

Kazimierz Pęcherzewski

Instytut Geografii
Pomorska Akademia Pedagogiczna
Słupsk

KWAŚNE DESZCZE I ZAKWASZENIE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W REJONIE MORZA BAŁTYCKIEGO

Wprowadzenie

Pomiary wartości pH w opadach atmosferycznych wykonuje się od ponad 130 lat, a ich inicjatorem, zagorzałym wykonawcą i orędownikiem był brytyjski badacz R. A. Smith (Izrael i in. 1989).

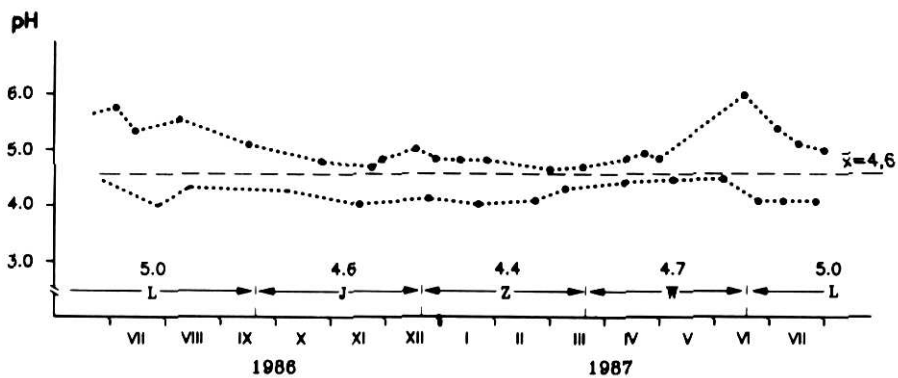
W warunkach naturalnych o wartości pH wód opadowych w 80-90% decyduje występujący w powietrzu CO₂, ponadto związki siarki i azotu (głównie pochodzenia wulkanicznego) oraz amoniak i metan – jako naturalne produkty rozkładu materii organicznej (Ugolnikova 1974, Izrael i in. 1989, Tilling i in. 1992). Na obszarach silnie uprzemysłowionych lub będących pod ich bezpośrednim wpływem o wartościach pH wód opadowych w 90-95% decydują wprowadzane przez człowieka do atmosfery różne gazy przemysłowe oraz powstające w wyniku spalania, jak: dwutlenki i tlenki siarki, azotu i węgla, a także związki chloru, które w rezultacie dalszych przemian chemicznych, zachodzących w uwodnionych warstwach atmosfery, zmieniają się w agresywne kwasy: siarkowy (H₂SO₄), azotowy (HNO₃), węglowy (H₂CO₃) i solny (HCl). Z badań wykonanych w ostatnich latach w Japonii wynika, że w próbkach deszczu stwierdzono również obecność innych kwasów, w tym: mrówkowego (HCOOH) – około 0,18 mg/l, octowego (CH₃COOH) – około 0,11 mg/l, szczawiowego (COOH)₂ – poniżej 0,01 mg/l (Matsumoto 1988).

Dotychczasowe badania lodów Antarktydy i Grenlandii wykazały, że w okresie ostatnich 10-15 tys. lat zakwaszenie opadów atmosferycznych zmieniało się w granicach 5,2-5,6 pH (Delmas i in. 1980). Dla porównania – wartości pH wód morskich wynoszą ~8,0, a wód „słodkich” niezanieczyszczonych ~7,0 pH.

W warunkach naturalnych, w atmosferze pozbawionej zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego wartości pH opadów atmosferycznych winny kształtować się na poziomie 5,5-5,6. Gdy wartość pH w opadach zmniejsza się do ~5,0, przyjmuje się, że są to opady kwaśne, często nazywane „kwaśnymi deszczami”.

Wyniki badań

Wartości pH wód opadowych pobranych podczas rejsów bałtyckich (głównie po Bałtyku południowym) w latach 1986-1988 mieściły się w przedziale 3,7-5,5 pH; wartość średnia = 4,5 (tab. 1, rys. 1). W próbach pobranych w rejonie Zatoki Gdańskiej wartości pH wahały się w przedziale 3,8-5,9; wartość średnia = 4,6 pH. Wartości te są zbliżone do odpowiednich danych uzyskanych w rejonie Zatok Ryskiej (Korolev i in. 1985), na litewskim pobrzużu Bałtyku (Linkajtite, Shopauskene 1981) oraz w Suwałkach, gdzie od 1979 r. prowadzone są ciągłe pomiary pH wód opadowych (Hryniowicz, Przybylska 1989) w zintegrowanym europejskim programie pomiarów tła zanieczyszczeń atmosfery EMEP (Environmental Measuring and Evaluating Programme).



Rys. 1. Średnie miesięczne i sezonowe zmiany wartości pH wód opadowych w rejonie Zatoki Gdańskiej (czerwiec 1986 r. – lipiec 1987 r., L – lato, J – jesień, Z – zima, W – wiosna)

Z badań amerykańskich prowadzonych we Wszechocianie, w tym m.in. w rejonie Wysp Hawajskich (Miller, Yoshinaga 1981) wynika, że nawet w otwartych rejonach oceanu wartości pH wód opadowych wahały się od 3,7 do 5,7. Badania te wykazały również, jak duży jest wpływ cząsteczek aerozolu, soli zawartych w wodzie morskiej i warunków pogodowych na mierzone wartości pH wód opadowych na obszarach nadmorskich. Stwierdzono m.in., że w próbach deszczu pobranych z samolotu na wys. 2500 m n.p.m. średnia wartość pH wynosiła 4,3, podczas gdy w próbach deszczu pobranych w tym samym czasie tuż nad powierzchnią morza wartości pH wynosiły 5,1-5,2. Dalsze badania wyjaśniły, że na obszarach nadmorskich, w okresach silnych wiatrów i przy pogodzie sztormowej wyniki pH wód opadowych są na ogół znacznie wyższe i osiągają wartości ~6,0 pH.

Dane przedstawione w tabeli 1 wskazują, że w wielu rejonach otwartego oceanu, jak również na odległych obszarach antarktycznych spotyka się opady o wartościach pH w przedziale 3,7-4,5, a więc znacznie zakwaszone. Dane te wskazują na globalny, transgraniczny charakter procesów przenoszenia zanieczyszczeń w atmosferze, na możliwość tzw. tranzytowych zrzutów zanieczyszczeń atmosferycznych oraz na zagrożenia stąd wynikające.

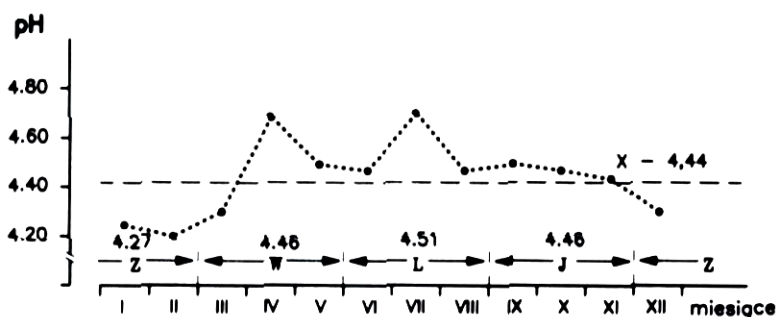
Tabela 1

Wartości pH wód opadowych

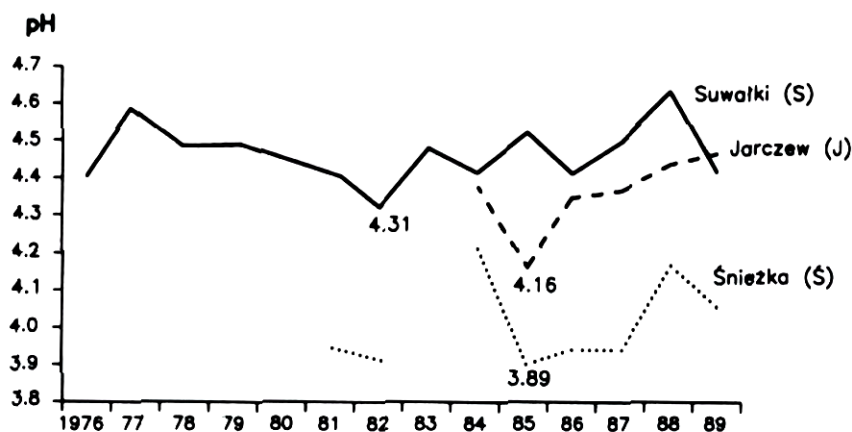
Rejon badań i źródło danych	Liczba pobranych prób	Wartości pH	
		zakres	średnia
Bałtyk południowy – próby rejsowe pobrane w latach 1986-1988 (Pęcherzewski 1991)	23	3,7 – 5,8	4,5
Zatoka Gdańska – próby rejsowe i ze stacji brzegowych pobrane w latach 1986-1988 wg danych autora	95	3,8 – 5,9	4,6
Bałtyk, 1981-1983 (Korolev i in. 1985)	11	3,6 – 7,6	4,6
Bałtyk – pobrzeże Litwy, 1975-1976 (Linkajtite, Shopauskene 1981)	61	4,0 – 4,8	4,6
Suwałki, 1973-1987 (Hryniewicz, Przybylska 1989)	–	3,04 – 8,2	4,44
Snieżka – 1989 (Siwek i in. 1991)	12	3,76 – 4,22	4,03
Ocean Spokojny – rej. Wysp Hawajskich (Miller, Yoshinaga 1981)	1700	3,7 – 5,7	4,8
Ocean Spokojny – rej. centralno-równikowy			
VI-VII 1989 r. (dane autora)	6	4,4 – 5,3	–
IX-X 1994 r. (dane autora)	12	4,5 – 5,6	4,9
Północny Atlantyk (Rjabosapko i in. 1986)	–	4,2 – 7,0	–
Antarktyda – Admiralty Bay, grudzień 1978 – luty 1979 (wg danych autora)	14	4,3 – 5,4	4,8

Przedstawione na rysunkach 1 i 2 dane z rejonu Zatoki Gdańskiej i Suwałk wskazują na niższe wartości pH wód opadowych w miesiącach zimowych i odpowiednio wyższe w miesiącach ciepłych. W naszych warunkach klimatycznych sezonowe wahania wartości pH wód opadowych znajdują wytlumaczenie m.in. w sezonowym zróżnicowaniu emisji różnego rodzaju zanieczyszczeń powstałych w procesach spalania węgla i paliw dla celów grzewczych i przemysłowo-energetycznych. Znaczny wzrost zakwaszenia opadów atmosferycznych w rejonie Zatoki Gdańskiej w miesiącach zimowych może być również przykładem tzw. antropopresji, czyli oddziaływania lokalnych zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego, wprowadzanych do atmosfery w rejonach wysoce zurbanizowanych i następnie przenoszonych wiatrami nad obszary o niskim stopniu urbanizacji, w tym również nad obszary niezasiedlone i akweny morskie.

Niezwykle ciekawe, ponad 40-letnie pomiary i badania prowadzone w Szwecji i Norwegii wykazały, że zakwaszenie wód opadowych w zachodnich, niezbyt uprzemysłowionych rejonach Skandynawii (rys. 3, 4) w wyniku zanieczyszczeń tranzytowych – przenoszonych z zachodniej Europy – wzrosło w latach 1960-1980



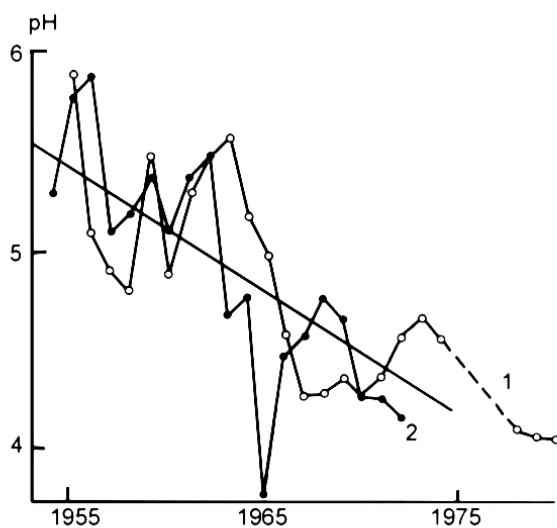
Rys. 2a. Średnie miesięczne i sezonowe zmiany wartości pH wód opadowych na stacji w Suwałkach w latach 1979-1987 (Hryniewicz, Przybylska 1989)



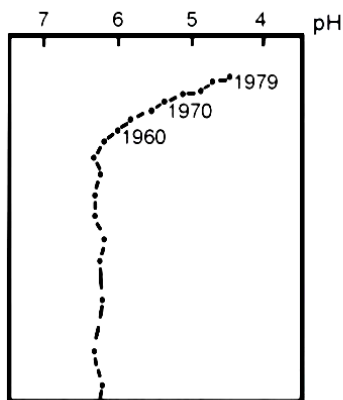
Rys. 2b. Średnie roczne wartości pH wód opadowych w Suwałkach (S), Jarczewie (J) i na Śnieżce (Ś) w latach 1976-1989 (Siwek 1991)

o około 1,8 pH (Oden 1976, Izrael i in. 1989). Widoczne efekty tych zmian to około 50% martwych ekologicznie jezior w Norwegii i około 30% jezior w Szwecji. Zakwaszenie wód w tych jeziorach zmieniło się w podanych latach z 6,4 do 4,3 pH (Overrain i in. 1980, Horvat 1990). Podobnie katastrofalne dane o następstwach kwaśnych deszczy pochodzą z Kanady, gdzie z 85 tysięcy przebadanych jezior w ponad 18 tys. stwierdzono wysoki wzrost zakwaszenia wód jeziornych, przy czym blisko 4 tys. z tych jezior to zbiorniki ekologicznie martwe (Izrael i in. 1989).

Uzupełnieniem tych danych może być mapa zamieszczona w materiałach Światowej Organizacji Meteorologicznej – WMO (rys. 5), przedstawiająca wartości pH opadów atmosferycznych na kuli ziemskiej (WMO materials.... 1989). Najbardziej zagrożonymi obszarami na kuli ziemskiej ze względu na zakwaszenie wód opadowych (pH poniżej 4,5) są: wschodnie obszary Ameryki Północnej, centralne i północno-zachodnie rejony Europy, rejon Wysp Japońskich, Półwysep Koreański,



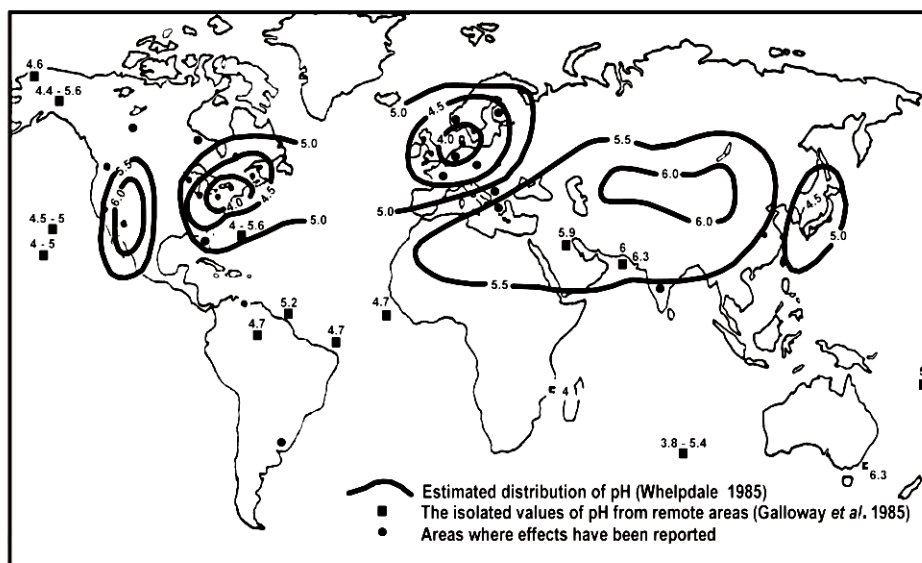
Rys. 3. Zmiany wartości pH wód opadowych w Skandynawii w latach 1953-1983 (Izrael i in. 1989): 1 – Oslo, 2 – rejon Zatoki Botnickiej



Rys. 4. Zmiany wartości pH wód jeziornych w SW rejonach Szwecji w latach 1960-1979 (Horvat 1990)

północno-wschodnie wybrzeża Chin oraz Primorskiej Kraj i część wyspy Sachalin. Terytorium Polski niestety (nie całkiem z naszej winy) w całości znajduje się w zasięgu europejskiej strefy zagrożenia (rys. 5).

W Polsce brakuje odpowiednich badań i danych jednoznacznie określających skalę, rozmiary i skutki kwaśnych deszczy, wpływających na stan naszych jezior, stawów, z wodami Morza Bałtyckiego włącznie, chociaż od lat z dużym powodzeniem badania takie prowadzone są m.in. w resorcie leśnictwa. Oczywiście kwaśne deszcze nie są głównym źródłem zanieczyszczenia naszych wód lądowych i morskich.



Rys. 5. Wartości pH wód opadowych według różnych danych zebranych w 1985 r. (WMO materials... 1989)

Zasygnalizowane wyżej światowe badania wskazują na wyraźną potrzebę, a nawet konieczność uzupełnienia pomiarów pH w opadach atmosferycznych i w zbiornikach wodnych oraz włączenia ich (wspólnie z badaniami konduktometrycznymi i pomiarami zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie – jako stosunkowo prostymi do wykonania) do **zestawu obligatoryjnych badań podstawowych, prowadzonych w ramach monitoringu środowiska**. W ten sposób, stosunkowo tanim kosztem, pozyskamy ciekawe dane środowiskowe, a w dodatku (niejako przy okazji) otrzymamy być może potrzebne nam argumenty przeciwko temu, że nasz kraj jest jednym z głównych sprawców zanieczyszczenia wód bałtyckich, a także dużego arealu zatrutych u nas lasów i gleb. A przecież można również przyjąć, że znaczna część zagrożeń środowiska naturalnego w naszym kraju to wynik i skutki tzw. tranzytowych przerzutów zanieczyszczeń atmosferycznych.

Literatura

- Atlas stanu czystości jezior Polski (1979-1983), 1988, red. D. Cydzik, H. Soszka. Warszawa
 Delmas R. S., Aristarain A., Lengrand M., 1980, Acidity of Antarctic snow a natural reference level for acid rains. Ecological Impact of Acid Precipitation. Oslo
 Horvat L., 1990, Kislотноy dožd. Moskva
 Hryniewicz R., Przybylska G., 1989, Kislотноst atmosferychnych osadkov w severo-vostočnom rajone PNR. Leningrad, s. 32-44
 Izrael J. A., Nazarov I. M., Presman A. J., Rovinskij F. J., Rjabosapko A. G., Filipova L. M., 1989, Kislотноye doždii. Leningrad

- Korolev S. M., Bruchanov P. A., Rjabosapko A. G., Afanasev M. I., 1985, Fonovye urovni zagraznenija atmosfery w regione Baltijskovo moria. Helsinki, s. 77-93
- Linkajite E., Shopauskene D., 1981, O chimičeskom sostave atmosferynych osadkov i aer-zolej v Južnoj Pribaltike. Fizika Atmosfery 7, s. 93-100
- Matsumoto M., 1988, Tajki osen Hakkaisi. J. Jap. Air Pollution 23 (1), s. 64-71
- Miller J. M., Yoshinaga A. M., 1981, The pH of Hawaiian precipitation. A Preliminary Report Geophys. Res. Lett. 8 (7), s. 779-782
- Oden S., 1976, The acidity problem – an outline of concept. Water, Air and Soil Pollut. 6 (42-4), s. 137-166
- Overrain L. H., Seip H. M., Tollan A., 1980, Acid precipitation effects on forest and fish. Final Report of the SNSF – project. Oslo
- Pęcherzewski K., 1991, Substancje wnoszone z atmosfery do wód południowego Bałtyku. Szczecin
- Pęcherzewski K., 1994, Oszacowanie dopływu substancji stałych z atmosfery do wód wewnętrznej Zatoki Puckiej. W: Zatoka Pucka – możliwości rewaloryzacji. Warszawa, s. 9-22
- Rjabosapko A. G., Lepeskin V. I., Medinec V. I., 1986, Monitoring zagraznenija nad Severnoj Atlantikoj. Leningrad
- Siwek U., 1991, Stan zanieczyszczeń atmosfery w Polsce w 1989 r. Warszawa
- Tilling S., Nisbet A., Chell K., 1992, Acid Rain a practical GCSE – coursework guide. Warszawa
- Ugolnikova G. A., 1974, Nekotorye voprosy chimii atmosfery. Leningrad
- WMO materials. Gaw and precipitation chemistry measurement activities, 1989, Fact Sheet 5