

Krzysztof Kaczmarek
Jerzy Zwoździak
Anna Zwoździak

Ocena jakości opadów i osadów atmosferycznych w wyższych partiach Karkonoszy

Systematyczne prowadzenie badań składu chemicznego opadów i osadów atmosferycznych umożliwia ocenę stanu środowiska na badanym obszarze, a także może być wykorzystane praktycznie:

- jako miernik stanu czystości atmosfery do wysokości tworzących się chmur, a nawet powyżej,
- do szacowania ładunku zanieczyszczeń wprowadzanych wraz z opadami atmosferycznymi do gleby,
- jako podstawa do opracowania metod działania zmierzających do zabezpieczenia bądź rekultywowania powierzchni ziemi poddawanej szkodliwemu oddziaływaniu zanieczyszczonych opadów.

Jednakże podstawowym celem prowadzenia takich badań jest poznanie procesów migracji i przemian zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska, a zwłaszcza do powietrza atmosferycznego, i związanego z tym problemem występowania kwaśnych deszczów.

Historia badań zanieczyszczeń wód opadowych sięga połowy XIX w. Początkowo określano w nich tylko zawartość azotu amonowego i azotanowego. Było to związane z potrzebami rolnictwa, tj. w celu określenia ilości składników nawozowych dostających się wraz z opadami do gleb. Obecnie głównymi substancjami oznaczanymi w opadach są azot amonowy, azot azotanowy, związki siarki, chlorki, wapń, sód, magnez. Oznacza się również pH opadów oraz ich przewodnictwo [1-3]. Ponadto w zależności od położenia badanego obszaru w opadach atmosferycznych określone są substancje emitowane do atmosfery przez źródła położone wokół tego obszaru [4, 5].

Wieloletnie badania opadów pozwoliły na ustalenie, że stężenie azotu amonowego waha się w nich w granicach od 0,05 do 3,38 g N/m³, azotu azotanowego od 0,03 do 2,94 g N/m³, a zawartość siarczanów w opadach kształtowała się na poziomie 0,4÷16 g SO₄²⁻/m³ [6].

O ile w przypadku oceny stanu powietrza atmosferycznego, na drodze pomiarów stężeń zanieczyszczeń gazowych i pyłowych, są do dyspozycji odpowiednie kryteria (określone normatywnie dopuszczalne wartości stężeń zanieczyszczeń), o tyle kryteria takie nie zostały określone dla stężeń zanieczyszczeń w wodach opadowych. Komplikuje to problem interpretacji uzyskanych wyników pomiarów i analiz, gdyż oceny badanego obszaru nie można dokonać w sposób jednoznaczny. Wynika to przede wszystkim z faktu, że transport, przemiany oraz wymywanie zanieczyszczeń z atmosfery są procesami niezwykle złożonymi. Ich mechanizm nie jest do końca poznany. Zjawiska te zachodzą na znacznych obszarach środowiska i istotny wpływ na ich przebieg wywiera duża ilość opisujących je parametrów, których badanie i pomiary wymagają długiego czasu oraz kosztownej aparatury. Dlatego też uzasadnione jest prowadzenie ciągłych pomiarów stężeń zanieczyszczeń w opadach atmosferycznych, gdyż pozwala to na systematyczne uzupełnianie bazy danych oraz na obserwacje tendencji zmian występujących w środowisku na badanym obszarze.

Metodyka badań

W próbkach deszczu i śniegu oraz szadzi i mgły porbranych w okresie od stycznia 1988 r. do grudnia 1991 r. w punkcie pomiarowym usytuowanym ok. 10 m poniżej Szrenicy (Karkonosze, 1362 m n.p.m.)

oznaczano stężenia siarczanów, azotanów, azotu amonowego, jonów Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- oraz pH zgodnie z metodyką podaną w pracy [7].

Wielkość opadu atmosferycznego rejestrowano w deszczomierzu standardowym Hellmana (200 cm^2), natomiast ilość szadzi oznaczano na siatce Grunova.

Podstawowe dane meteorologiczne, takie jak: temperatura, wilgotność, prędkość i kierunek wiatru rejestrowano na bieżąco, równoległe ze zbieranymi próbami. Natomiast pozostałe dane określające rodzaj mas powietrza, sytuację synoptyczną w Europie Środkowej, przemieszczanie się frontów i kierunek adwekcji mas powietrza ustalano na podstawie Codziennych Biuletynów Meteorologicznych opracowywanych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie. Do rejestracji parametrów meteorologicznych wykorzystano standardowe, dostępne w kraju mierniki.

Wyniki badań

Ponieważ interpretacja danych pomiarowych napotyka na pewne trudności, wynikające z braku obiektywnych kryteriów, zaproponowano zatem wykorzystanie (dla celów porównawczych) kryteriów odnoszących się do oceny klasy czystości wód śródlądowych, a także porównanie uzyskanych danych analitycznych z wartościami dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do kanalizacji. W tabeli 1 przedstawiono porównanie wartości stężeń zanieczyszczeń w badanych opadach na Szrenicy z wielkościami tych zanieczyszczeń w opadach dla obszaru całego kraju.

Tabela 1. Zestawienie średnich stężeń podstawowych zanieczyszczeń w opadach/osadach atmosferycznych zebranych na Szrenicy ze średnimi stężeniami w wodach opadowych wyznaczonymi dla obszaru Polski [6]

Wskaźnik zanieczyszczenia	Szrenica			Teren rolniczy	Miasto uprzemysłowione	
	deszcz	śnieg	szadź		średnio	silnie
pH	4,4	4,6	4,0	4,8	5,9	6,6
Chlorki, gCl^-/m^3	2,9	3,6	5,3	1,0	1,0	1,0
Siarczany, $\text{gSO}_4^{2-}/\text{m}^3$	25,4	4,3	9,1	39,0	27,0	186,0
Azotany, gN/m^3	1,3	0,6	2,1	0,12	1,34	4,32
Amoniak, gN/m^3	4,6	7,8	5,2	1,60	1,29	0,46

Dokonane analizy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- z uwagi na zawartość siarczanów, analizowane opady można zakwalifikować do I klasy

czystości wód, a poziom stężeń ich domieszek odpowiada poziomowi stężeń w opadach rejestrowanych na obszarach miast uprzemysłowionych,

- z uwagi na zawartość azotanów, analizowane opady zakwalifikować można do II klasy czystości wód. Rejestrowane były również pojedyncze wyniki, które mieściły się także w III klasie czystości. Poziom stężeń domieszek odpowiadał poziomowi charakterystycznemu dla miast silnie uprzemysłowionych,
- z uwagi na zawartość azotu amonowego, analizowane opady zakwalifikować można do III klasy czystości wód. Stężenia znacznie przewyższały poziom stężeń zarejestrowany dla obszarów miast uprzemysłowionych,
- z uwagi na zawartość chlorków, analizowane opady zakwalifikować można do I klasy czystości wód, jednakże ich stężenia w opadach pobranych na obszarach górskich znacznie przekraczały stężenia rejestrowane na pozostałych obszarach kraju,
- odczyn opadów kwalifikuje je do wód pozaklasowych, jest także niższy od pH rejestrowanego na pozostałych obszarach kraju.

W przypadku interpretacji wartości pH opadów wymagana jest pewna ostrożność, gdyż wiadomo, że naturalna kwasowość deszczu mieści się w granicach pH od 5,0 do 6,0. Opady o pH niższym uważane są za kwaśne, jednak o niebezpiecznej kwasowości opadów można mówić, gdy ich pH spada poniżej 3,6 [1].

Zaprezentowane dane oraz ich analiza stanowią kolejny dowód, iż zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego transportowane na dalekie odległości podlegają przemianom, a następnie wmywane są z atmosfery przez opady i deponowane na obszarach znacznie oddalonych od źródeł emisji.

Zagadnienie określenia i identyfikacji źródeł emisji oddziałujących na badany obszar zostało już w sposób zadowalający rozwiązane [8]. Wszystkie dane potwierdzają w sposób przekonujący, iż najistotniejszymi źródłami emisji, mającymi zasadniczy wpływ na skład chemiczny opadów atmosferycznych na badanym obszarze, są duże centra energetyczne zlokalizowane w odległości ok. 100÷200 km na zachód od badawczej stacji pomiarowej. Wniosek ten potwierdziły nie tylko wieloletnie badania składu jakościowego opadów atmosferycznych i zanieczyszczeń powietrza, ale przede wszystkim badania korelacji pomiędzy składem jakościowym opadów a kierunkiem napływu mas powietrza. Obecne wyniki badań w pełni potwierdzają wieloletnią tendencję do pogarszania się składu chemicznego opadów atmo-

sferycznych występujących w tym rejonie Karkonoszy. Najwyższe stężenia zanieczyszczeń w opadach rejestrowane są najczęściej podczas napływu mas powietrza z regionu południowo-wschodnich Niemiec i zachodniej Czecho-Słowacji.

Określono również współzależności między stężeniami związków chemicznych oznaczanych w opadach i osadach atmosferycznych. Analizę tę przeprowadzono w oparciu o wyznaczenie macierzy współczynników korelacji pomiędzy stężeniami poszczególnych jonów. Analiza otrzymanych macierzy pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- dominującymi związkami chemicznymi w śniegu są siarczany magnezu i amonu. Wysokie współczynniki dla wapnia, sodu i potasu wskazywałyby na ich występowanie w znaczących ilościach, lecz w postaci innych soli np. chlorków,
- w szadzi z kolei zauważa się istotną korelację pomiędzy stężeniami anionów Cl^- i NO_3^- a kationami Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ i K^+ . Wynika stąd, że dominującymi związkami są chlorki i azotany. Jon siarczanowy, nieskorelowany z pozostałymi jonami, pochodzi najprawdopodobniej z dysocjacji kwasu siarkowego.

Z uwagi na występowanie zasadniczych różnic pomiędzy składem chemicznym zanieczyszczeń w śniegu i szadzi, wydaje się celowa kontynuacja prac nad tym zagadnieniem.

Wnioski

Przeprowadzone analizy chemiczne opadów i osadów atmosferycznych zebranych w punkcie pomiarowym usytuowanym na Szrenicy wykazały, że:

1. Według klasyfikacji przeprowadzonej dla wód śródlądowych, opady można zakwalifikować do wód

pozaklasowych ze względu na pH, do II klasy czystości ze względu na stężenia azotanów i do III klasy czystości z uwagi na stężenia jonu amonowego.

2. W porównaniu do przeciętnych stężeń zanieczyszczeń w wodach opadowych w Polsce, stężenia siarczanów, azotanów, jonu amonowego i chlorków w deszczu, śniegu czy szadzi na Szrenicy znacznie przekraczały stężenia rejestrowane na terenach rolniczych kraju. Jednakże dane te należy skorelować z pozostałymi parametrami opisującymi przebieg zjawiska wymywania, takimi jak: wielkość i rodzaj opadów, częstość ich występowania, charakterystyka powierzchni i in., aby móc w pełni ocenić wpływ zanieczyszczonych opadów na środowisko górskie.

LITERATURA

1. D. DRABLOS, A. TOLLAN: Ecological impact of acid precipitation. Proc. Int. Conf. Acid Precipitation, SNSF Project, Oslo 1980.
2. S. MUELLER, F. WEATHERFORD: Water, Air and Soil Pollut., 38, 1988, p. 273—282.
3. Y. ZENG, P. HOPKE: Atmos. Environ., 23, 1989, p. 1499—1509.
4. E. ROEKENS i inni: Water, Air and Soil Pollut., 38, 1988, p. 273—282.
5. S. LANDSBERGER i inni: Atmos. Environ., 23, 1989, p. 395—401.
6. Praca zbiorowa: Metodyka kontroli czystości powietrza atmosferycznego. Mat. VIII konf. „Ochrona Czystości Środowiska”, PZITS, Warszawa 1976.
7. W. HERMANOWICZ i inni: Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Arkady, Warszawa 1976.
8. J. ZWOŹDZIAK i inni: Określenie rodzaju i stopnia skażenia chemicznego poszczególnych komponentów środowiska. Raporty Inst. Inż. Ochr. Środow. PWr., nr SPR-63, Wrocław 1990.

ASSESSING THE QUALITY OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION AND DEPOSITION IN THE HIGHER PARTS OF THE SUDETEN RANGE

Rain, snow precipitation and rime ice samples were collected event by event over a period of several months, from

January, 1988 to May, 1991 at the summit of Szrenica (1362 m asl), Sudeten, Poland. The concentrations of major inorganic components and pH were determined. Different kinds of correlation calculations were performed, and the relation between SO_4^{2-} and other constituents was investigated.