

Geochemia środowiska — propozycja nowej tematyki na Mapie geologiczno-gospodarczej Polski 1 : 50 000

Małgorzata Sikorska-Maykowska*, Ryszard Strzelecki*

Environmental geochemistry — A new proposal to the Land-use Map of Poland, 1 : 50,000.

Prz. Geol., 49: 698–701.

S u m m a r y. This paper deals with a new data layer (anthropogenic stresses to the environment) that should be introduced to the Land-use Map of Poland, scale 1 : 50,000. This new matter generally entitled "Hazard to the Earth's surface" will describe different anthropogenic factors. The layer mentioned will encompass subsequent new data sublayers along with its subtitles. The first one proposed is environmental geochemistry based on transformed PGI geochemical database for soils and water sediments. The planned informational layer will contain the following data: concentrations of heavy metals, i.e. As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn in soils, and As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn in water sediments, concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons, radon risk, degree of exploitation hazard to aquifers. Introduction of new essential contents to the Land-use Map of Poland will meet both users' expectations and presently amended nature (particularly geosphere) conservation legislation in Poland.

Key words: environmental protection, geochemistry, soils, cartography, maps

Mapa geologiczno-gospodarcza Polski, w skali 1 : 50 000 (MGGP) jest wykonywana pod kierunkiem Państwowego Instytutu Geologicznego od 1997 r., jako seryjna mapa cyfrowa. Obecnie pokrywa już niemal połowę powierzchni kraju. Składa się na nią pięć podstawowych warstw informacyjnych: kopaliny, górnictwo, wody, podłoże budowlane, ochrona przyrody i dziedzictwa kulturowego (*Instrukcja...* 1998). Zatem można powiedzieć, że przedstawiane są na niej elementy zasobów biotycznych i abiotycznych oraz wybrane czynniki antropopresji środowiska. Wykonanie mapy w technologii GIS pozwala na szerokie wykorzystanie jej do różnego typu analiz przestrzennych i opracowań syntetyzujących przedstawianą tematykę. W Zakładzie Geologii Środowiskowej Państwowego Instytutu Geologicznego, gdzie MGGP jest realizowana, trwają prace nad dalszym rozwojem tematycznym mapy, który uwzględniałby dotychczasowe doświadczenia zespołu wykonawców oraz oczekiwania i sugestie licznych już jej użytkowników. Nie bez znaczenia jest także konieczność dostosowania treści *Mapy...* do nowych polskich ustaw w ochronie środowiska, wśród których najważniejsze są: *Prawo ochrony środowiska* i *Ustawa o odpadach*, które zaczną obowiązywać od 2002 r.

W bieżącym roku kończy się trzyletnia, trójstronna umowa (pomiędzy: PIG, MŚ i NFOŚiGW) realizacji II etapu MGGP. Ze wstępnych ustaleń w Ministerstwie Środowiska wynika, iż od 2002 r. przystąpimy do aktualizacji arkuszy MGGP wykonanych w latach 1997–1998. Dobrze więc by było, żeby wszelkie zmiany, korekty czy uzupełnienia mapy zostały wcześniej ustalone i zaakceptowane, tak by móc je uwzględnić jednocześnie w nowo realizowanych i aktualizowanych arkuszach.

Z technicznego punktu widzenia nie ma żadnych trudności w dołączeniu do mapy nowych informacji, które wzbogaciły by jej treść, poszerzając jednocześnie krąg odbiorców. Problemy jakie powstają do rozstrzygnięcia dotyczą przede wszystkim wyboru rodzaju i zakresu dodatkowych danych tak, aby nie powielać informacji zawartych w innych seryjnych mapach (przede wszystkim w opracowywanej przez PIG *Mapie hydrogeologicznej Polski*

1 : 50 000 oraz wydawanej przez Głównego Geodetę Kraju *Mapie socjologicznej 1 : 50 000*). Ważną sprawą jest też realizacja tego przedsięwzięcia bez zakłócania toku dotychczasowych prac nad MGGP oraz realność zapewnienia niezbędnych nakładów finansowych. Zagadnienia te zostały już wstępnie rozwiązane w PIG i przedstawione w Ministerstwie Środowiska w specjalnym opracowaniu (Sikorska-Maykowska i in., 2000).

Proponuje się opracowanie nowego zbioru informacji pod ogólnym hasłem „Zagrożenia powierzchni ziemi” obejmującego m.in. zagadnienia chemizmu powierzchni ziemi, problematyki lokowania odpadów w środowisku geologicznym (powierzchniowym i głębszym), lokalizacji inwestycji (przedsięwzięć) mogących znacząco oddziaływać na środowisko. Głównym celem poszerzenia MGGP o proponowane nowe warstwy informacyjne, obok zwiększenia jej wartości poznawczych, jest przekazanie użytkownikom olbrzymich zasobów danych zgromadzonych w Państwowym Instytucie Geologicznym, które z uwagi na ich specjalistyczny charakter lub niekartograficzną formę prezentacji, są znane bardzo wąskiemu gronu specjalistów.

Jako pierwszą do opracowania proponuje się warstwę informacyjną pod nazwą: geochemia środowiska, która obejmie przetworzone zasoby danych PIG z zakresu geochemii powierzchni ziemi — gleb i osadów wodnych. Należy dodać, że informacje o zanieczyszczeniu gleb są aktualne przez wiele lat, gdyż naturalny proces przemieszczania i „samooczyszczania” pierwiastków w środowisku glebowym jest bardzo długi. Zapewnia to wieloletnią aktualność tych danych, w przeciwieństwie do chemizmu wód powierzchniowych, który zmieniać się może bardzo szybko.

Informacje o stanie chemizmu gleb i osadów wodnych są jednym z podstawowych elementów, które powinny być brane pod uwagę przy sporządzaniu diagnozy stanu środowiska przyrodniczego. Ocena antropopresji górnictwa, przemysłu, rolnictwa, a szerzej wpływu rozwoju cywilizacyjnego na środowisko jest konieczna dla podjęcia decyzji co do dalszych planów gospodarowania przestrzenią przyrodniczą dla województwa, powiatu czy miasta. Opracowujący strategię, programy rozwoju regionu i ochrony środowiska, a potem bardziej szczegółowe plany zagospodarowania, powinni wykorzystywać informacje o skali skażeń chemicznych gleb, zwłaszcza na dawnych obsza-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

rach górniczych i przemysłowych. Pozwoli to ustrzec się od podejmowania błędnych decyzji o kierunkach przyszłego zagospodarowania i określić jednoznacznie do jakich celów użytkowych nadaje się analizowany teren — czy pod budownictwo mieszkaniowe, tereny rekreacyjne, czy też wyłącznie do lokalizacji przemysłu? Pozwoli również określić, czy należy podejmować prace rekultywacyjne i w jakim zakresie? Pytania takie można mnożyć, a kluczem do podjęcia decyzji jest posiadanie wiarygodnych informacji o stanie zanieczyszczenia gleb.

Rozszerzenie treści mapy o nowe zasoby informacyjne jest zgodne z polityką ekologiczną państwa, zakładającą przekazywanie społeczeństwu informacji o stanie środowiska naturalnego, znajdujących się w posiadaniu administracji. Także nowokształtujące się władze samorządowe, sporządzając strategię rozwojową dla regionów i programy ochrony środowiska, które to w myśl nowego prawa ochrony środowiska będą wykonywane obligatoryjnie dla gmin, powiatów i województw, powinny uzyskać maksimum wiarygodnych informacji o swym regionie. Służąca temu celowi MGGP i inne specjalistyczne opracowania kartograficzne wykonywane na zamówienie ministra środowiska, powinny posiadać informacje przekazywać w formie przystępnej dla niespecjalistów. Ten cel, w odniesieniu do największej w Polsce bazy danych dotyczących geochemii środowiska znajdującej się w PIG, ma spełnić proponowane rozszerzenie treści *Mapy geologiczno-gospodarczej Polski 1: 50 000*. Przewiduje się, że mapa ta będzie mieć w swojej bazie wyniki pomiaru zawartości poszczególnych pierwiastków, bądź związków chemicznych w środowisku, natomiast w formie kartograficznej zostanie przedstawiona interpretacja tych wyników na podstawie istniejących polskich — lub w przypadku ich braku — zagranicznych norm i zaleceń. Dla obszarów rolniczych będą to informacje dotyczące dopuszczenia do stosowania odpowiednich upraw, w zależności od stopnia zanieczyszczenia gleb, zaś dla terenów zurbanizowanych, czy przeznaczonych do zagospodarowania zostaną podane różne możliwości użytkowania terenu, z uwagi na zawartość w glebie konkretnych pierwiastków i związków chemicznych.

Ze względu na duże zróżnicowanie stopnia rozpoznania tych zagadnień w skali kraju, należy się liczyć z tym, że dla dużej części arkuszy, zwłaszcza tych z obszarów słabo zurbanizowanych, będą to tylko informacje punktowe. Nie mniej jednak będzie to zawsze sygnał dla władz samorządowych mówiący o stopniu skażenia środowiska, a w przypadku stwierdzenia zagrożeń będzie impulsem do przeprowadzenia bardziej szczegółowych badań. Takie przynajmniej intencje przyświecają autorom przedstawianej poniżej koncepcji merytorycznych treści warstwy informacyjnej *Zagrożenia powierzchni ziemi — geochemia środowiska*.

Państwowy Instytut Geologiczny od wielu już lat, na zlecenie Ministerstwa Środowiska prowadzi na obszarze całej Polski badania geochemiczne powierzchniowego środowiska ziemi, których wyniki są prezentowane w formie opracowań kartograficznych. Większość z nich proponuje się wykorzystać przy wykonywaniu warstwy informacyjnej „geochemia środowiska”, a są to:

□ *Atlas geochemiczny Polski 1: 2 500 000*, do którego podstawowe zdjęcie geochemiczne gleb i osadów wodnych wykonano na obszarze całego kraju w siatce pomiarowej 5x5 km (skala badawcza 1: 500 000), a oznaczenia chemiczne objęły następujące pierwiastki: As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, S, Sc, Sr, Ti, V, Y, Zn.

□ Mapy radioekologiczne Polski 1: 750 000, prezentujące wyniki pomiarów koncentracji naturalnych radionuklidów: U, Th, K⁴⁰, całkowitej dawki promieniowania gamma i poczynobylskiego cezu (Cs¹³⁷), wykonanych dla obszaru całej Polski, metodami polowej gamma spektrometrii (w profilach rozmieszczonych w odległościach ok. 17 km i kroku pomiarowym 1000 m i 500 m).

□ Badania monitoringowe osadów wodnych w ok. 300 punktach pomiarowych rozmieszczonych na głównych rzekach i jeziorach Polski. Przedmiotem analiz chemicznych oprócz wymienionego wyżej zestawu metali są wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA).

□ Geochemiczne opracowania regionalne (atlasy geochemiczne) największych aglomeracji kraju wykonane w latach 1992–2001 w skalach od 1 : 50 000 do 1 : 200 000 (zawierające często, prócz wymienionych wyżej pierwiastków, oznaczenia rtęci) dla: Warszawy, Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, Krakowa, Wrocławia, Łodzi, Szczecina, Gdańska, Kielc, Wałbrzycha, Częstochowy oraz dawnego województwa legnickiego, także dla pogranicza polsko-litewskiego.

□ Mapy pierwiastków promieniotwórczych w skalach 1 : 50 000 — 1 : 200 000 w obszarze aglomeracji warszawskiej, górnośląskiej, dawnego województwa legnickiego i tzw. anomalii opolskiej.

□ Mapy ryzyka radonowego w skali 1 : 50 000 dla terenu Sudetów — dawne województwo wałbrzyskie i jeleniogórskie oraz dla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Jak z powyższego zestawienia wynika, w bazach danych PIG znajduje się niezwykle bogaty zestaw informacji geochemicznych, który obejmuje ponad 100 000 punktów dokumentacyjnych. Dlatego też, całe planowane przedsięwzięcie nie będzie wymagało dużych nakładów finansowych. Zakłada się, że całość prac opierać się będzie na bazach danych, będących w posiadaniu CAG Państwowego Instytutu Geologicznego. Nie przewiduje się więc żadnych prac terenowych i laboratoryjnych, które zwykle stanowią dominującą część kosztów tego typu opracowań.

W Polsce badania chemizmu gleb są wykonywane systematycznie przez Stacje Chemiczno-Rolnicze, ale dotyczą one tylko terenów uprawnych i ograniczonego zestawu analizowanych pierwiastków. W obszarach miejskich badania gleb są prowadzone wrywkowo, na zlecenie inwestorów lub lokalnej administracji, w różnych laboratoriach przemysłowych lub uczelnianych. Badania wykonuje się przy zastosowaniu różnej metodyki pobierania próbek, ich przygotowania i analityki. Także zakres oznaczanych pierwiastków jest bardzo zróżnicowany. Powoduje to, że wyniki prac są praktycznie nieporównywalne (bez wnikania w poprawność oznaczeń chemicznych).

Osobnym, wielkim problemem jest interpretacja danych. Zwykle na mapach lub w tabelach są podawane liczby odnoszące się do całkowitej zawartości pierwiastka i tu dla zdecydowanej większości odbiorców powstaje największy problem — oceny tej realnej koncentracji pierwiastka pod kątem jego środowiskowej szkodliwości. Co oznacza z ekologicznego punktu widzenia zawartość w próbce, np. Cd — 10 g/t, jest to zawartość normalna czy szkodliwa dla upraw roślinnych? Jak taki teren można wykorzystać w planowaniu przestrzennym?

Te pytania rodzące się u użytkowników takich danych, np. urbanistów, wskazują, że udostępnianie nie specjalistom przez laboratorium naukowe lub przemysłowe „surowych” wyników badań geochemicznych mija się z celem.

Dlatego są prowadzone prace nad stworzeniem kryteriów, pozwalających na prosty wybór formy użytkowania terenu w zależności od zawartości w glebie pierwiastków lub organicznych związków chemicznych.

Dla gleb użytkowanych rolniczo klasyfikacja ich zanieczyszczeń pod kątem zalecanego użytkowania rolniczego opracowana została przez Instytut Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa (Kabata-Pendias i in., 1995). Biorąc pod uwagę zawartość Pb, Zn, Cu, Ni, Cd oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych wyróżniono 6 stopni (od 0 do V) jakości gleb, na których mogą być stosowane odpowiednie uprawy. Przykładowo: stopień II — gleby słabo zanieczyszczone: wyklucza się tu uprawy ogrodnicze — sałata, szpinak, kalafior, a dozwolona jest uprawa roślin zbożowych, okopowych i pastewnych, przemysłowych i traw nasiennych.

OBJAŚNIENIA:

Stan geochemiczny środowiska



-  - punkt opróbowania gleb
- 82 - numeracja punktu opróbowania zgodna z numeracją w bazie danych

Możliwość użytkowania terenu z uwagi na zawartość pierwiastków: As, Ba, Cd, Cu, Pb, Zn
(wg zaleceń Ministerstwa Ochrony Środowiska Kanady, 1999 r.)

-  - a, b, c, d
-  - b, c, d
-  - c, d
-  - d
-  - e







- a - możliwość użytkowania terenu do celów rolniczych,
- b - możliwość zabudowy mieszkaniowej, użytkowej i rekreacyjnej,
- c - możliwość budowy kompleksów handlowo-usługowo-magazynowych,
- d - wykorzystanie do celów przemysłowych,
- e - tereny nadające się do zagospodarowania po szczególnych badaniach i ewentualnej rekultywacji

Potencjał radonowy

-  niski (< 10 kBq/m³)
-  średni (10 - 50 kBq/m³)

Stopień zagrożenia wód podziemnych

wg Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000

-  bardzo niski
-  niski
-  średni
-  wysoki
-  bardzo wysoki
-  brak użytkowego poziomu wodonośnego

Ryc. 1. Objasnienia do warstwy geochemia środowiska Mapy geologiczno-gospodarczej Polski 1 : 50 000, arkusz Bytom

Fig. 1. Eksplanacja do the environmental geochemistry layer *Geoenvironmental Map of Poland* 1 : 50 000, sheet Bytom

Trudniejsza jest sytuacja w przypadku stworzenia uniwersalnej klasyfikacji zanieczyszczeń gleb pod kątem możliwości użytkowania terenu. Wiele krajów wprowadza swoje zalecenia, ale brak jest jednolitych norm obowiązujących w krajach Unii Europejskiej. W Polsce są znane i stosowane tzw. lista holenderska i lista berlińska, ale z uwagi na czas, w którym powstały (początek lat dziewięćdziesiątych) są one przestarzałe.

Nowa ustawa *Prawo ochrony środowiska* w artykule 105 stanowi m.in.:

1. *Minister właściwy do spraw środowiska, w drodze rozporządzenia:*

- 1) określi standardy jakości gleby,
- 2) może określić standardy jakości ziemi.

2. *W rozporządzeniach, o których mowa w ust. 1, zostaną uwzględnione:*

1) *grupy rodzajów gruntów — według kryterium ich funkcji aktualnej lub planowanej,*

2) *standardy jakości gleby lub ziemi, jako zawartości niektórych substancji w glebie albo ziemi, zróżnicowane dla poszczególnych grup rodzajów gruntów oraz z uwagi na wodoprzepuszczalność i głębokość.*

Z chwilą ukazania się wspomnianego rozporządzenia zostanie opracowana koncepcja uwzględnienia podanych w niej standardów dla gleb i powierzchni ziemi na nowo tworzonej warstwie informacyjnej MGGP.

Obecnie proponujemy zastosowanie rekomendacji Ministerstwa Ochrony Środowiska Kanady (CCME, 1999) dotyczących oceny możliwości przestrzennego użytkowania terenu w zależności od koncentracji w glebie metali i organicznych związków chemicznych, w tym WWA, których występowanie jest coraz powszechniej analizowane. Wydzielone zostały cztery kategorie użytkowania terenu: 1) rolnicze, 2) mieszkaniowe/wypoczynkowe, 3) handlowe, 4) przemysłowe, a każdej z nich przypisano maksymalne, dozwolone koncentracje pierwiastków i związków organicznych. Lista jest w miarę postępu badań naukowych rozszerzana i aktualizowana (najnowsza aktualizacja z 1999 r.).

Wśród pierwiastków promieniotwórczych największe zagrożenie środowiskowe stwarza radioaktywny gaz—radon. Ocenia się, że w dawce promieniowania jonizującego wchłanianego przez organizm ludzki stanowi on od 40 do 60% rocznej dawki. Podstawowe znaczenie dla ilości radonu emitowanej do środowiska ma geologia terenu. Opierając się na znajomości geologii i badaniach

radonu w powietrzu glebowym są konstruowane mapy ryzyka radonowego informujące, gdzie w pomieszczeniach budynków możemy spodziewać się występowania koncentracji radonu groźnych dla zdrowia człowieka. W Polsce badania prowadzone są przez PIG, a dla oceny ryzyka stosujemy trójstopniową klasyfikację wprowadzoną w Szwecji. Badania zostały przeprowadzone tylko dla obszaru Sudetów i GZW (Strzelecki i in., 1998).

Obszary ryzyka radonowego zostaną przedstawione w postaci pól. Podstawą klasyfikacji są pomiary koncentracji radonu w powietrzu glebowym.

Wyróżnione zostaną trzy klasy ryzyka radonowego w zależności od wyników pomiarów stężeń Rn w glebie:

- niskie < 10 kBq/m³
- średnie 10 do 50 kBq/m³
- wysokie > 50 kBq/m³

W świadomości społecznej zagrożenie ekologiczne stanowi także cez przyniesiony na terytorium Polski w wyniku katastrofy czarnobylskiej. Państwowy Instytut Geologiczny prowadził w latach 1991–1998 szczegółowe badania koncentracji cezu, których wyniki zostały zaprezentowane na wymienionych mapach radioekologicznych. Powszechnie przyjmuje się, że koncentracja cezu > 37 kBq/m² stanowi wartość graniczną, powyżej której powinny być prowadzone obserwacje szczegółowe. Proponujemy, aby obszar taki, o ile występuje na arkuszu, został przedstawiony graficznie na szkicu objaśniającym w skali 1: 200 000.

W tekście objaśniającym, dotyczącym pierwiastków promieniotwórczych, będzie przedstawiony komentarz do informacji zamieszczonych na mapie.

Klasyfikacja zanieczyszczeń osadów wodnych została oparta na propozycji Bojakowskiej i Sokołowskiej (1998) dotyczącej geochemicznej klasyfikacji tych osadów, uproszczonej przez autorki na potrzeby *Mapy...* Waloryzowane będą wyłącznie metale ciężkie, identyczne jak przy waloryzacji gleb. Wyróżniane będą dwie klasy osadów: 1) nie zanieczyszczone i zanieczyszczone w małym stopniu oraz 2) zanieczyszczone.

Do waloryzacji zostaną zakwalifikowane punkty monitoringu prowadzonego przez PIG na zlecenie GIOŚ. W tekście objaśniającym zostanie omówiona zmienność w punkcie, stwierdzona podczas prowadzenia monitoringu oraz zawarte będą sugestie odnośnie czynników zanieczyszczających zbiornik wodny.

Całość danych geochemicznych przedstawiona będzie na tle stopnia zagrożenia użytkowego poziomu wodonośnego, będącego względną (umowną) oceną możliwości przenikania substancji zanieczyszczających do warstw wodonośnych (*Instrukcja...*1999). Nie ulega wątpliwości, że w miejscach, gdzie występują skażenia gleb i jednocześnie brak jest izolacji od powierzchni użytkowego poziomu wodonośnego, może dojść do zanieczyszczenia wód podziemnych.

Ze względu na czytelność wydruku ploterowego *Mapy geologiczno-gospodarczej Polski* zdecydowano, że nowa warstwa informacyjna zostanie zredagowana na oddzielnej, dodatkowej planszy mającej podtytuł: *Zagrożenia powierzchni ziemi — geochemia środowiska*. Nadal oczywiście będzie istniała możliwość drukowania dowolnie wybranego zestawu informacji zawartych w mapie. Projektowana warstwa informacyjna zawierać będzie następujące dane:

- zawartość metali ciężkich w glebach: As, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn
- zawartość metali ciężkich w aluwjach: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn
- zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych
 - potencjał radonowy
 - stopień zagrożenia użytkowego poziomu wodonośnego.

Obraz kartograficzny przedstawiany na arkuszach zostanie uzupełniony objaśnieniami tekstowymi zawierającymi komentarz i rekomendacje.

Ze względu na duże zróżnicowanie rodzaju opróbowań, ich zagęszczenia oraz sposobu aktualnego użytkowania terenu należy liczyć się z koniecznością indywidualnego podejścia do każdego realizowanego arkusza MGGP. Konsekwencją tego może być stosowanie różnych klasyfikacji dla gleb, w zależności od specyfiki danego terenu i posiadanych przez PIG danych geochemicznych. Dlatego konieczne jest, aby arkusze te opracowywali specjaliści w dziedzinie geochemii środowiska i aby dano im możliwość samodzielnego decydowania o ostatecznej formie i treści mapy w tym zakresie. Należy się liczyć z faktem, że w skali kraju będą arkusze o bogatej treści — szczególnie tereny dużych aglomeracji, Górnego Śląska czy Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego i o niewielkim zagęszczeniu punktów pomiarowych — Polska północno-wschodnia (kilkanaście punktów pomiarowych na mapie).

W ramach prac przygotowawczych nad metodyką wykonywania takich map, zespół w składzie: M. Sikorska-Maykowska, I. Bojakowska, T. Gliwicz i S. Wołkowicz i R. Strzelecki opracował dwa pilotowe arkusze: Ścinawa i Bytom, charakteryzujące się znacznie odbiegającym od siebie stopniem rozpoznania geochemicznego. Jako przykład przedstawiono treść legendy do arkusza Bytom (ryc. 1).

Rozszerzenie treści merytorycznych *Mapy geologiczno-gospodarczej Polski* o proponowaną tematykę zgodne jest zarówno z oczekiwaniami użytkowników jak i nowelizowanym obecnie w Polsce ustawodawstwem dotyczącym ochrony środowiska, a w szczególności — powierzchni ziemi.

Literatura

- BOJAKOWSKA I. & SOKOŁOWSKA G. 1998 — Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych. *Prz. Geol.*, 46: 49–54.
- CCME (Conseil Canadien des Ministeres de l'Environnement), 1999 — Recommendations canadiennes pour la qualite de l'environnement. Winnipeg.
- Instrukcja** (znowelizowana) opracowania mapy geologiczno-gospodarczej Polski w skali 1:50 000, 1998 — Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Instrukcja** opracowania i komputerowej edycji Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 — Część I. Opracowanie autorskie, 1999 — Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRĄKOWIAK A. & PIETRUCH C. 1995 — Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Biblioteka monitoringu środowiska.
- SIKORSKA-MAYKOWSKA M. (red.) 2000 — Zasady aktualizacji i rozszerzenia treści merytorycznej „Mapy geologiczno-gospodarczej Polski” w skali 1:50 000. CAG Warszawa.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., SZABO Z. MOSE D., INVANHENKO T., WOŁKOWICZ W., CIEŚLA-MAMONT K. 1998 — Evaluation of geologic radon potential in two regions in south western and southern Poland. [In:] Fourth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe. Warsaw, September 1998. Symposium