

mgr Katarzyna Grygoyć
Institute of Environmental Engineering
Polish Academy of Sciences

Abstract

“Selected Technology Critical Elements and Their Speciation Forms in Soils from Areas Associated with the Storage and Segregation of Electronic Waste”

This doctoral dissertation comprises a series of six publications (P1–P6) focused on the investigation of the content, mobility, and chemical speciation of technologically critical elements (TCEs) – germanium, tellurium, and antimony in soils affected by the storage and preliminary processing of waste electrical and electronic equipment (WEEE). The primary aim was to assess the impact of WEEE-related industrial activities on the concentrations and chemical forms of these elements, considering both proximity to emission sources and their vertical distribution in soil profiles.

A novel aspect of the study was the application of magnetic susceptibility measurements to guide soil sampling, enhancing the identification of TCE-enriched areas. The laboratory work included the development and validation of three HPLC-ICP-MS methods for identifying Ge, Te, and Sb species. These were applied to soil samples collected from the study area. Complementary analyses included total element concentrations (ICP-MS, ICP-OES), pH, redox potential, and sequential extraction (BCR) to assess mobility.

The study confirmed the research hypotheses and identified key speciation forms: Sb(V), SbMe₃, Te(IV), Te(VI), Ge(IV), monomethylgermanium (MMGe), and dimethylgermanium (DMGe), with Sb(V), Ge(IV), and Te(IV) being dominant. Results showed that speciation and element presence are strongly influenced by soil pH and redox conditions. BCR extraction, combined with speciation data, enabled an assessment of TCE mobility, bioavailability, and potential environmental risk. Total concentration data indicated elevated levels of Ge, Te, and Sb in surface soils near WEEE facilities, confirming anthropogenic influence. Magnetic susceptibility proved effective for identifying TCE hotspots, supported by correlation analysis.

This research advances current knowledge on TCE behavior in soils and highlights the growing environmental and health risks associated with their increasing use in modern technologies, particularly under conditions of inadequate lifecycle management and environmental oversight.

mgr Katarzyna Grygoyć

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska
Polskiej Akademii Nauk

Streszczenie pracy doktorskiej
pt.

Wybrane pierwiastki technologicznie krytyczne i ich formy specjacyjne w glebach
na terenach związanych ze składowaniem i segregacją elektroodpadów

Niniejsza rozprawa doktorska stanowi cykl sześciu publikacji (P1-P6) poświęconych badaniom nad zawartością, mobilnością i specjacją pierwiastków technologicznie krytycznych (TCE) – germanu, telluru i antymonu w glebach z terenów związanych ze składowaniem i wstępnym przetwarzaniem zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE). Celem pracy było określenie wpływu działalności zakładów przetwarzania ZSEE na stężenie i formy chemiczne tych pierwiastków w glebie uwzględniając zarówno odległość od źródła emisji, jak i ich rozkład w profilu glebowym. Nowatorskim elementem pracy było wykorzystanie pomiarów podatności magnetycznej jako narzędzia wspomagającego lokalizację miejsc pobierania próbek glebowych w kontekście obecności TCE.

Część laboratoryjna pracy polegała na opracowaniu i walidacji trzech metod identyfikacji form specjacyjnych Ge, Te i Sb techniką HPLC-ICP-MS i ich zastosowanie do analizy próbek gleb. Ponadto badania obejmowały oznaczenie całkowitej zawartości pierwiastków metodami ICP-MS i ICP-OES, pomiary pH, potencjału redox, oraz sekwencyjną ekstrakcję chemiczną (BCR). Analiza statystyczna wyników została przeprowadzona z wykorzystaniem współczynników korelacji Pearsona.

W toku badań zweryfikowałam założone hipotezy badawcze. Zidentyfikowałam następujące formy specjacyjne: Sb(V), SbMe₃, Te(IV), Te(VI), Ge(IV), MMGe oraz DMGe, przy czym dominowały Sb(V), Ge(IV) i Te(IV). Wykazałam istotny wpływ parametrów fizykochemicznych gleb (pH i potencjał redox) na obecność i formy tych pierwiastków. Sekwencyjna ekstrakcja chemiczna BCR w połączeniu z analizą specjacyjną form jonowych umożliwiła ocenę mobilności, biodostępności i potencjalnego ryzyka środowiskowego związanego z TCE. W bezpośrednim sąsiedztwie zakładów ZSEE stężenia Ge, Te i Sb były podwyższone w warstwie powierzchniowej

gleby, co potwierdza wpływ działalności przemysłowej. Metoda oparta na podatności magnetycznej okazała się skuteczna w identyfikacji obszarów o podwyższonej zawartości TCE.

Uzyskane wyniki poszerzają wiedzę na temat występowania i zachowania pierwiastków technologicznie krytycznych w środowisku glebowym, stanowiąc odpowiedź na rosnące zagrożenia wynikające z ich szerokiego zastosowania i niewystarczającej kontroli emisji do środowiska.