

## Monitoring geochemiczny — propozycja dla stacji bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP)

Ewa Pilichowska-Kazimierska\*

**Geochemical monitoring — the offer for the base stations of the Integrated Environmental Monitoring (IEM).** Prz. Geol., 50: 996–999.

*Summary.* The geochemistry which is the science investigating the circulation of the chemical elements in nature, can be useful in the assessment of the civilisation impact on the chemical equilibrium of the natural environment. The suggestion to introduce the geochemical monitoring as one of the IEM elements is nothing more than to propose a method of the interpretation of the data collected from the already on going research projects. The only extension would be the inclusion of the geochemical monitoring of river bed sediments at the most downstream point within the test catchment.

**Key words:** monitoring, geochemistry, environmental protection

W klasycznym rozumieniu, geochemia zajmuje się występowaniem pierwiastków na Ziemi, w szerokim i wąskim tego słowa znaczeniu. Z biegiem czasu i rozwoju nauk wyłoniły się z geochemii nauki jej pochodne, m.in. takie jak:

□ kosmochemia, której wiedza charakteryzuje wprawdzie występowanie pierwiastków we wszechświecie, co pozostaje jednak w związku z zagadnieniami geochemicznymi naszej planety i poszczególnych jej stref (Polański & Smulikowski, 1969),

□ hydrogeochemia, nauka zajmująca się chemizmem wód podziemnych i jego genezą (Macioszczyk, 1987), czy

□ biogeochemia — nauka zajmująca się obiegiem w przyrodzie pierwiastków chemicznych, wyselekcjonowanych pod wpływem procesów biologicznych, odbywających się współcześnie lub zaistniałych w geologicznej historii Ziemi (Kabata-Pendias & Pendias, 1999).

Naturalny obieg pierwiastków w przyrodzie modyfikowany przez współczesną cywilizację, którego badaniem zajmuje się **geochemia środowiska**, podlega różnego rodzaju zniekształceniom pod wpływem gospodarczej i technicznej działalności człowieka, co w konsekwencji oddziałuje na chemiczną równowagę środowiska przyrodniczego, czasem zagrażając poszczególnym ekosystemom lokalnie, a nawet prowadząc do zagrożeń globalnych. Szansą przeciwdziałania powyższym problemom są badania środowiska przyrodniczego „czuwające” nad jego wydolnością i odpornością na przeciwności wynikające z działalności człowieka. Ustalone, a pozostające w zgodzie z prawami przyrody, zasady i metody śledzenia występowania i zachowania się pierwiastków chemicznych w środowisku przyrodniczym, a szczególnie w poszczególnych jego elementach, stanowią słuszną drogę badań objętych terminem „monitoring geochemiczny”, w którym rola wiedzy geochemicznej powinna stanowić merytorycznie rolę wiodącą.

### Monitoring geochemiczny

Monitoring geochemiczny stanowi współcześnie rozumiane, jedno z głównych zadań geochemii. Uzasadnienie słuszności powyższego sformułowania zacznijmy od scharakteryzowania terminu. Otóż geochemia zajmuje się również naturalną historią pierwiastków chemicznych. Wymaga ona określenia zawartości danego pierwiastka

oraz sposobu jego występowania w danym komponencie środowiska przyrodniczego. Monitoring zaleca śledzenie ilościowe i jakościowe w czasie, a to w celu „czuwania”, aby nie zerwane zostały „ścięga” wydolności środowiska czy ekosystemu. Monitoring geochemiczny zaś, ma być analizą (przemysleniem) otrzymanych wyników w sensie zawartości danego pierwiastka, formy w jakiej występuje on w tym środowisku, ale także przeanalizowaniem tych dwóch cech charakteryzujących ów pierwiastek w kontekście (na tle) występowania innych pierwiastków w analizowanym środowisku, które to pierwiastki mogą wspomagać — uaktywniać lub być antagonistycznymi wobec pierwiastka, głównego bohatera.

Rola wiedzy geochemicznej w monitoringu środowiska jest nie do pominięcia, bowiem dzięki niej jest możliwe śledzenie, przewidywanie losów pierwiastków. Warto też przypomnieć termin wprowadzony przez Perelmana w 1971 r. „geochemia krajobrazu”, który jakoby wieńczy prace wszystkich podsystemów monitoringu i który geochemia obejmuje swoim szerokim, a jednak analitycznym spojrzeniem. Żywą substancję, pokrywającą zwartą powłoką powierzchnię kuli ziemskiej uważa Perelman za długo i nieprzerwanie działający mechanizm przekształcania energii promieni słonecznych w potencjalną, a następnie w kinetyczną energię procesów geochemicznych. W ślad za tym pojawia się termin „chemia środowiska” jako nauka zajmująca się rolą pierwiastków chemicznych w procesach syntezy i rozkładu naturalnej materii wszelkiego rodzaju, włączając w to specyficzne zmiany wywoływane działalnością człowieka (O’Neill, 1998).

### Propozycja dla stacji bazowych

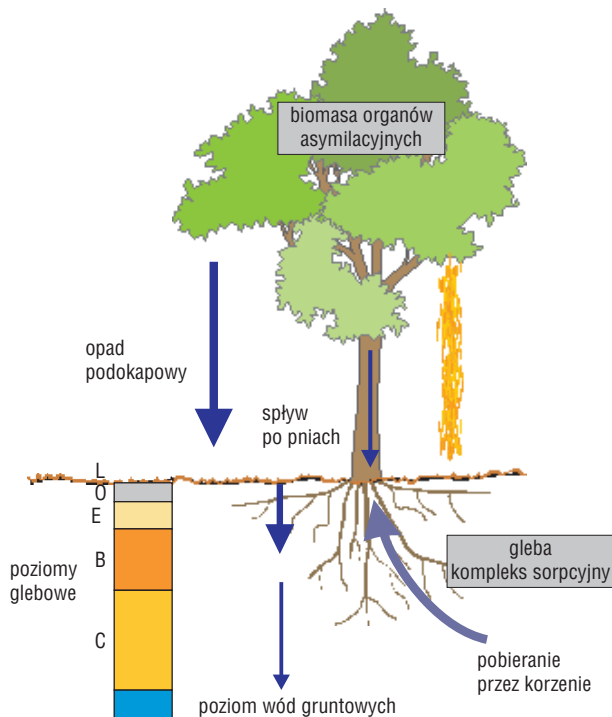
Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego funkcjonuje w ramach Państwowego Monitoringu — w bloku Monitoringu Jakości Środowiska i programowo nawiązuje do europejskiego *Integrated Monitoring (International Co-operative Programme on Integrated Monitoring on Air Pollution Effects)*. Jego zadaniem, w odróżnieniu od innych monitoringów specjalistycznych badających jeden z wybranych komponentów geosystemów, jest prowadzenie obserwacji możliwie jak największej liczby jego elementów oraz wykrywanie zależności pomiędzy nimi.

Podstawą realizacji programu ZMŚP jest dobrze zorganizowany system pomiarowy w obrębie małego fragmentu zlewni rzeki lub jeziora, spełniających wyraźnie określone kryteria i reprezentatywnych dla głównych stref krajobrazowych Polski. Monitorowane są wybrane elementy śro-

\*Katedra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

dowiska (części abiotycznej i biotycznej) na podstawie skoncentrowanych badań stacjonarnych — realizowanych przez stacje bazowe ZMŚP. W konsekwencji ich efektem jest śledzenie jakościowe i ilościowe elementarnych obie-gów energii i materii (a więc i pierwiastków) w środowisku naturalnym jak i modyfikowanym przez funkcjonowanie gospodarki. Niżej na ryc. 1 i 2 przedstawiono uproszczone modele obiegu materii ekosystemu leśnego oraz w postaci schematu w zlewniach ekosystemów leśnego i rolniczego.

Mnogość i wielorakość prac i wniosków, a szczególnie ogólna koncepcja realizacji ZMŚP, nasunęła myśl zaproponowania dla stacji bazowych pewnego sposobu widzenia i interpretacji wyników obserwacji. Tak naprawdę monitoring geochemiczny jest realizowany przynajmniej fragmentarycznie już wiele lat, choć istotnie przez długi czas badania te dotyczyły raczej poszczególnych wydarzeń badawczych określonych terminem „charakterystyka geochemiczna” czy „zdjęcie geochemiczne” (Lis & Pasieczna, 1995). Wykonywane w zlewniach testowych stacji bazowych zintegrowanego monitoringu środowiska przyrodniczego (ZMŚP) oznaczenia zawartości określonych (wybranych) pierwiastków w ramach realizowanych programów badawczych, tj. np. w powietrzu, glebach czy wodach, stanowią bardzo istotny wkład w analizę geochemiczną. Jednakże, aby sprostać zadaniu wytyczonemu przez Kostrzewskiego (1996), śledzenia obiegu energii i materii w obrębie zlewni testowej, co miałyby stanowić materiał bazowy do wnioskowania o kondycji (stanie) śro-

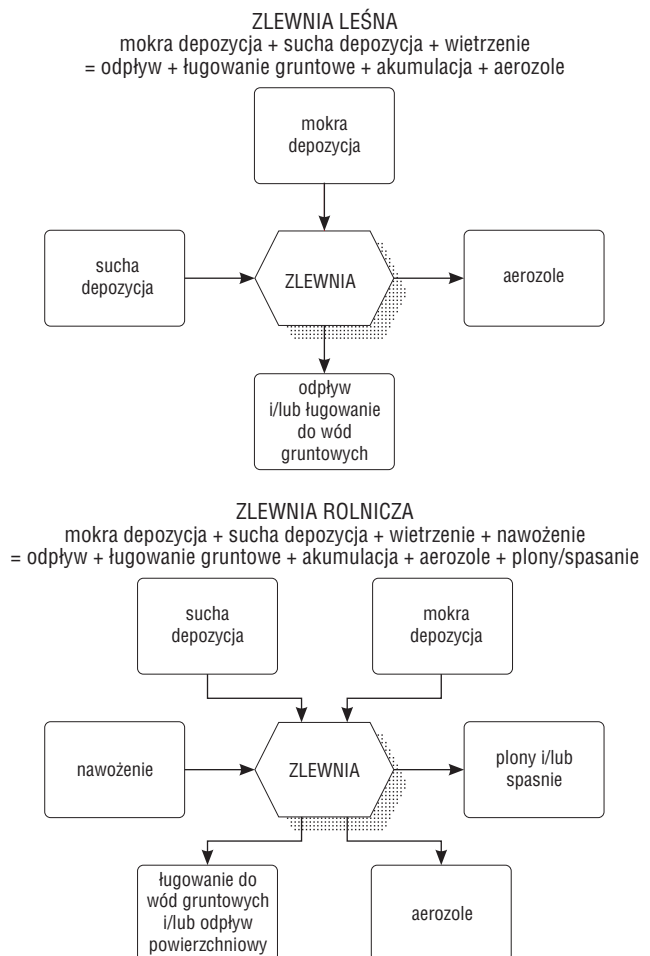


**Ryc. 1.** Uproszczony model obiegu materii i energii w profilu pionowym ekosystemu leśnego; opad podokapowy + spływ po pniach + opad ściółki leśnej = odpływ podziemny + przyrost biomasy (pobieranie przez korzenie i akumulacja) ilustrujący obieg pierwiastków (Manual, 1993 [W:] Kostrzewski — red., 1996 — źródło: <http://main.amu.edu.pl/~zmsp/org/3.htm>)

**Fig. 1.** A simplified model of matter and energy circulation in a vertical profile of forest ecosystem; under-canopy precipitation + runoff along tree trunks + forest litter fall = underground flow-off + biomass increase (uptake by roots and accumulation) illustrating elements circulation (Manual, 1993 [In:] Kostrzewski — editor, 1996 — source: <http://main.amu.edu.pl/~zmsp/org/3.htm>)

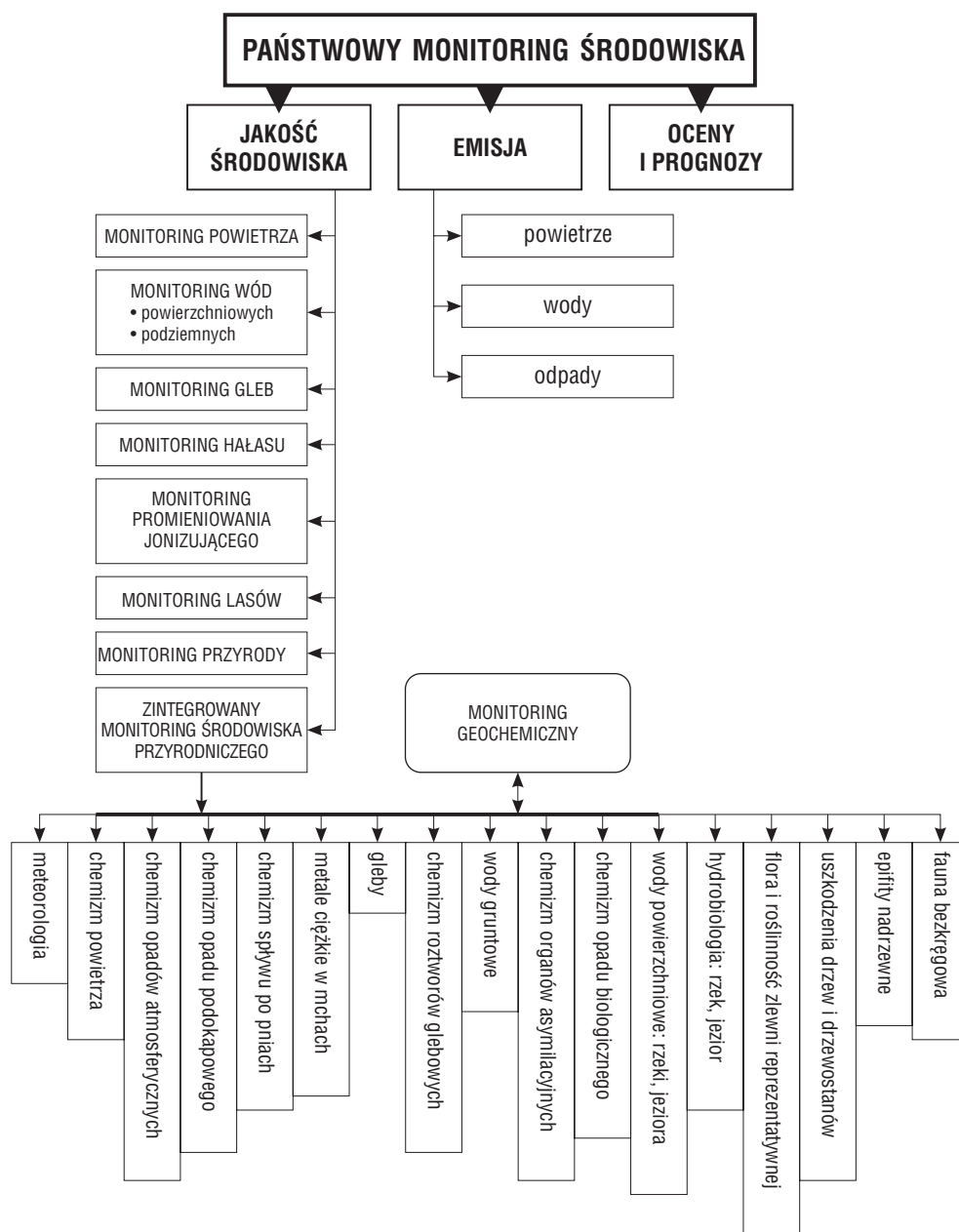
dowiska, dla którego owa zlewnia bazowa jest jego wier-nym, reprezentatywnym obiektem, jest konieczna wspólna interpretacja wyników badań poszczególnych komponentów środowiska. Zgodnie z zasadami geochemii, choć klasycznej, efektem takich studiów stanie się logiczny ciąg wydarzeń, procesów, którym ulegały badane pierwiastki wkomponowane w środowisko, bądź pochodzące z technosfery — obce, nowo zaistniałe w przyrodzie i stojące przed problemem wbudowania się w nie.

Dotychczasowa struktura organizacyjna Państwowego Monitoringu Środowiska (1992) nie dostrzega geochemii na odpowiednim dla jej roli w badaniach nad środowiskiem przyrodniczym miejscu (ryc. 3). Analizując cel ZMŚP sformułowany jako, rejestrację i analizę krótko i długoterminowych zmian zachodzących w geosystemie pod wpływem przemian klimatu, zanieczyszczeń i innych przejawów ingerencji człowieka (Program PMŚ, 1992) wydaje się, że wiedza geochemiczna i jej integrujący charakter są temu celowi bardzo pomocne i sprzyjające. W świetle powyższego stwierdzenia przykładowo, pomiary składu powietrza, realizowane w ramach podsystemu monitoringu powietrza atmosferycznego, powinny być rozumiane także jako pomiary w ogniwie obiegu kołowego (nawet jeśli naruszonego cywilizacją) poszczególnych, analizowanych pierwiastków (ryc. 4).



**Ryc. 2.** Uproszczony model bilansu geochemicznego zlewni leśnej i rolniczej (Manual, 1993 [W:] Kostrzewski — red., 1996 — źródło <http://main.amu.edu.pl/~zmsp/org/3.htm>)

**Fig. 2.** A simplified model of a geochemical balance of forest and agricultural basins (Manual, 1993 [In:] Kostrzewski — editor, 1996 — source: <http://main.amu.edu.pl/~zmsp/org/3.htm>)



**Ryc. 3.** Programy pomiarowe ZMŚP na tle struktury organizacyjnej Państwowego Monitoringu Środowiska, wraz z propozycją włączenia programu „monitoringu geochemicznego”

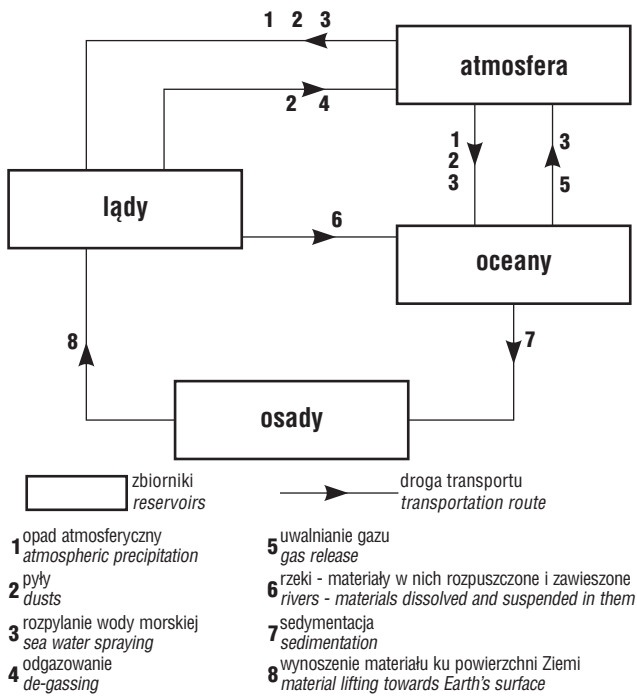
**Fig. 3.** Measurement programmes of ZMŚP (Natural Environmental Monitoring Plant) against the background of the State Environment Monitoring organisational structure including a proposal for the incorporation of a „geochemical monitoring” programme

W sytuacjach szczególnych warto rozważyć możliwość analizowania losów określonego pierwiastka w tzw. małym obiegu, tj. takim, w którym szczegółowiej analizuje się migrację danego pierwiastka w danym ekosystemie. Wnioskowanie o zmianach w funkcjonowaniu ekosystemów, w oparciu o wzmożone zawartości danego pierwiastka słuszną jest dopiero po wykazaniu różnych stężeń w odniesieniu do klasycznej, tłowej zawartości w poszczególnych ogniwach obiegu i na podstawie analizy charakterystyki środowiska ekosystemów. Otóż same bezwzględne wartości stężeń w rzeczywistości są złudne, mogą doprowadzić do błędnych wniosków, a i wykazanie tylko różnic między poszczególnymi wartościami na niewiele się zda. Otóż przejawy ingerencji człowieka, mierzone bezwzględnymi wartościami stężeń pierwiastków obciążających dany ekosystem, będą przy tej samej „dawce” dla tego środowiska różne. Wynika to z bardzo wielu czynników, spośród których za bardzo istotne według geochemików są uznawane procesy sorpcji przez minerały ilaste całej gąmy pierwiastków, czy też intensywność biologicznego pochłaniania, który to fakt jest wykorzystywany przy bioindykacji.

Dla zwiększenia wiarygodności i rzetelności wiedzy o danym środowisku, warto też chyba na kanwie owych małych obiegów, podjąć próbę bilansu przynajmniej półilościowego. Wydaje się, że dotychczasowe wyniki prac wykonywanych w ramach ZMŚP, dostarczyły wystarczającego materiału dla przeprowadzenia takiego bilansu. Uzyskane w ramach prac nad obiegiem i bilansem wyniki mogłyby stanowić mocne merytoryczne argumenty i dowody w przewidywaniach nad obciążaniem, czy aż uzależnianiem środowiska od poczynań człowieka.

### Podsumowanie

Elementy monitoringu geochemicznego realizowane są w zlewniach testowych stacji bazowych ZMŚP, rozproszone w kilku, a nawet kilkunastu programach badawczych, np.: chemizm powietrza, gleby, a w zasadzie roztworów glebowych, chemizm listowia i ściółki, chemizm wód powierzchniowych i gruntowych, wód opadowych z opadem podkoronowym i spływem po pniach itp. Interpretacja wyników badań geochemicznych prowadzonych w tym zakresie odbywa się odrębnie dla każdego z



**Ryc. 4.** Schemat ogólny cyklu geochemicznego (wg O'Neill, 1998)

**Fig. 4.** A general layout of a geochemical cycle (after O'Neill, 1998)

programów. Dlatego należy podjąć dyskusję nad metodą wspólnej interpretacji wyników badań chemizmu poszczególnych komponentów środowiska, ewentualnie ich grup, co powinno ułatwić i wzbogacić założone w definicji monitoringu stacji bazowych — śledzenie obiegu energii i

materii w obrębie zlewni testowej i na tej podstawie oceny również stanu środowiska. Monitoring geochemiczny w systemie ZMŚP byłby realizowany, więc nie przez wprowadzenie odrębnego systemu pomiarowego, lecz przez odpowiednie interpretowanie danych uzyskiwanych w wyniku realizacji innych programów badawczych stacji bazowej. Interpretacja polegałaby w dużej mierze na syntezie wyników badań poszczególnych komponentów środowiska. Można rozważyć wprowadzenie jeszcze jednego elementu — badanie chemizmu osadów dennych rzek. Wyniki badań chemizmu osadów dennych, jako że głównym nośnikiem materii w zlewni jest woda, mają podstawowe znaczenie dla oceny poprawności syntezy interpretacji wyników monitoringu geochemicznego w stacji bazowej ZMŚP.

## Literatura

- KABATA-PENDIAS A. & PENDIAS H. 1999 — Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa.
- KOSTRZEWSKI A. (red), 1995 — Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego. Zasady organizacji, system pomiarowy, wybrane metody badań. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Wyd. PIOŚ. Warszawa.
- LIS J. & PASIECZNA A. 1995 — Atlas geochemiczny Polski. Wyd. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrogeochemia. Wyd. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Manual, 1993 — Manual for Integrated Monitoring. Programme Phase 1993–96. Environment Data Centre, National Board of waters and the Environment. Helsinki.
- O'NEILL P. 1998 — Chemia środowiska. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa–Wrocław.
- PERELMAN A. I. 1971 — Geochemia Krajobrazu. Państw. Wyd. Nauk. Wrocław.
- POLAŃSKI A. & SMULIKOWSKI K. 1969 — Geochemia. Wyd. Geol.
- Program Państwowego Monitoringu Środowiska, 1992. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.