

В. А. КУЗНЯЦОЎ, В. А. ГЕНЕРАЛАВА, Н. Н. ПЕТУХОВА

АБ МІГРАЦЫІ СТРОНЦЫЮ-90
І ЦЭЗІЮ-137 ВА ЎМОВАХ
ПАЛЕСКАГА ЛАНДШАФТУ

Неад'емнай часткай геахімічнай харктарыстыкі ландшафтаў з'яўляецца наяўнасць даўгавечных радыенуклідаў, у прыватнасці стронцыю-90 і цэзію-137, звязаных з глабальнымі выпаданнямі ад выпрабавання ядзернай зброі. Адна з асаблівасцей іх паводзін ва ўмовах палессяў — адносна высокая рухомасць, асабліва радыестронцыю, у сувязі з распаўсядженнем тут пясчаных і супясчаных глеб [1—3], што з'яўляецца прычынай іх актыўнага паступлення ў расліны і далей у харчовыя ланцугі чалавека і павышэння верагоднасці анкалагічных захворванняў [4, 5]. Гэта абумоўлівае важнасць высвятлення форм існавання і міграцыі радыенуклідаў у ландшафтах, асабліва пры трансфармацыі іх ад тэхнагеннага да прыроднага стану, што застаецца яшчэ мала даследаванай проблемай радыегеахіміі.

Намі вывучана размеркаванне радыеізатопаў у алювіяльных глебах даліны Прыпяці. Узоры глебы былі адабраны ў 1984 г. і вызначана іх радыеактыўнае забруджванне ад глабальных выпаданняў. У якасці эталону ўзяты матэрыялы па алювіяльных глебах Бярэзінскага біясфернага запаведніка. Вызначэнне агульной колькасці і асобных злучэнняў стронцыю-90 і цэзію-137 вялося радыехімічным метадам. Канцэнтрацыя першага радыенукліду вызначалася аксалатным, а другога

Таблица 1. Колькаасць стронцыю-90 і цэзію-137 у глебах поймы Прывпяці (1984 г.), Бк/кг

Тып глебы	n	Глыбіня 0—10 см		Глыбіня 10—30 см	
		^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
Тарфяна-балотная	4	$4,8—16,3$ 8,2	$12,3—23,7$ 13,1	$1,4—8,4$ 6,3	$3,1—13,1$ 7,1
Алювіяльна-перагнай-ная	5	$2,1—9,7$ 4,8	$9,9—25,5$ 16,0	$0,7—3,57$ 3,2	$4,1—19,2$ 9,3
Алювіяльна-дзярновая	8	$1,8—8,4$ 3,9	$1,5—17,1$ 13,8	$0,9—5,6$ 2,7	$1,2—21,3$ 9,2

З а ў в а г а . Лічнік — межы ваганняў, назоўнік — сярэднє значэнне.

га — сурмяна-іадыдным метадамі [6]. Актыўнасць вымяралася на радиёметры РКБ4-1eM з блокам дэтэктыравання ВДЖБ-07. У аснову вызначэння форм існавання нуклідаў быў пакладзены метад пастадынных выцяжак [7].

Як відаць з табл. 1, канцэнтрацыя глабальнага радыястронцыю ў глебах далін вагаеца ў межах 0,7—16,3 Бк/кг, цэзію — 1,2—25,5 Бк/кг, што суадносіцца з ацэнкамі іншых даследчыкаў глебы Беларускага і Мышчэрскага палессяў [8—10]. Найбольшая канцэнтрацыя стронцыю-90 харэктэрна для тарфяна-балотных, а мінімальная — для алювіяльна-дзярновых глеб. Сярэдняя колькаасць цэзію-137 у вывучаных глебах вагаеца нязначна. У алювіяльных глебах радыястронцій мае больш высокую міграцыйную здольнасць у парастаўленні з радыяцэем. Гэта здольнасць відавочная пры супастаўленні колькасці элементаў у верхнім (0—10 см) і наступным (10—30 см) гарызонтах глебавага разрэзу. Калі канцэнтрацыя стронцыю-90 у абодвух выпадках мае блізкія величыні, то ў цэзію-137 у ніжнім пласце яна памяншаецца амаль у 2 разы.

Асноўнай формай існавання радыеізатопаў з'яўляецца абменная (табл. 2). Карбанатная форма для радыястронцыю не перавышае 38,08% ад валавой колькасці. Колькаасць арганагенай і аморфнай форм нязначная — да 16,46%. Харэктэрна нізкая адносная колькаасць трывалазвязаных форм (не перавышаюць 20,53% ад валавой). На тарфяна-балотных глебах з павелічэннем глыбіні адзначаецца некаторы рост долі абменнай і карбанатнай і зніжэнне аморфнай і трывалазвязанай форм. Для цэзію-137 назіраецца некаторое пераразмеркаванне форм існавання: у верхній частцы глебавага профілю больш распаўсюджаны цяжкарастваральныя злучэнні — дасягаюць 50% ад яго валавой колькасці.

Адрозненні, якія назіраюцца ў геахімічных паводзінах гэтых радыеізатопаў і іх здольнасцю да комплексаўтарэння. Так, на тарфяна-балотных глебах абменны комплекс для стронцыю-90 складае каля 50%, а на супясчаных глебах з меншай величынёй ёмістасці паглынання і невысокай колькаасцю гумусу і абменных асноў на долю рухомых форм прыпадае каля 70% валавога радыястронцыю. Іншая заканамернасць назіраецца пры размеркаванні лёгкарухомых форм цэзію-137: найменшыя іх величыні прыпадаюць на верхнія гарызонты глеб — 40—50%, у ніжніх пластах колькаасць абменных злучэнняў павялічваецца да 70—80% ад яго агульнай колькасці.

Слаба або патэнцыяльна здольныя да міграцыі злучэнні (карбанатная, арганічная і сарбіраваная на аморфных гідраксідах формы) для радыястронцыю складаюць 20—45%. Пры гэтым максімальная іх

Т а б л и ц а 2. Адносная колькасць форм існавання стронцию-90 і цэзію-137 у глебах поймы Прыватці (1984 г.), % ад валавога

Месца адбору; тып глебы (нумар разрэзу); гараzonт: глыбінія (см); парода	Стронций-90				Цэзій-137			
	агульны, Бк/кг	абмен- ны	карбанатны арганчны	аморфны сарабірава- ны на P_2O_5	агульны, Бк/кг	абменны	карбанатны арганчны	аморфны, сарабірава- ны на P_2O_5
Польдер Ракітна, Лунінецкі р-н, центральна пойма р. Прыватць; тарфяна-бэлотнай (р. 100); А вор., Т ₁ ; 0—10; торф А вор., Т ₁ ; 10—20; торф А вор., Т ₂ ; 20—30; торф Г. П. Нароўля, Нароўлянскі р-н, центральна пойма р. Прыватць; алювіальна-леднайная (р. 77); А ₁ ; 5—20; пясок гумусаваны В. Кажушкі, Хойніцкі р-н, луг; алювіальна-леднайная (517); Алагір; 25—40; торф аlysчанены В. Кажушкі, Хойніцкі р-н, дзюна; дэярновая слабаразвітая; А ₁ ; 0—25; пясок агарфаваны Бярэзінскі біясферны запаведнік, в. Атрубок, пойма р. Гарынь; алово- ильна-дэярновая (р. 108); А ₁ ; 0—2; пясок гумусаваны Тое ж; А ₁ ; 5—10; пясок гумусаваны	8,3 7,8 16,3	46,10 53,85 52,70	9,48 10,25 38,08	14,41 12,89 9,21	20,53 15,32 13,1	23,8 5,9 87,58	45,57 80,20 12,42	18,55 19,80 12,42
							не выяўл. тое ж	13,03 »
							не выяўл. тое ж	22,85 не выяўл.
								43,56
								не выяўл.
								28,12
								15,51
								54,19 не выяўл.

колькасць адзначаецца на тарфяных глебах, што абумоўлена ўтварэннем складаных аргана-комплексных злучэнняў, здольных пранікнуць на глыбіню да 30 см. Для радыяцэзію колькасць гэтых форм значна меншая ў парадкаванні з радыеізатопам стронцыю і складае 5—30% ад валавой колькасці. У літаратуры пакуль няма адзінай думкі аб сувязі арганічнай часткі глебы з цэзіем-137. У [11] і [12] лічаць, што прыродныя арганічныя кіслоты не ўпłyваюць на міграцыйныя ўласцівасці радыеізатопу. У [13], наадварот, адзначаецца, што гумусавыя кіслоты садзеінічаюць іх рухомасці. Зыходячы з наших даных, можна зрабіць вывад, што радыяцэзій не ўтварае ў глебе трывалазвязаных комплексаў. Магчыма фарміраванне яго злучэнняў па тыпу лёгкаабменнага паглынання. Гэтыя злучэнні разбураюцца пры апрацоўцы глебы $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ($\text{pH}=3,5$ у папярэдній выцяжкі) і пераходзяць у раствор.

Велічыні судносін $^{137}\text{Cs} : ^{90}\text{Sr}$ вагаюцца ў межах 1,2—4,0, г. зн. блізкія да даных, зафіксаваных пры глабальних выпаданнях [14].

Аналіз судносін радыенуклідаў з хімічным саставам глебы пацвярджае дадатную карэляцыйную сувязь цэзію-137 з мінеральнымі кампанентамі глебы. У той жа час стронцый-90 праяўляе цесную карэляцию з арганічнай часткай і кальцием. Сувязь паміж гэтымі параметрамі верагодная на ўзоруні значэння $P=0,001$ (табл. 3).

Выклікае цікавасць парадкаванне форм існавання радыенуклідаў у ландшафтах ад глабальных забруджванняў і ў сувязі з аварыяй на Чарнобыльскай АЭС. Канцэнтрацыя і формы існавання стронцыю-90 ад аварыі былі вызначаны па даных апрабавання поймennых глеб і донных асадкаў рэк Прыпяць і Сож у каstryчніку 1986 г. (табл. 4). Характэрнымі асаблівасцямі размеркавання радыеізатопу з'яўляюцца, па-першае, больш высокія яго канцэнтрацыі ў глебах у адносінах да рэчышчавых асадкаў; па-другое, іншая дыферэнцыяцыя элемента па спектры вывучаных форм у парадкаванні з глабальными выпаданнямі. Выразна відаецца высокія канцэнтрацыі трываласарбіраваных (звязаных з арганічным рэчывам і паўтарачнымі аморфнымі гідраксідамі) і цяжкарастваразных злучэнняў пры адносна нізкай колькасці абменных форм. Мінімальная велічыня лёгкарастваразных форм (да 10%) характэрна для адкладанняў Брагінскага раёна: трывалазвязаныя злучэнні дасягаюць тут 97% ад валавога значэння. Для раёнаў, аддаленых ад крыніцы забруджвання, адносная колькасць рухомых форм узрастает да 40—60%.

Доля радыястронцыю, звязанага ў карбанатнай форме, ад аварыі на атамнай электрастанцыі меншая, чым ад глабальных выпаданняў, што сведчыць, на наш погляд, аб пачатковым этапе трансфармациі форм радыенуклідаў у ландшафтна-геахімічным асяроддзі.

Такія адрозненні ў паводзінах радыенуклідаў, звязаных з глабальными выпаданнямі і з аварыяй на Чарнобыльскай атамнай электрастанцыі, паказаны ў [15], дзе адзначаецца рэзкае павышэнне долі неабменных форм, якія не ўдзельнічаюць у сістэме «глеба — вада» і складаюць у апошнім выпадку для стронцыю-90 64—95%, для цэзію-137 — 82—99%. Пры гэтым на алювіяльных глебах гадавы вынас радыястронцыю з верхняга пласта глебы ацэньваецца ў 0,3% ад яго агульнага запасу.

Таблица 3. Қаэфіцыенты карэляцыі паміж колькасцю радыенуклідаў і асноўнымі кампанентамі хімічнага саставу глебы (1964 г.), $n=25$

Радыенуклід	Кампанент			
	АР	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	CaO	K ₂ O
Стронцый-90	$0,80 \pm 0,13$	$0,18 \pm 0,20$	$0,74 \pm 0,15$	$0,07 \pm 0,21$
Цэзій-137	$0,32 \pm 0,19$	$0,62 \pm 0,16$	$0,59 \pm 0,17$	$0,47 \pm 0,18$

Таблица 4. Адносная колькасць форм існавання стронцю-90 у рачных асадках і пойменных глебах (1986 г.), % ад валауга

Месца адбору, тип глебы, глубіня адбору, см	АР, %	Абмен-ная	Карба-натная	Арганічна	Аморфная, сарбірава-ная на P_2O_5	Трываля-звязаная
В. Пецькаўшчына Брагінскага р-на, пойма Брагінкі, дзярнова-лугавая, 0—5	10,64	8,86	4,39	29,33	18,11	39,31
Там жа, прырэчышчавая водмель, глейсты пясок, 0—5	2,82	0,78	1,82	25,41	17,07	54,92
В. Тульявічы Хойніцкага р-на, пойма Прывяці, дзярнова-лугавая, 0—5	17,34	31,82	16,42	32,29	7,87	11,60
Там жа, прырэчышчавая водмель, глейсты пясок, 0—5	6,25	21,60	1,85	38,27	19,75	18,53
В. Струмень Кармянскага р-на, пойма Сожа, алювіальна-дзярновая, 0—5	2,97	18,56	18,61	15,17	11,37	36,29
В. Крывая Ніва Касцюковіцкага р-на, прырэчышчавая водмель Дзяржкі, глейсты пясок, 0—5	2,64	37,95	18,46	не выяўл.	22,56	21,03
В. Кісялёўка Касцюковіцкага р-на, прырэчышчавая водмель Чарняўкі, глейсты пясок, 0—5	6,22	57,23	21,38	15,57	не выяўл.	5,82

Як паказана ў [16], у паўночным сектары забруджвання тэрыторыі ад аварыі на Чарнобыльскай АЭС, куды адносяцца паўднёва-ўсходняя раёны Беларусі, стронцый-137, 134 на супясчаных пылавата-пясчаных, лёгкасугліністых апясчаненых і супясчаных пылавата-пясчаных глебах знаходзіцца ў наступных формах: водарастваральны (растваральнік H_2O) — 13—17%, абменнай (1 н. CH_3COONH_4) — 5—19, карбанатнай+арганагеннай+аморфнай (3 н. HCl) — 13—27 і трывалязвязанай — 36—71% ад агульнай колькасці радыенукліду. Параўнанне гэтых даных з аналагічнымі глебамі даліны Прывяці і Бярэзінскага біясфернага запаведніка (табл. 2) паказвае, па-першае, на больш высокую колькасць (у 5 разоў) трывалязвязаных форм і значна меншую канцэнтрацыі (у 2,3—4 разы) абменных і, па-другое, на меншую ступень дыферэнцыраванасці радыеактыўных ізотопаў ад аварыінага забруджвання ў параўнанні з глабальнымі. Гэта асвятляе не толькі спецыфіку першапачатковых форм выпадання радыяцэзію ад аварыі, але і ступень трансфармацыі форм існавання дадзенага элемента — ад тэхнагенных да прыродных.

Такім чынам, праведзенае даследаванне дазволіла паглыбіць уяўленні аб формах існавання радыенуклідаў у палескіх ландшафтах, выявіць некаторыя тэндэнцыі іх трансфармацыі і прыстасавання да прыродных педагогічных абставін, што важна для ацэнкі і прагнозу ўздоўняў размеркавання розных форм існавання элементаў, іх міграцыі ў ландшафтах і трафічных ланцугах.

Summary

Modes of occurrence of strontium and caesium radioactive isotopes including exchangeable, carbonaceous, organogenous and fixed forms in the soil cover of the Pripyat valley associated with global fallouts are examined.

Літаратура

1. Тюрюканова Э. Б. Радиогеохимия почв полесья Русской равнины. М., 1974. 155 с.
2. Середа Г. А., Бобовникова Ц. И. Радиоактивные изотопы в атмосфере и их использование в метеорологии. М., 1965. С. 362—372.

3. Марей А. Н., Бархударова Р. М., Новикова Н. Я. Глобальное выпадение цезия-137 и человек. М., 1979. 168 с.
4. Тернов В. И., Виноградов М. А., Гурская Н. В., Федосеева Н. А.// Здравоохранение Белоруссии. 1979. № 1. С. 35—37.
5. Дубиковский Г. П., Гутман З. М., Шагалова Э. Д. и др. Геохимическое изучение ландшафтов Белоруссии. Минск, 1984. С. 113—118.
6. Методические указания по определению стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях. М., 1985. 64 с.
7. Шимко Г. А., Кузнецов В. А. Методы анализа горных пород и вод при геохимических исследованиях. Минск, 1978. С. 12—35.
8. Иванов С. Н., Шагалова Э. Д.//Тр. Института почвоведения. Минск, 1968. Вып. 5. С. 10—13.
9. Шагалава Э. Д., Усенка Л. Ф.//Весні АН БССР. Сер. с.-г. науки. 1968. № 4. С. 38—40.
10. Тюрюканова Э. Б. Экология стронция-90 в почвах. М., 1976. 127 с.
11. Новикова Н. Я.//Материалы Всесоюз. симп. «Теоретические и практические аспекты действия малых доз ионизирующей радиации». Сыктывкар, 1973. С. 115—116.
12. Орлова Е. И., Смирненная В. А.//Материалы Всесоюз. симп. «Теоретические и практические аспекты действия малых доз ионизирующей радиации». Сыктывкар, 1973. С. 116—117.
13. Водовозова И. Г.//Материалы Всесоюз. симп. «Теоретические и практические аспекты действия малых доз ионизирующей радиации». Сыктывкар, 1973. С. 118—119.
14. Павлоцкая Ф. И., Тюрюканова Э. Б., Барапов В. И. Глобальные распределения радиоактивного стронция на земной поверхности. М., 1970. 160 с.
15. Коноплев А. В., Борзилов В. А., Бобовникова Ц. И. и др.//Метеорология и гидрология. 1988. № 12. С. 63—73.
16. Израэль Ю. А., Соколовский В. Г., Соколов В. Е. и др.//Атомная энергия. 1988. Т. 64, вып. 1. С. 28—40.