

# Fizikinių $^{137}\text{Cs}$ migracijos parametrų kaitos dirvožemyje tyrimai

## Study of variation of physical $^{137}\text{Cs}$ migration parameters in soil

Marina Konstantinova, Benedikta Lukšienė, Nikolaj Tarasiuk, Evaldas Maceika  
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius  
[marina.konstantinova@ftmc.lt](mailto:marina.konstantinova@ftmc.lt)

Paskutinių dešimtmečių avarijos branduoliniuose įrenginiuose (Černobylio atominė elektrinė (ČAE), Fukušimos atominė elektrinė (FAE)), sukėlė didelį radioekologinių tyrimų atgimimą, įvertinant oro, vandens telkinių bei dirvožemio užterštumą radionuklidais, modeliuojant galimas poavarines situacijas bei įvertinant galimas pasekmes žmogui [1].

Radionuklidų pasiskirstymo dirvoje tyrimai yra labai vertingi analizuojant radionuklidų migracijos mechanizmus bei prognozuojant apšvitą įvairiomis situacijomis; taip pat nustatant radionuklidų migracijos parametrus, kurie yra svarbūs įvertinant radionuklidų migracijos gylį, jų patekimą į gruntinius vandenis bei augalus ir dirvožemio natūralaus apsivalymo spartą.

Praėjus daug metų po ČAE avarijos, pagrindinį indėlį į žmogaus apšvitą sudaro  $^{137}\text{Cs}$  jonizuojančioji spinduliuotė. Istoriskai išskiriami du svarbiausi užtaršos  $^{137}\text{Cs}$  periodai: branduolinio ginklo bandymų metu (1945-1980 m.) ir 1986 m., po ČAE katastrofos. Pastarosios indėlis Lietuvos teritorijoje dirvos viršutiniame sluoksnyje (iki 5 cm) sudarė vidutiniškai ~20% [2]. 1999-2000 m.  $^{137}\text{Cs}$  užterštumo tankio dirvožemyje vertės skirtinguose regionuose kito nuo  $710 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$  ( $\sigma=110 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ ) iki  $2130 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$  ( $\sigma=240 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ ), o vertikalusis profilis pasižymėjo dviem maksimumais: 0-4 cm bei 10-14 cm dirvožemio gylyje [3].

$^{137}\text{Cs}$  migracijos įvertinimui ir rezultatų palyginimui 2012 m. vėl buvo surinkti dirvožemio bandiniai. Bandiniai rinkti naudojant 12,5 cm skersmens, 30 cm ilgio kolonėlę (skerspjūvis  $\sim 0,01227 \text{ m}^2$ ). Surinktos dirvožemio mėginių kolonėlės buvo suskirstytos 1-cm storio sluoksniais. Nedestrukcinės analizės metodu paruošti bandiniai ir įvertintas  $^{137}\text{Cs}$  savitasis aktyvumas.  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo matavimai atlikti CANBERRA gama spektrometru (modelis GC2520, santykinis efektyvumas 26,2%,  $^{60}\text{Co}$  linijos energija 1332 keV).

$^{137}\text{Cs}$  migracijos greitis buvo įvertintas naudojant kvazidifuzijos modelį:

$$C(x,t) = C_0 \cdot \left\{ \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot D \cdot t}} \exp\left(-\frac{x^2 - V \cdot x}{4D \cdot t}\right) - \frac{V \cdot x}{2D} \exp\left(-\frac{V \cdot x}{D}\right) \left[ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x + V \cdot t}{2\sqrt{D \cdot t}}\right) \right] \right\}$$

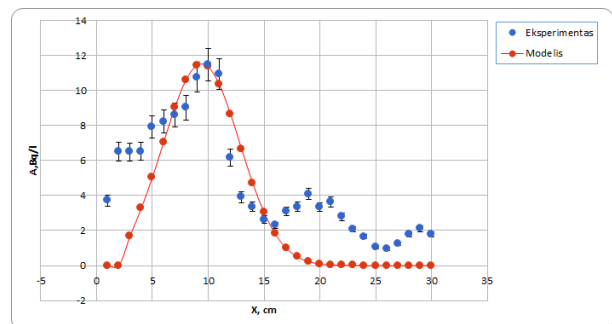
čia  $C(x,t)$  – nuklido tūrinis aktyvumas [ $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ],  $x$  – dirvožemio gylis, [cm],  $D$  – dispersijos koeficientas [ $\text{cm}^2\cdot\text{m}^{-1}$ ],  $t$  – laikas [m.],  $V$  – vertikalios migracijos greitis [ $\text{cm}\cdot\text{m}^{-1}$ ],  $C_0$  – pradinis iškritusio nuklido tankis [ $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ ].

1999-2000 ir 2012 metų rezultatų palyginimas parodė, kad po ~12 metų pirmas aktyvumo pasiskirstymo maksimumas stebimas gilesniame

dirvožemio sluoksnyje, 4-8 cm gylyje.

Palyginus minėtų metų  $^{137}\text{Cs}$  pasiskirstymo dirvožemyje parametrus, nustatyta, kad vidutinis migracijos greitis sumažėjo iki  $\sim 0,21 \pm 0,08 \text{ cm}\cdot\text{m}^{-1}$ , o vidutinis difuzijos koeficientas tapo  $0,25 \pm 0,05 \text{ cm}^2\cdot\text{m}^{-1}$  (1999-2000 metų vidutinės vertės:  $0,23 \pm 0,10 \text{ cm}\cdot\text{m}^{-1}$  ir  $0,34 \pm 0,12 \text{ cm}^2\cdot\text{m}^{-1}$ ).

Rezultatų analizė taip pat parodė, kad kai kurie  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo profiliai pasižymi dviem maksimumais (1 pav.), o antro maksimumo atsiradimo priežastis gali būti didelis organinių medžiagų kiekis dirvožemyje, kurių buvimas pagreitina radionuklidų migraciją [4].



1 pav. Eksperimentinis ir sumodeliuotas (kvazidifuzijos modelis)  $^{137}\text{Cs}$  tūrinio aktyvumo pasiskirstymas pagal gylį dirvožemio bandinyje, paimtame netoli Ignalinos AE.

*Reikšminiai žodžiai:* ČAE avarija,  $^{137}\text{Cs}$ , kvazidifuzinis modelis, vertikalios migracijos greitis, difuzijos koeficientas.

### Literatūra

- [1] M. Konstantinova, B.Lukšienė, N.Tarasiuk, E.Maceika, J.Geochem.Explor. 174, 159-163 (2017)
- [2] D. Butkus, M. Lebedyte, G. Lubyte, K. Matusevičius, J. Mažeika, Geochemistry International 39, 7, 719-724 (2001).
- [3] D. Butkus, M. Konstantinova. Environ. Chem. Phys. 25, 2, 75-80 (2003)
- [4] J. Mihalík, J.A. Corisco, M.J. Madruga. Book of abstracts ENVIRA2017 p.115 (2017)