

## Wykorzystanie magnetometrii do oceny zanieczyszczenia gleb i osadów jeziornych

### Streszczenie

Metoda magnetometrii glebowej oparta jest na stwierdzeniu obecności cząstek magnetycznych w pyłach przemysłowych i miejskich emitowanych do atmosfery i deponowanych na powierzchni gleby i zbiorników wodnych. Cząstki magnetyczne pochodzenia antropogenicznego powstają w trakcie spalania paliw i innych wysokotemperaturowych procesów technologicznych. W tych warunkach następuje przekształcenie paramagnetycznych minerałów żelaza w ferrimagnetyczne tlenki żelaza cechujące się wysoką podatnością magnetyczną. Stosując proste laboratoryjne i terenowe mierniki podatności magnetycznej (odpowiednio  $\chi$  lub  $\kappa$ ), można łatwo wykryć obecność ferrimagnetyków antropogenicznych w glebach i osadach dennych zbiorników wodnych oraz określić stopień zanieczyszczenia gleb wywołany depozycją pyłów przemysłowo-miejskich. Stwierdzona anomalia magnetyczna jest sygnałem ostrzegającym przed możliwością występowania na danym obszarze również podwyższonej wartości innych zanieczyszczeń, a w szczególności metali ciężkich. Prezentowane w pracy wyniki badań własnych oraz dane literaturowe świadczą o bezpośrednim lub pośrednim powiązaniu cząstek magnetycznych z takimi pierwiastkami jak Pb, Zn, Cd lub Cu emitowanymi do środowiska wraz z pyłami przemysłowo-miejskimi. Spośród pyłów przemysłowych najwyższą wartością  $\chi$  cechują się pyły metalurgiczne, które ze względu na znaczną wielkość cząstek magnetycznych przenoszone są na niewielkie odległości od źródła emisji. Stanowią one zatem głównie zagrożenie o charakterze lokalnym. Ze względu na ilość oraz rozmieszczenie źródeł emisji najwięcej cząstek magnetycznych, a tym samym i metali ciężkich przenoszona jest w Polsce z popiołami lotnymi i pyłami przemysłowo-miejskimi ze spalania węgla kamiennego i brunatnego.

Przeprowadzone badania terenowe wykazały, że najlepszymi terenami do pomiarów  $\kappa$  są obszary leśne i torfowiska wysokie. W glebach leśnych, w przeciwieństwie do gleb uprawnych, można wydzielić poziomy genetyczne niezniszczone zabiegami agrotechnicznymi. Pozwala to śledzić pionowy rozkład podatności magnetycznej, powstały w wyniku wieloletniej depozycji pyłów antropogenicznych. W przypadku stwierdzonej anomalii magnetycznej ułatwia to interpretację jej pochodzenia (antropogeniczna lub naturalna). W profilach gleb leśnych ferrimagnetyki antropogeniczne skoncentrowane są w górnej, 10 cm warstwie gleby (poziomy Of i Oh). Tam też stwierdzono najwyższe zawartości metali ciężkich. Badania na terenie Nadleśnictwa Katowice wykazały, że na obszarach, gdzie  $\kappa$  jest wyższe od  $100 \times 10^{-5}$ , we wszystkich przypadkach nastąpiło przekroczenie wartości granicznych, dla co najmniej jednego pierwiastka (najczęściej Pb).

W przypadku torfowisk wysokich materia organiczna wykazuje zerową lub ujemną wartość podatności magnetycznej. Najmniejsza zatem ilość ferromagnetyków powodująca wzrost wartości  $\chi$  jest tu łatwo wykrywalna. Najwyższe wartości  $\chi$  i zawartości metali ciężkich w Polsce stwierdzono w torfowiskach Dolnego Śląska (Góry Izerskie i Węgliniec). Nierównomierne rozmieszczenie torfowisk wysokich na terenie kraju nie pozwala na wykorzystanie uzyskanych wyników do większych uogólnień. Większość tych torfowisk występuje na obszarach o stosunkowo niewielkim opadzie pyłu. Uzyskane wyniki badań wykazały natomiast ich przydatność do śledzenia zanieczyszczeń pyłami w ujęciu historycznym.

Wykonane analizy parametrów magnetycznych w osadach dennych zbiornika Tresna (Jezioro Żywieckie) wykazały nie tylko obecność antropogenicznych cząstek magnetycznych, ale i ich sezonowe wahania w skali roku. Pomimo stosunkowo niskiej wartości bezwzględnej  $\chi$  to jednak w 80% pobranych próbek

wartość ta w maju była wyższa niż we wrześniu. Jest to prawdopodobnie wynikiem akumulacji zanieczyszczeń w okresie wiosennym zebranych na powierzchni zamrożonego zbiornika w okresie zimowym (okres grzewczy) i „rozcieńczenia” ich w okresie letnim w masie naniesionego dia- i paramagnetycznego osadu pochodzenia naturalnego spotęgowanego przez letnią powódź.

Wymiernym efektem badań i pomiarów magnetometrycznych prowadzonych na przestrzeni ostatnich kilku lat było opracowanie map rozkładu  $\kappa$  w górnej warstwie gleby dla znacznych obszarów (ok. 200 000 km<sup>2</sup>) Europy Środkowej (pomiarów terenowe zintegrowane z systemem GPS w sieci 10 km) oraz wartości  $\chi$  dla całego obszaru Polski (pomiarów laboratoryjne w próbkach archiwalnych pobieranych w sieci 5 km). Badania te wykazały, że główne anomalie magnetyczne zlokalizowane są w rejonie dużych ośrodków przemysłowych takich jak: Górny Śląsk, rejon Ostrawy i Trzyńca (Czechy), rejon „Czarnego Trójkąta” (u zbiegu granic Polski, Niemiec i Czech), północno-wschodnia Saksonia, północne Czechy, rejon Leoben w Austrii i kilka mniejszych obszarowo związanych z dużymi miastami (Praga, Wrocław, Linz, Monachium).

Pomimo niedostosowanego do zasad magnetometrii sposobu poboru próbek archiwalnych pochodzących z zasobów Państwowego Instytutu Geologicznego (w przypadku gleb leśnych odrzucano ściółkę, gdzie z reguły gromadzi się najwięcej ferrimagnetyków antropogenicznych) oraz innej techniki pomiarów rozkład anomalii magnetycznych na obszarze południowo-zachodniej Polski jest bardzo podobny w przypadku pomiarów laboratoryjnych i terenowych (projekt MAGPROX). Poza wspomnianymi obszarami na terenie Polski widoczne są jeszcze anomalie związane z dużymi aglomeracjami miejskimi (Kraków, Trójmiasto, Łódź, Poznań, Częstochowa, Warszawa) oraz anomalie pochodzenia naturalnego (związane z wystąpieniami i dawną eksploatacją rud żelaza lub wychodniami skał wylewnych bogatych w magnetyt).

Na obszarach anomalii magnetycznych istnieje konieczność precyzyjniejszego rozpoznania i wyznaczenia zasięgu anomalii. Również w tym zakresie magnetometria może okazać się niezmiernie przydatna. Jak wykazały badania, mapowanie magnetyczne w skali lokalnej (miasto, gmina, dzielnica) i na obszarach miejsko-przemysłowych może być bardzo pomocnym narzędziem w rozpoznawaniu zanieczyszczeń gleb i gruntów. Ze względu na szybkość i łatwość pomiarów w terenie sieć pomiarowa może być bardzo gęsta. Pozwala to na precyzyjne zlokalizowanie bardzo niewielkich obszarowo anomalii, które mogą być wynikiem nie tylko depozycji pyłów przemysłowych, ale mogą być dawnymi miejscami składowania odpadów lub innych niebezpiecznych substancji (popiołów, żużli, osadów ściekowych materiałów poflotacyjnych itp.).

W pracy przedstawiono również możliwość zastosowania magnetometrii do analizy rozkładu zanieczyszczeń komunikacyjnych, kontroli przeprowadzanych prac melioracyjnych, badania erozji gleb, i potrzeb archeologii. Uwypuklono szczególnie przydatność tej metody do potrzeb monitoringu gleb w Polsce i Europie.