



You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice

Title: Agresywność węglanowa wód wybranych zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej

Author: Robert Machowski

Citation style: Machowski Robert. (2011). Agresywność węglanowa wód wybranych zbiorników wodnych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej. "Acta Geographica Silesiana" ([T.] 9 (2011), s. 31-36).



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Robert Machowski

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

AGRESYWNOŚĆ WĘGLANOWA WÓD WYBRANYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH W NIECKACH OSIADANIA NA WYŻYNIE KATOWICKIEJ

Маховский Р. **Карбонатная агрессивность вод избранных водоемов в мульдах оседания на территории Катовицкой возвышенности.** Гидрохимические исследования вод 10 избранных водоемов в мульдах оседания Катовицкой возвышенности проводились в течение трех гидрологических сезонов 2003–2005. Цель исследований – определить карбонатную агрессивность вод данных водоемов и выявить, происходит ли в них осаждение карбоната кальция (CaCO_3). Выявлено, что среди исследуемых аквенов преобладают объекты в которых показатель насыщения SI_c отличался положительными величинами. В связи с этим полагается, что в данных водоемах имеются благоприятные условия для осаждения карбонатов.

Machowski R. **Carbonate aggressiveness of water in selected water reservoirs in subsidence depressions in Katowice Upland.** In the period of three hydrological years 2003–2005 hydrochemical studies were conducted in 10 marked out water reservoirs in subsidence depressions located in Katowice Upland. The aim of research was to determine the carbonate aggressiveness in water of reservoirs to state if the precipitation of calcium carbonate (CaCO_3) occurs. It was found that among reservoirs investigated predominate objects in which the saturation index SI_c took on positive values. It can therefore be expected that in these objects occur favorable conditions for precipitation and deposition of carbonates.

Słowa kluczowe: limnologia, antropopresja, depozycja, osady denne

Zarys treści

W okresie trzech lat hydrologicznych 2003–2005 przeprowadzono badania hydrochemiczne na 10 wytypowanych zbiornikach wodnych w nieckach osiadania zlokalizowanych na Wyżynie Katowickiej. Celem badań było określenie agresywności węglanowej wód zbiorników oraz stwierdzenie, czy dochodzi w nich do wytrącania węglanu wapnia (CaCO_3). Stwierdzono, że wśród badanych akwenów przeważają obiekty, w których indeks nasycenia SI_c przybierał dodatnie wartości. Dlatego też można przypuszczać, że w obiektach tych występują sprzyjające warunki do wytrącania i depozycji węglanów.

WSTĘP

Zbiorniki wodne w nieckach osiadania należą do specyficznej genetycznej grupy antropogenicznych zbiorników wodnych. Powstają samoczynnie, jako uboczny efekt gospodarczej działalności człowieka na obszarach, gdzie prowadzona jest wgłębna eksploatacja surowców mineralnych. Bezpośrednie powstanie tych zbiorników związane jest z podziemną eksploatacją surowców mineralnych, np. węgla kamiennego lub rud cynku i ołowiu. W wyniku wybierania materiału, w górotworze powstają puste przestrzenie, co w konsekwencji prowadzi do morfologicznych zmian na powierzchni terenu w postaci ugięcia warstw, zapadania i osiadania gruntu (ŻMUDA, 1973). To, czy powstaną niecki

osiadania, czy też zapadiska bezpośrednio zależy od głębokości, na jakiej prowadzona jest eksploatacja. W przypadku, gdy wybieranie pokładów węgla odbywa się na głębokościach mniejszych niż 100 metrów, dochodzi do powstania deformacji nieciągłych: progów, lejów, szczelin, rowów itp. Natomiast aby powstały niecki osiadania (deformacje ciągłe), skały nadkładu muszą odznaczać się dużą plastycznością lub też głębokość prowadzonej eksploatacji powinna przekraczać 100 m. Sam proces osiadania następuje w wyniku zawału, spękań i ugięć w płaszczyznach: pionowej i poziomej (ŻMUDA, 1973). Najczęściej niecki osiadania przyjmują kształt zbliżony do koła lub elipsy, a ich wielkość, zasięg oraz przebieg są uzależnione od czynników gómiczo-geologicznych (SZPETKOWSKI, 1980). Proces osiadania inicjuje jedynie powstanie na powierzchni terenu zagłębień. Aby w miejscach, gdzie doszło do obniżenia terenu, powstały zbiorniki wodne muszą być spełnione określone warunki. W osiadającym górotworze, na stosunkowo niewielkiej głębokości muszą zalegać warstwy utworów nieprzepuszczalnych, które skutecznie zatrzymują infiltrującą w podłoże wodę. Powstająca niecka osiadania wymusza spływ wód podziemnych w kierunku jej centralnej części, w konsekwencji prowadzi to do podnoszenia poziomu lustra wody względem powierzchni terenu. Ciągłość procesu osiadania a także napływ wód podziemnych oraz powierzchniowy spływ wód opadowych i roztopowych w początkowym stadium rozwoju niecki powo-

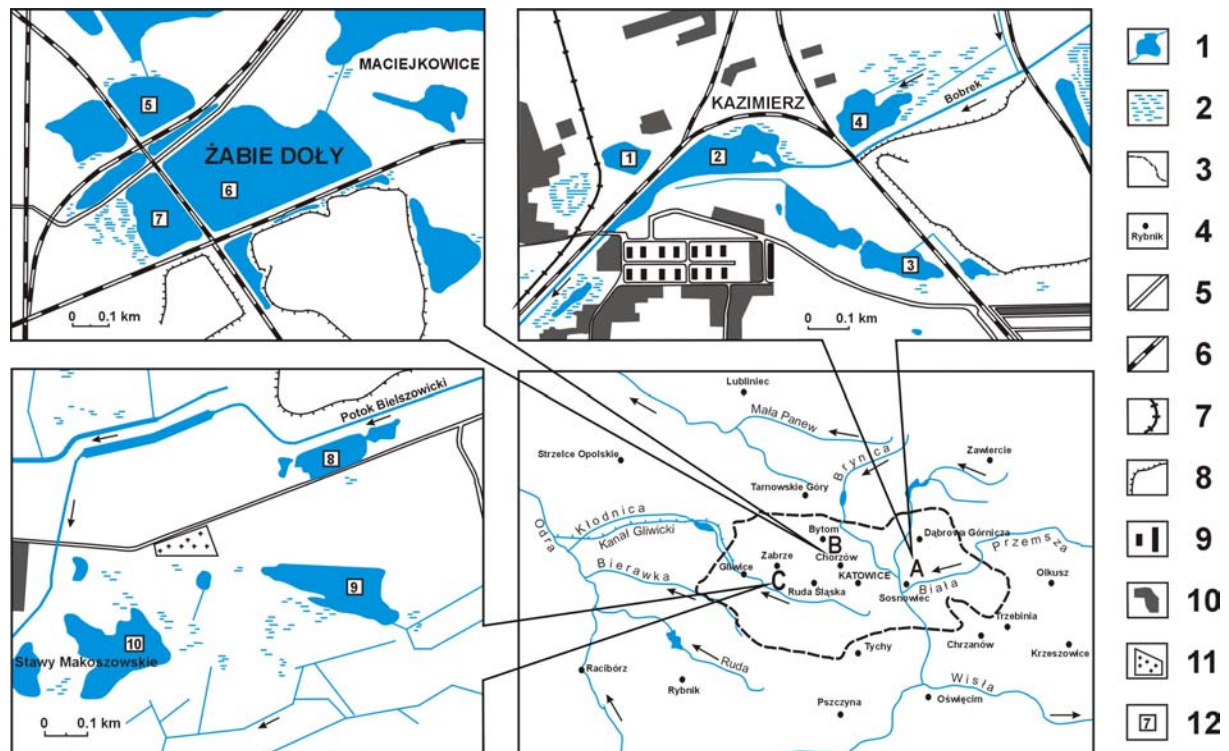
dują powstawanie podmokłości. Ostatecznie gromadzące się wody osiągają powierzchnię terenu i wypełniają nieckę osiadania, w wyniku czego powstaje zbiornik.

Podstawowym celem badań prowadzonych przez okres trzech lat hydrologicznych 2003–2005, było określenie agresywności węglanowej wód retencjonowanych w opisywanych zbiornikach. W tym celu wykorzystano jedną z metod pośrednich, proponowaną przez KRAWCZYK (1999). Za pomocą tej metody agresywność wody może być określona za pomocą wskaźnika nasycenia SI_c (*saturation index*). Wskaźnik ten stosowany jest w hydrochemii i pozwala na określenie stanu wody w stosunku do rozpuszczonego przez nią węglanu wapnia (KRAWCZYK, MICHALSKA, 1999). W niniejszych rozważaniach zaadaptowano ten wskaźnik w celu ustalenia równowagi węglanowej środowiska limnicznego badanych akwenów. Przyjmuje się, że wody o ujemnym wskaźniku są agresywne i rozpuszczają węglan wapnia. Natomiast gdy jego wartości są wyższe od 0,00, wówczas wody są przesycone w stosunku do kalcytu, a tym samym w tego typu środowisku może dochodzić do wytrącania węglanu wapnia i jego deponowania w osadzie. Wyliczenie wspomnianego parametru (SI_c) możliwe było na podstawie uzyskanych wyników analiz fizykochemicznych, które obejmowały: temperaturę wody (t_w), odczyn wody (pH), przewodnictwo elektryczne właściwe

(C_{25}), twardość ogólną (TH), stężenie jonów wapnia (Ca^{2+}), sodu (Na^+) i potasu (K^+), zawartość wodorowęglanów (HCO_3^-), siarczanów (SO_4^{2-}), azotanów (NO_3^-) oraz chlorków (Cl^-). Natomiast zawartość jonów magnezowych (Mg^{2+}) obliczono z różnicy twardości ogólnej i jonów wapnia (por. KRAWCZYK, 1999).

POŁOŻENIE OBSZARU BADAŃ

Badaniami objęto antropogeniczne zbiorniki wodne powstałe w nieckach osiadania, zlokalizowanych w centralnej części Wyżyny Śląskiej (KONDRACKI, 2002), w mezoregionie Wyżyna Katowicka (rys. 1). Obszar ten o powierzchni 1311,3 km², wraz z pozostałymi czterema mezoregionami (Chelm, Garb Tarnogórski, Pagóry Jaworznickie, Płaskowyż Rybnicki), stanowi makroregion Wyżynę Śląską (341.1). Od południozachodu Wyżyna Katowicka (341.13) graniczy z Płaskowyżem Rybnickim (341.15), natomiast po południowo-wschodniej stronie jednostką sąsiadującą są Pagóry Jaworznickie (341.14). Na wschodzie i północy rozciąga się Garb Tarnogórski (341.12), a na zachód od Wyżyny Katowickiej znajduje się Kotlina Raciborska (318.59) wchodząca w skład Niziny Śląskiej (318.5).



Rys. 1. Lokalizacja badanych zbiorników na Wyżynie Katowickiej: 1 – cieki i zbiorniki wodne, 2 – obszary podmokłe, 3 – granica Wyżyny Katowickiej, 4 – wybrane miasta, 5 – drogi, 6 – linie kolejowe, 7 – linia tramwajowa, 8 – hałdy, 9 – większe budynki, 10 – zwarta zabudowa jednorodzinna, 11 – cmentarz, 12 – opisywane zbiorniki w nieckach osiadania (objaśnienia w tekście)

Fig. 1. Location of water reservoirs in subsidence depressions in the Katowice Upland: 1 – streams and water reservoirs, 2 – water-logged areas, 3 – boundary of the Katowice Upland, 4 – selected towns, 5 – roads, 6 – railway lines, 7 – tramway line, 8 – spoil tips, 9 – larger buildings, 10 – dense single-family housing, 11 – cemetery, 12 – described reservoirs in subsidence depressions (explanations in the text)

Pierwsza grupa zbiorników wodnych zlokalizowana jest we wschodniej części Wyżyny Katowickiej, w dolinie Bobrka, dopływu Białej Przemyszy, pomiędzy 7,0 a 9,0 kilometrem biegu rzeki. Obszar ten leży w granicach pola górniczego Kopalni Węgla Kamiennego „Kazimierz-Juliusz”. Pod względem administracyjnym ta grupa zbiorników znajduje się w Sosnowcu, w dzielnicy Kazimierz (rys. 1). Obszar osiadań, w obrębie którego powstały zbiorniki tworzące kolejny kompleks sztucznych jezior, położony jest w centralnej części Wyżyny Katowickiej, na pograniczu Chorzowa oraz Bytomia, w granicach Zespołu przyrodniczo-krajobrazowego „Zabie Doły” (rys. 1). Na obszarze tym do pierwszej połowy lat 1990. działalność górnicza prowadzona była przez Kombinat Górniczo-Hutniczy „Orzeł Biały” (ROGOŹ, POSYŁEK, 1999). Ostatnia grupa zbiorników (rys. 1) znajduje się w zachodniej części Wyżyny Katowickiej, w dolinie Potoku Bielszowickiego (Kochłówka), prawego dopływu Kłodnicy. Administracyjnie tereny te znajdują się w południowej części Zabrze, w dzielnicy Makoszowy. Na obszarze tym działalność górnicza prowadzona była przez KWK „Makoszowy”, a obecnie w wyniku połączenia z KWK Sośnica jest to dwuruchowy zakład KWK „Sośnica-Makoszowy” (MACHOWSKI, 2010).

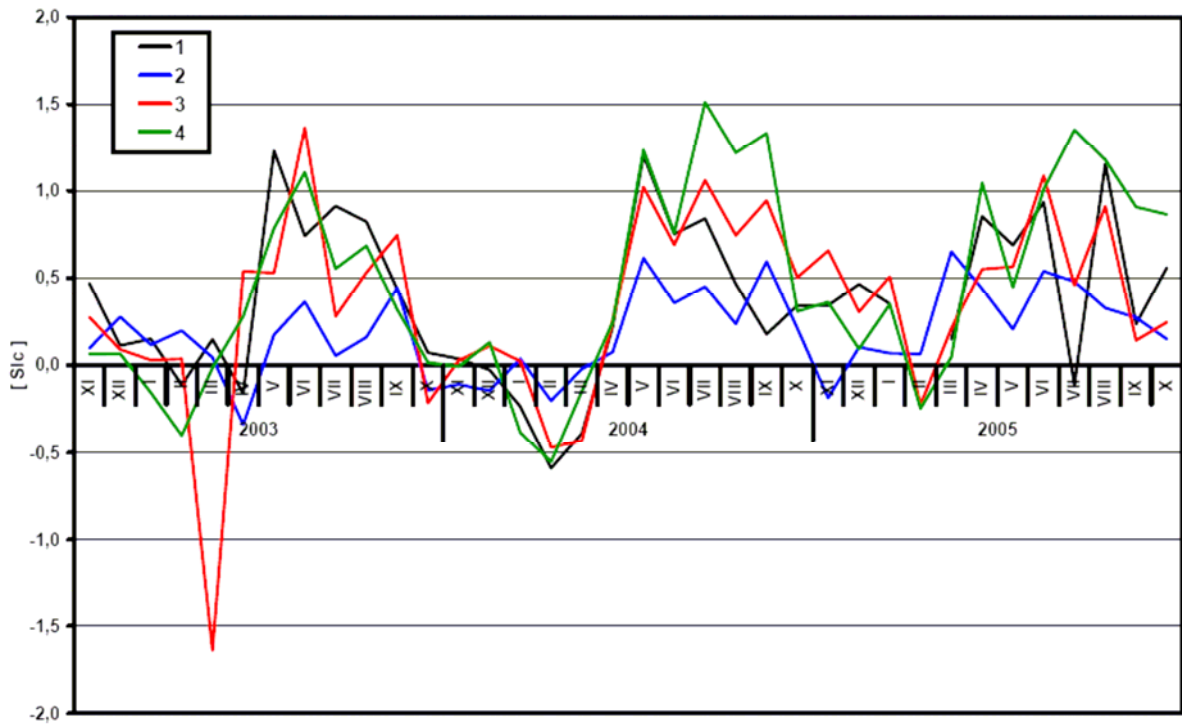
AGRESYWNOSĆ WĘGLANOWA WÓD

Agresywność węglanowa powszechnie odnoszona jest do wód krasowych i rozumiana jako zdolność do rozpuszczania skał zawierających w swoim składzie węglan wapnia (PULINA, 1999). Jednak wskaźniki te stosowane są także do określania układów węglanowych w wodach powierzchniowych, zarówno w środowiskach naturalnych (np. JANIEC, 1989/1990; BARCZYK, 1998; JEŻMANOWSKA, MACHOWSKI, 2000), jak i na terenach odkształconych antropogenicznie (np. MACHOWSKI, 2004; RZĘTAŁA, 2007). Wytrącający się w środowisku limnicznym węglan wapnia, który ulegnie depozycji, stanowi podstawowy budulec osadów dennych, zaliczanych do grupy osadów chemicznych. Według CHOIŃSKIEGO (2007) istnieje zgodny pogląd, że wytrącanie węglanu wapnia (CaCO_3) z wody następuje w wyniku współdziałania procesów chemicznych, biologicznych oraz fizycznych. Z uwagi na złożoność tych procesów, trudno jest wskazać dominujący, który prowadzi do jego depozycji. Dlatego też powszechnie uważa się, że pochodzenie węglanu wapnia w osadach jeziornych ma charakter poligenetyczny (CHOIŃSKI, 2007). WIĘCKOWSKI (1966) pisze natomiast, że wytrącanie CaCO_3 na drodze czysto chemicznej zachodzi jedynie wtedy, gdy następuje ulatnianie wolnego dwutlenku węgla do atmosfery, co prowadzi do przesylenia wody węglanem wapnia. Jego rozpuszczanie wykazuje ścisłą zależność od obecności CO_2 i maleje wraz ze spadkiem tego gazu w wodzie.

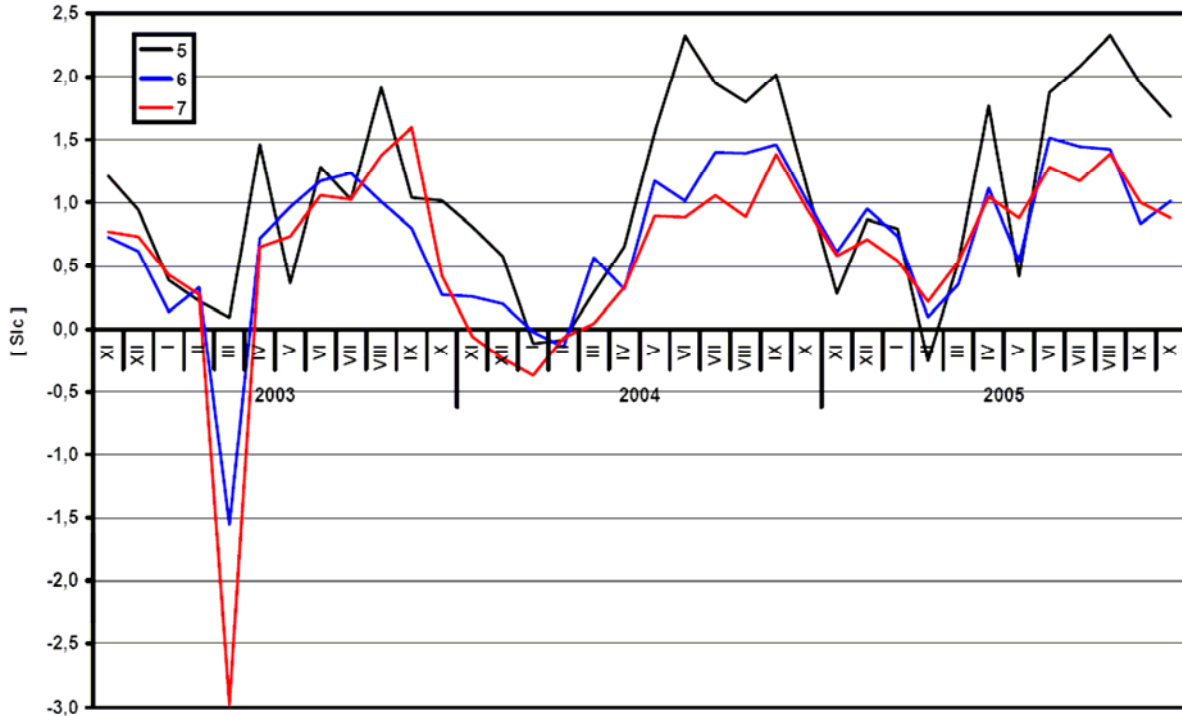
Przeprowadzone badania agresywności wód opisywanych zbiorników wodnych wykazały, że wartości

wskaźnika nasycenia SI_c w rocznym przebiegu odznaczały się wyraźnym sezonowym zróżnicowaniem. Aż w 7 z 10 badanych akwenów zmienność wartości indeksu była niemal analogiczna. Dotyczy to zbiorników położonych w Sosnowcu (rys. 2) oraz tych z pogranicza Bytomia i Chorzowa (rys. 3). Zdecydowanie odbiegały pod tym względem zbiorniki zlokalizowane w Zabrze, w których przypadku nie stwierdzono już tak wyraźnej okresowej zmienności (rys. 4). Wody zbiorników z Sosnowca przez większą część czasu były przesycone węglanem wapnia (rys. 2). Generalnie odnosi się to do okresu od wiosny do jesieni, gdy temperatura wody jest cieplejsza, co niewątpliwie wpływa na mniejszą rozpuszczalność dwutlenku węgla. W chłodniejszych wodach stopień rozpuszczalności CO_2 jest zdecydowanie wyższy, a tym samym wody są bardziej agresywne w stosunku do węglanu wapnia. Wartości wskaźnika SI_c w tym czasie zmieniały się w zbiorniku: nr 1 od 0,04 do 1,23, nr 2 od 0,04 do 0,65, nr 3 od 0,02 do 1,37 oraz nr 4 od 0,05 do 1,51. Okresy, gdy wody limniczne były agresywne, przypadały na chłodniejszą porę roku, kiedy to wskaźnik nasycenia przyjmował wartości ujemne (rys. 2). Można sądzić, że w okresach, gdy wskaźnik SI_c przyjmuje wartości dodatnie wody są wyraźnie przesycone produktami CaCO_3 , a tym samym może dochodzić do wytrącania węglanu wapnia i jego depozycji w osadach.

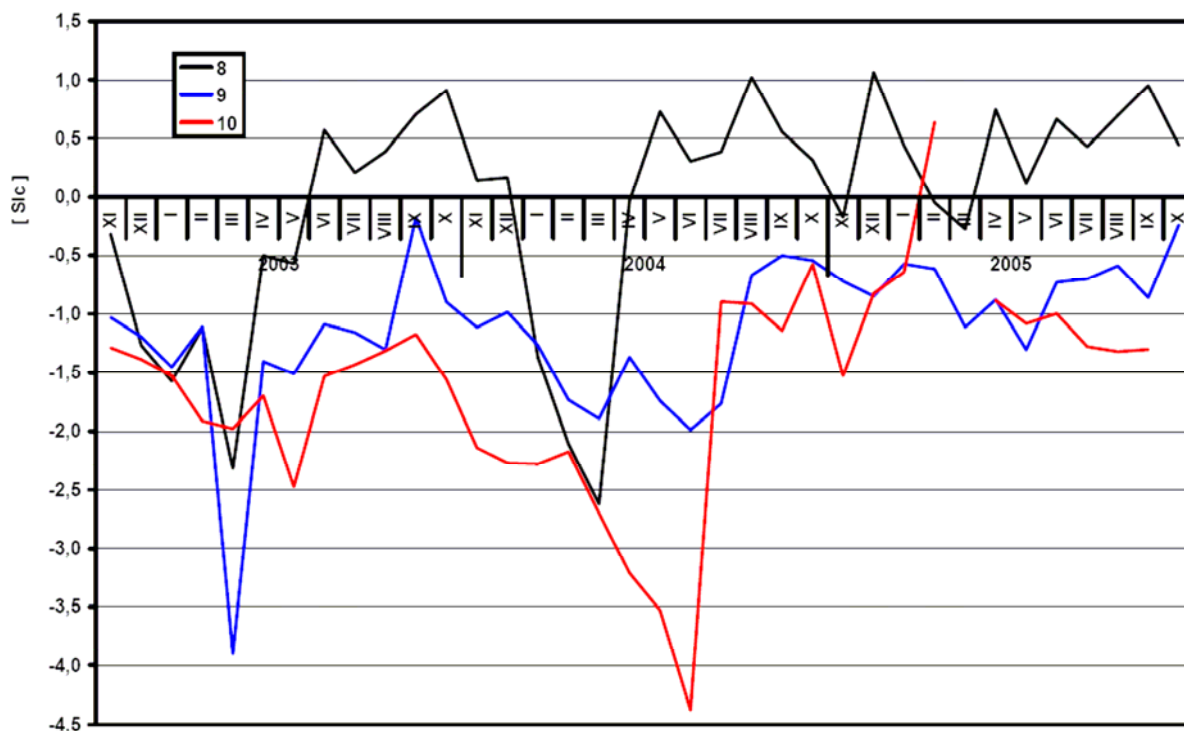
Podobne zależności w odniesieniu do okresowej zmienności wskaźnika nasycenia SI_c stwierdzono w grupie zbiorników z centralnej części Wyżyny Katowickiej. Ponownie przesylenie wód węglanami charakterystyczne było dla ciepłej pory roku, gdy indeks przyjmował dodatnie wartości. Z tą jednak różnicą, że okresy te były zdecydowanie dłuższe, a wyliczone wskaźniki przyjmowały wyraźnie wyższe wartości. Jednocześnie były to największe wartości zaobserwowane wśród wszystkich badanych akwenów. Maksimum na poziomie 2,33 charakteryzowało zbiornik nr 5 i wystąpiło w sierpniu 2005 roku, a niewiele mniejszą wartość zanotowano w tym samym akwenu w czerwcu 2004 roku (rys. 3). W zbiorniku nr 5 tylko trzy razy w czasie badań (styczeń i luty 2004 r. oraz luty 2005 r.) wystąpiły wody agresywne w stosunku do kalcytu (wartość wskaźnika SI_c poniżej 0). Również w dwóch pozostałych zbiornikach z tego terenu okres, gdy retencjonowane wody nie były przesycone węglanami, były bardzo krótkie. Po raz pierwszy agresywne wody w opisywanych zbiornikach wystąpiły w marcu 2003 roku. Natomiast w następnym roku badań wystąpił nieco dłuższy okres, gdy wskaźnik nasycenia utrzymywał się poniżej wartości 0. Szczególnie dotyczy to akwenu nr 7, w którym taka sytuacja miała miejsce od listopada do marca. Wody zbiornika nr 6 były agresywne w stosunku do kalcytu tylko przez dwa miesiące – styczeń i luty 2004 roku. Przez ostatni rok prowadzonych badań wody w tych dwóch zbiornikach (nr 6 i 7) przez cały czas odznaczały się dodatnim wskaźnikiem (rys. 3).



Rys. 2. Zmienność wskaźnika nasycenia SI_c wód zbiorników położonych w Sosnowcu w latach hydrologicznych 2003–2005
 Fig. 2. Variability saturation index SI_c in waters of reservoirs in Sosnowiec in hydrological years 2003–2005



Rys. 3. Zmienność wskaźnika nasycenia SI_c wód zbiorników położonych na pograniczu Bytomia i Chorzowa w latach hydrologicznych 2003–2005
 Fig. 3. Variability saturation index SI_c in water of reservoirs at the borderland of Bytom and Chorzów in hydrological years 2003–2005



Rys. 4. Zmienność wskaźnika nasycenia SI_c wód zbiorników położonych w Zabrze w latach hydrologicznych 2003–2005
 Fig. 4. Variability saturation index SI_c in waters of reservoirs in Zabrze in hydrological years 2003–2005

Zupełnie inaczej przedstawiała się sytuacja w przypadku zbiorników zlokalizowanych w Zabrze. Jedynie w zbiorniku nr 7 można zauważyć pewną tendencję nawiązującą do wcześniej opisanych akwenów. W czasie badań przesylenie wód węglanami charakterystyczne było dla cieplej pory roku. Wody agresywne w stosunku do kalcytu w latach 2003 i 2004 występowały w zimie, a ostatni rok badań odznaczał się zaburzeniem wartości tego wskaźnika w zimnej porze roku (rys. 4). Pozostałe dwa badane zbiorniki przez cały okres badawczy retencjonowały wody, dla których wyliczone wskaźniki nasycenia SI_c przyjmowały ujemne wartości. Jednokrotnie w zbiorniku nr 10 w lutym 2005 roku nastąpił wyraźny wzrost przesylenia wody węglanami, a indeks wynosił w tym czasie 0,64. Poza tym odstępstwem od reguły, wyliczone wskaźniki zawsze były ujemne i dosyć niskie, z absolutnym minimum wynoszącym -4,38 (rys. 4).

PODSUMOWANIE

Rozpuszczanie i depozycja węglanów w przyrodzie ma charakter złożonych procesów zależnych od wielu czynników. W środowisku limnicznym wytrącanie węglanów przyczynia się do powstawania osadów wykształconych np. w postaci kredy jeziornej, przy czym jest to bardzo powolny i długotrwały proces. Uzyskane w trakcie badań wyniki odnoszące się do zbiorników wodnych w nieckach osiadania, które zlokalizowane są na Wyżynie Katowickiej, pozwoliły na wydzielenie akwenów o wodach rozpuszczających węglan

wapnia oraz na te, w których może dochodzić do jego wytrącania. Opisywane zbiorniki odznaczają się pewną tendencją zmian agresywności, na którą bezpośredni wpływ ma m. in. ilość agresywnego CO_2 , zawartego w wodzie, mineralizacja wody oraz jej temperatura (PULINA, 1999). Wśród badanych obiektów przeważają obiekty, w których występują dogodne warunki do wytrącania z wody węglanu wapnia i jego depozycji w osadach. W przypadku tych zbiorników dodatnie wartości indeksu nasycenia SI_c zazwyczaj charakterystyczne były dla lata, natomiast w okresie zimowym wody odznaczały się agresywnością w stosunku do kalcytu. Obecność węglanów w wodach badanych zbiorników należy wiązać przede wszystkim z ich dostawą z bezpośredniej zlewni. Zbiorniki funkcjonują na terenach odkształconych antropogenicznie, a w ich bezpośrednim sąsiedztwie zlokalizowane są pogórnice hałdy. Zwałowiska te zbudowane są ze skał stanowiących odpad powstający na etapie wydobycia surowców mineralnych. Składowane są także formacje osadów poflotacyjnych po przeróbce rud cynku i ołowiu. Zwłaszcza te ostatnie zasobne są w węglany, bowiem celem podziemnej eksploatacji był okruszczony dolomit.

Jedynie w dwóch badanych zbiornikach przez cały okres badawczy występowały wody agresywne w stosunku do kalcytu, o czym świadczą najniższe wartości indeksu nasycenia. Decydujące znaczenie przypisuje się budowie geologicznej podłoża zlewni oraz rodzajowi jej pokrycia. W tym przypadku są to utwory piaszczyste porośnięte przez las z dominacją gatunków iglastych. Z tych względów retencjonowane wo-

dy odznaczają się obniżonym odczynem, co ma niebagatelne znaczenie w odniesieniu do obecności węglanów, a tym samym wskaźnika nasycenia SI_c .

Podobne zależności odnośnie do możliwości wytrącania $CaCO_3$ w wodach limnicznych stwierdził MACHOWSKI (2004) w przypadku antropogenicznych zbiorników wodnych położonych na Garbie Tarnogórskim, sąsiadującym od północy z Wyżyną Katowicką. Zwłaszcza w okresie wiosenno-letnim może dochodzić do depozycji węglanu wapnia. Nieco gorsze warunki występowały jesienią, a w zimie wody prawie wszystkich wspomnianych zbiorników były agresywne w stosunku do kalcytu.

Również w jeziorach z terenów północnej Polski dochodzi do wytrącania i depozycji węglanu wapnia. Takim jeziorem jest np. Kuc, wchodzące w skład Pojezierza Mrągowskiego. Wskaźnika nasycenia SI_c w sierpniu 2000 roku w warstwie powierzchniowej przyjmował wartości w zakresie od 0,52 do 0,88, natomiast przy dnie wynosił od 0,51 do 0,86 (JEZMANOWSKA, MACHOWSKI, 2000). Podobnie w przypadku jeziora Pile na Pojezierzu Szczecińskim w czasie letniej stagnacji dochodzi do wytrącania węglanu wapnia w strefie litoralnej oraz eufotycznej, bowiem indeks nasycenia przyjmował dodatnie wartości w zakresie 0,61–2,01. Natomiast wody hypolimnionu były agresywne w stosunku do kalcytu, a wskaźnik zawsze przyjmował ujemne wartości (KRAWCZYK, MICHALSKA, 1999).

LITERATURA

- Barczyk G., 1998: The carbonate aggressiveness of water in the karst areas of the basin of the Chochołowski and Kościeliski streams (Western Tatra Mts.). *Acta Geologica Polonica*, 48 (1): 115–121.
- Choiński A., 2007: *Limnologia fizyczna Polski*. WN UAM, Poznań: 547 s.
- Janiec B., 1989/1990: Układy węglanowe a depozycje $CaCO_3$ w wodach naturalnych Roztocza Zachodniego (SE Polska). *Annales UMCS, Sectio B, XLIV/XLV*, z. 8. UMCS, Lublin: 145–167.
- Jeżmanowska S., Machowski R., 2000: Agresywność węglanowa wód jeziora Kuc (Pojezierze Mrągowskie) w sierpniu 2000 r. W: Rzętała M. (red.): *Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko*, 1. SKNG UŚ, WNoZ UŚ, Sosnowiec: 32–36.
- Kondracki J., 2002: *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa: 440 s.
- Krawczyk W. E. 1999. *Hydrochemia. Ćwiczenia laboratoryjne dla III roku geografii*. Skrypty UŚ, 555. UŚ, Katowice: 92 s.
- Krawczyk W. E. Michalska W., 1999: Agresywność węglanowa wód jeziora Pile w czasie letniej stagnacji (lipiec 1999). W: *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych*, 2. WN UAM, Poznań: 101–105.
- Machowski R., 2004: Agresywność węglanowa wód antropogenicznych zbiorników wodnych na obszarze Garbu Tarnogórskiego. *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach przemysłowych i zurbanizowanych*, 34. WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, Katowice-Sosnowiec: 24–32.
- Machowski R., 2010: Przemiany geosystemów zbiorników wodnych powstałych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej. UŚ, Katowice: 178 s.
- Pulina M., 1999: *Kras. Formy i procesy*. UŚ, Katowice: 374 s.
- Rogoż M., Posyłek E., 1999: *Opinia dotycząca konieczności dalszego pompowania wody w wyrobiskach rudnych ZGH „Orzeł Biały” S.A. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej*. Główny Instytut Górnictwa, Katowice (m-pis).
- Rzętała M., 2007: Limnic water pollution of selected post-sand water reservoirs of Upper Silesian Region against a background of their economical use. *Limnological Review*, 7, 1. Polish Limnological Society, Toruń: 29–34.
- Szpetkowski S., 1980: Charakterystyka wpływów robót górniczych na górotwór i na powierzchnię terenu. W: *Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi*. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice: 39–77.
- Więckowski K., 1966: *Osady dennie Jeziora Mikołajskiego*. *Prace Geograficzne IG PAN*, 57, Warszawa: 112 s.
- Żmuda S., 1973: *Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej*. ŚIN, Katowice: 211 s.