej rozpuszcza się w środowisku alkalicznym. Największą trwałość mają osady w śro-



Ryc. 1. Absorbancja roztworu nad osadem (A) i trwałość osadów (B) w poszczególnych strefach głębokości w zależności od pH wody.

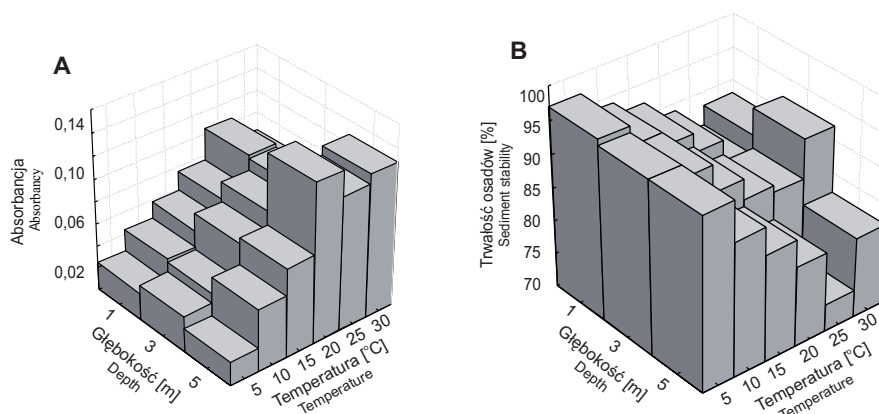
Fig. 1. Solution absorbancy above the sediment (A) and sediment stability (B) in individual depth zones in relation to water pH.

dowisku silnie kwaśnym (97-99%). Zakres trwałości osadów jest dość szeroki (80-99%) i zróżnicowany w zależności od głębokości. W jeziorach twardowodnych osad z pierwszego metra głębokości jest najbardziej trwały (89-99%), a najmniej – z piątego metra (80-97%).

2.2. Temperatura a trwałość osadów

Trwałość osadów z jezior twardowodnych maleje wraz ze wzrostem temperatury do 25°C, po czym nieznacznie wzrasta przy 30°C. Bardzo niską absorbancję mają roztwory nad osadami w temperaturze 5°C (0,0011-0,1073; Me = 0,0193), przy czym najniższą wartością charakteryzują się osady z piątego metra głębokości, nieco wyższą z pierwszego, a najwyższą z trzeciego (ryc. 2). Absorbancja rośnie do temperatury 25°C (0,0506-0,2237; Me = 0,0959), jednak tym razem najwyższe wartości zanotowano w osadach z piątego metra głębokości, nieco mniejsze z pierwszego, a najmniejsze z trzeciego. W temperaturze 30°C obserwuje się spadek wartości absorbancji (0,0152-0,4185; Me = 0,0586).

Osady są najtrwalsze w temperaturze 5°C (96-97%), przy czym osady mineralne z płytkiego litoralu są nieco bardziej trwałe niż organiczne z głębszych stref. Wraz ze wzrostem temperatury coraz więcej materii organicznej z osadu ulega rozpuszczeniu, co świadczy o jego malejącej trwałości. Najmniejszą trwałością charakteryzują się osady w temperaturze 25°C, jednak nie we wszystkich strefach głębokości jest ona jednakowa. Zdecydowanie najmniejszą trwałość mają osady z piątego metra głębokości (74%; ryc. 2), a największą z płytkiego litoralu (85%). Dalsze podnoszenie temperatury (do 30°C) powoduje niewielki wzrost trwałości osadów (82-92%), przy czym najbardziej trwały osad



Ryc. 2. Absorbancja roztworu nad osadem (A) i trwałość osadów (B) w strefach głębokości jezior twardowodnych w zależności od temperatury.

Fig. 2. Solution absorbancy above the sediment (A) and sediment stability (B) in individual depth zones of hardwater lakes in relation to temperature.

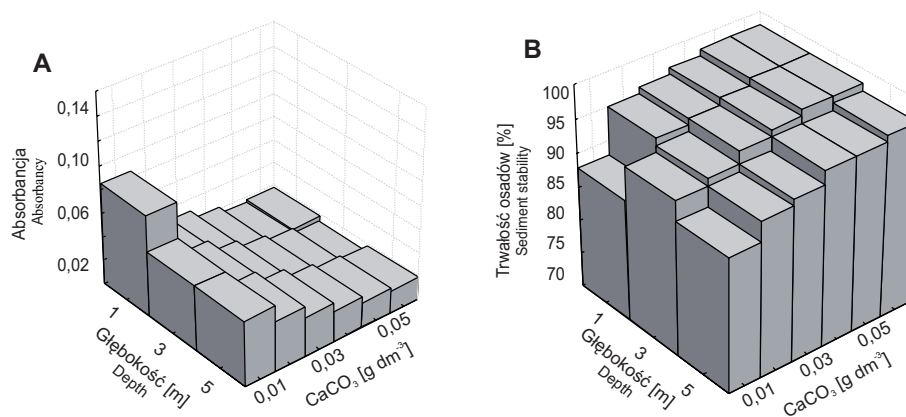
występuje w drugiej strefie głębokości. Rozpatrując różnice w trwałości osadów wraz ze wzrostem głębokości, największe zmiany stwierdzono w głębokiej strefie litoralu, gdzie trwałość osadów zmienia się w szerszym zakresie (82-96%), w porównaniu ze strefami płytszymi (85-97%).

Trwałość osadów z jezior twardowodnych zmienia się znacznie wraz z temperaturą. Najbardziej trwałe są osady w 5°C. Wraz ze wzrostem temperatury następuje obniżenie wartości tej cechy nawet do 74%, co ma miejsce w warunkach 25°C. Większą trwałością charakteryzują się osady w temperaturze 30°C (82-92%).

2.3. Stężenie rozpuszczonych soli w wodzie a trwałość osadów

Roztwory nad osadami jezior twardowodnych charakteryzują się wysoką absorbancją tylko przy niskim stężeniu węgla wapnia. Wraz ze wzrostem stężenia tej soli absorbancja stopniowo maleje (ryc. 3). Przy niskim stężeniu węgla wapnia (0,01 g CaCO₃ dm⁻³), absorbancja roztworów nad osadami jest wysoka (0,0296-0,362; Me = 0,0496), chociaż silnie zróżnicowana. Najwyższą wartość tej cechy ma roztwór nad osadem mineralnym z pierwszego metra głębokości, natomiast niższą z głębszych stref. Wzrost stężenia soli do 0,03 g dm⁻³ powoduje obniżenie absorbancji roztworów, jednak zmiany te są różne w zależności od strefy głębokości, przy czym roztwory znad osadów z pierwszego metra mają najniższą absorbancję (Me = 0,0242), a najwyższą – z piątego (Me = 0,0280). Przy stężeniu 0,06 g CaCO₃ dm⁻³ najniższą absorbancję wykazuje roztwór nad osadem z trzeciego metra głębokości (Me = 0,0094), a najwyższą z piątego (Me = 0,0173).

Trwałość osadów w jeziorach twardowodnych zmienia się wraz ze wzrostem zawartości soli rozpuszczonych w wodzie. Największą trwałość (97-98%; ryc. 3) mają



Ryc. 3. Absorbancja roztworu nad osadem (A) i trwałość osadów (B) w zależności od stężenia węglanu wapnia w wodzie.

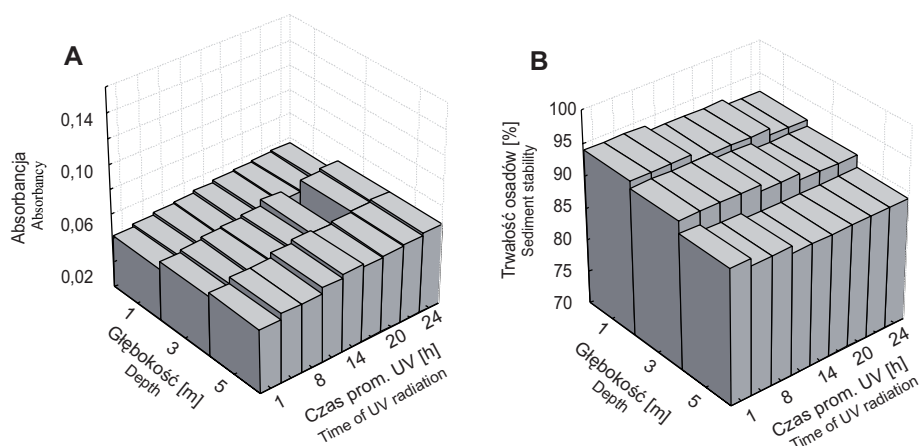
Fig. 3. Solution absorbancy above the sediment (A) and sediment stability (B) in individual depth zones in relation to the concentration of calcium carbonate in water.

osady z wysokim stężeniem soli (0,06 g CaCO₃ dm⁻³), przy czym osad z płytszych stref litoralu charakteryzuje się większą trwałością niż występujący w głębszych strefach (ryc. 3). W wodzie o mniejszej zawartości CaCO₃ (0,03 g dm⁻³), osad charakteryzuje się większą rozpuszczalnością (4-6%), przy czym bardziej podatny na rozkład jest osad występujący w głębszych strefach. Przy niewielkim stężeniu soli (0,01 g CaCO₃ dm⁻³) najmniej trwały jest osad z pierwszego metra głębokości (89%), natomiast ten z głębszych stref charakteryzuje się znacznie większą trwałością.

Wpływ stężenia rozpuszczonych soli na trwałość osadów jest stosunkowo niewielki. Najmniejszą trwałość mają osady w środowisku ubogim w rozpuszczone sole, a największą – zasobnym.

2.4. Wpływ promieniowania UV na trwałość osadów

Pod wpływem promieniowania UV osady jezior twardowodnych ulegają rozpuszczeniu. Im dłuższy czas naświetlania, tym większa absorbancja roztworu nad osadem. Najniższą absorbancję mają roztwory nad osadami najkrócej naświetlanymi (1h; A₃₃₀ 0,0425-0,0514; ryc. 4), przy czym jest ona zróżnicowana w poszczególnych strefach głębokości. Najmniejszą absorbancję ma roztwór nad osadem z pierwszego metra głębokości (Me = 0,0343), a najwyższą z piątego (Me = 0,0512). Wraz z wydłużeniem czasu naświetlania osadu, wzrasta absorbancja roztworu nad osadem, jednak jest to wzrost niewielki. Po czterech godzinach absorbancja jest nadal bardzo niska (0,0447-0,0557; Me = 0,0539), podobnie jest po dziesięciu godzinach (0,0476-0,0602; Me = 0,0575). Nawet po 24 godzinach naświetlania wzrost absorbancji jest niewielki (0,0557-0,0655; Me = 0,0649).



Ryc. 4. Absorbancja roztworu nad osadem (A) i trwałość osadów (B) w strefach głębokości jezior twardewodnych w zależności od czasu naświetlania promieniami UV.

Fig. 4. Solution absorbancy above the sediment (A) and sediment stability (B) in individual depth zones of hardwater lakes in relation to the length of time of exposure to UV radiation.

Dość wyraźny wzrost tej cechy obserwuje się natomiast wraz ze wzrostem głębokości, i to niezależnie od czasu napromieniowania. Najmniejszą absorbancją charakteryzują się osady z płytkiego litoralu, natomiast największą z najgłębszych stref.

Osady jezior twardewodnych są najtrwalsze po godzinie naświetlania lampą UV. Wraz z upływem czasu napromieniowania ich trwałość maleje. Najbardziej trwałe (92-94%), jest osad z pierwszego metra po godzinie naświetlania (94%; ryc. 4), a nieco mniej trwałe z piątego (91%). Po czterech, a nawet dziesięciu godzinach, trwałość osadów praktycznie nie uległa zmianie. Dopiero po czternastu godzinach wartość tej cechy nieznacznie się obniżyła (89-93%). Najbardziej podatny na degradację jest osad z głębokich stref litoralu (11%), a najmniej z płytkich (7%). Całodobowa ekspozycja osadów na promieniowanie UV spowodowała spadek trwałości osadów jedynie o 2%. W tych warunkach zarówno osady z pierwszego jak i piątego metra, charakteryzują się znaczną trwałością (odpowiednio 92 i 89%). Osad z jezior twardewodnych jest stosunkowo odporny na działanie promieniowania ultrafioletowego. Zmiany jego trwałości są niewielkie i podobne do tych, jakie stwierdzono pomiędzy strefami głębokości (3%).

W jeziorach twardewodnych trwałość osadów zmienia się nieznacznie pod wpływem promieniowania UV. Największą trwałością charakteryzują się osady krótko naświetlane (1h). Wraz z wydłużaniem czasu ekspozycji wartość tej cechy nieco obniża się i jest najniższa po 24 godzinnym naświetlaniu (89-92%).

3. Podsumowanie wyników i wnioski

Na Pomorzu znajduje się wiele jezior antropogenicznie wzbogacanych w substancje humusowe (SH), przedostające się rowami i kanałami melioracyjnymi z pobliskich torfowisk i lasów bagiennych. Jeziora takie podlegają procesowi humizacji, acydyfikacji, a nawet eutrofizacji, w wyniku, czego dochodzi do silnej transformacji fizycznych i chemicznych cech środowiska limnicznego. Z tego powodu ważne jest poznanie roli czynników środowiskowych w trwałości osadów organicznych i ponownym rozpuszczeniu i aktywacji SH. Przeprowadzone eksperymenty jednoznacznie wskazują, że trwałość osadów w jeziorach twardowodnych zależy od takich czynników, jak promieniowanie UV, odczyn, temperatura, a także zawartość soli mineralnych:

1. Rozpuszczalność SH rośnie wraz ze wzrostem odczynu wody. Największą trwałość mają osady w środowisku silnie kwaśnym, a najmniejszą w silnie zasadowym.
2. Materia organiczna w osadach ulega rozkładowi pod wpływem promieniowania UV, prowadząc do spadku ich trwałości.
3. Najmniej materii organicznej ulega rozpadowi po godzinnym naświetlaniu promieniowaniem UV (6-11%). Wraz z wydłużaniem czasu naświetlania maleje trwałość osadów. Jest ona najniższa po całodobowej ekspozycji.
4. Trwałość osadów jest odwrotnie proporcjonalna do temperatury.
5. W temperaturze 25°C trwałość osadów jest najmniejsza i wynosi 74-85%.
6. Temperatura powyżej 25°C przyspiesza koagulację i wytrącanie SH zwiększając trwałość osadów w jeziorach twardowodnych do 82-92%.
7. Wzrost stężenia rozpuszczonych soli mineralnych zwiększa trwałość materii organicznej w osadach jezior humusowych.
8. Przy niewielkim stężeniu węgla wapnia w wodzie (0,01 g dm⁻³) rozpuszczeniu ulega 7-12% SH, natomiast w warunkach wysokiego stężenia (0,06 g dm⁻³) – zaledwie 2-3% SH.

Wnioski:

1. Na trwałość osadów w jeziorach humusowych ma wpływ wiele czynników środowiskowych, m.in.: odczyn wody, temperatura i stężenie soli mineralnych oraz czas napromieniowania promieniami UV.
2. Trwałość osadów ulega niewielkim zmianom pod wpływem czynników abiotycznych.
3. Osady organiczne mają największą trwałość w środowisku silnie kwaśnym. Wzrost odczynu wpływa negatywnie na trwałość osadów.
4. Wzrost temperatury i wydłużenie czasu naświetlania promieniami UV prowadzi do spadku trwałości osadów.
5. Wysokie stężenie rozpuszczonych soli w wodzie ogranicza rozpuszczalność materii organicznej, co powoduje wzrost trwałości osadów.

6. Największy wpływ na trwałość osadów z jezior humusowych ma temperatura i promieniowanie UV.

Prace wykonane w ramach projektów KBN 3 P04G 062 24 i 2 P04G 001 27.

Literatura

- BANAŚ K. 2001 (mscr.). Wpływ substancji humusowych na warunki siedliskowe roślin podwodnych. Praca doktorska wykonana w Katedrze Ekologii Roślin Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 130 ss.
- BANAŚ K. 2004. Tendencje zmian cech fizyko – chemicznych wody w jeziorach humusowych Pomorza. – W: JANKOWSKI A. T., RZĘTAŁA M. (red.), Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne – funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona. Uniwersytet Śląski – Wydział Nauk o Ziemi, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, Polskie Towarzystwo Geograficzne – Oddział Katowicki, Sosnowiec, s. 7–17.
- BOCIAĞ K. 1998. Roślinność podwodna w procesie antropogennej ehumizacji jezior. – W: LANGE W., BOROWIAK D. (red.), Zagrożenia degradacyjne a ochrona jezior. Wyd. DJ, Gdańsk. s. 151–160.
- BOCIAĞ K., SZMEJA J. 2001. Changes in the vegetation of softwater lakes under the influence of humic substances. – *Pol. J. Ecol.* 49(4): 319–326.
- CHELMICKI W. 2001. Woda - zasoby, degradacja, ochrona. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 306 ss.
- DURMAJ E. 2005 (mscr.). Wpływ czynników środowiskowych na trwałość osadów w jeziorach humusowych. Praca magisterska wykonana w Katedrze Ekologii Roślin Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 140 ss.
- HAYS W. L. 1981. *Statistics* (3rd ed.). New York; Holt, Rinehart and Winston, 723 ss.
- HERMANOWICZ W., DOŻAŃSKA W., DOJLIDO J., KOZIOROWSKI B. 1999. Fizyczno – chemiczne badanie wód i ścieków. Arkady, Warszawa, 556 ss.
- KAJAK Z. 1998. *Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 355 ss.
- KENDALL M., STUART A. 1979. *The advanced theory of statistics* (Vol. 2). Hafner, New York, 748 ss.
- LAMPERT W., SOMMER U. 1996. *Ekologia wód śródlądowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 390 ss.
- SZMEJA J. 2000. Tendences of changes in the flora and vegetation structure of Pomeranian lakes under the influence of humic substances. – W: JACKOWIAK B., ŻUKOWSKI W. (red.), Mechanisms of anthropogenic changes of the plant cover. – *Prace Zakładu Taksonomii Roślin UAM* 10: 85–97.

Summary

Many lakes in Pomerania go through the processes of humication, acidification and eutrophication, which causes a profound transformation of physical and chemical properties of limnic habitats. Water bodies which become artificially enriched with allochthonous organic matter transform into humic lakes, whch submerged vegetation disappears, and the environmental conditions, radically transformed by SH as they are, prevent new growth of macrophytes. Therefore it is important to learn about the role of

these environmental factors which influence the rate at which suspended solids precipitate as well as stability of sediments.

The conducted experiments clearly indicate that the stability of organic sediments, their dissolution and activation of SH in hardwater lakes depend on such factors as: UV radiation, water pH, temperature and the content of mineral salts in water. Organic sediments are most resistant in a very acid environment (97-99%). A rise in pH leads to a fall in sediment stability (80-99%). Similarly a temperature rise and longer exposure to UV radiation cause lowered stability (to 74-85% and 84-94%, respectively). On the other hand, a high concentration of dissolved salts in water limits the solubility of organic matter (to only 2-3%) and, at the same time, slightly increases sediment stability to disintegration at the same time. Temperature and UV radiation have the greatest effect on the stability of sediments in hardwater humic lakes. This is an unfavourable phenomenon due to the fact that more light, including UV rays, reaches the sediments when SH precipitates from water, which leads to a temperature rise, faster dissolution of organic matter and its removal into pelagic waters.