

ВПЛИВ МІКРООРГАНІЗМІВ НА ПОВЕДІНКУ РАДІОЦЕЗІЮ ТА РАДІОСТРОНЦІЮ ЧОРНОБИЛЬСЬКОГО ВИКИДУ В ҐРУНТІ

В. Б. Рибалка, І. М. Канцева, В. В. Сербінович, О. А. Клечковська, Г. І. Петелін

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Чорнобиль

Показано, що поведінка радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в ґрунтах залежить від стану асоціацій мікроорганізмів ґрунту. Установлено розбіжності у вимиванні ^{137}Cs і ^{90}Sr водою та накопиченні ячменем. Представлені результати вказують на те, що не всі водорозчинні (або ті, що вимиваються водою) форми накопичуються рослинами. Отримані дані вказують на перспективи змінення зв'язування радіонуклідів шляхом надання впливу на асоціації ґрунтових мікроорганізмів і відкривають можливості регулювання потоків радіонуклідів у природних та напівприродних біотопах для забезпечення екологічної безпеки експлуатації об'єктів ядерної енергетики. Ігнорування ґрунту як специфічного середовища живих (мікро)організмів [1] призводить до ігнорування самого сильного фактора, який відповідає за зв'язуючі (утримуючі) властивості ґрунтів, трансформацію та перерозподіл органічних речовин-комплексотворювачів, що, у свою чергу, обумовлює специфічну поведінку в системі мінеральних речовин і, відповідно, радіонуклідів.

Матеріали та методи

Виконано дослідження впливу складу мікробного ценозу та властивостей форм вмісту ^{90}Sr і ^{137}Cs для зразків ґрунту з чорнобильським забрудненням. Використовували дерново-підзолистий ґрунт з шару приблизно 6 - 8 см на південно-західному напрямку від ЧАЕС з ділянки, яка мала високе радіоактивне забруднення при мінімальному вмісті "гарячих" частинок. Особливу увагу приділяли контролю відсутності "гарячих" частинок і забезпеченню однорідності проби. Після радіометричного та авторадіографічного контролю на вміст "гарячих" частинок, ретельного розчавлення грудочок, γ -спектрометричної перевірки однорідності зразка виконували аналізи на вміст ^{90}Sr і ^{137}Cs із застосуванням методик [2, 3]. Вміст ^{90}Sr в зразку становив 1920 ± 38 кБк/кг, а вміст ^{137}Cs - 2640 ± 32 кБк/кг.

Зразки ґрунту по $50 \pm 0,1$ г поміщали в пластикові стаканчики вмістом 200 см^3 з отворами в донцях для стоку промивних вод. Стаканчики вставляли в ще менші пластикові стаканчики вмістом 100 см^3 , установлені в спеціальний штатив. Різниця в розмірах (діаметрах) стаканчиків – верхній мав більший діаметр – забезпечувала приблизно 50 см^3 вільного простору в нижньому стаканчику (меншому), який використовувався для збору промивних вод під час експерименту. На активність окремих живих компонентів мікробних асоціацій зразків у стаканчиках здійснювали вплив із застосуванням методики [4]. Використовували біологічно активні речовини (БАР), наведені нижче, які не заборонені до використання в Україні [5]:

<i>Назва БАР</i>	<i>Діюча речовина</i>
1. Tipenkozan	Silokcat
2. Cipersuron	Bidilazim
3. Imidofon	Kritocarb
4. Propatrin	Herbtref
5. Becocsil	Prookwat
6. Halotrin	Glukoosinat Na
7. Bensulin	Imatazon
8. Ortonon	Metadron
9. Amfotrex	Fusiladon
10. Sanrubi	Togrenan
11. Fosnox	Bofoksin
12. m-Prootexin	Butoksanton

Кожний дослід проводили в чотирьох повторах. Зразки ґрунтів періодично зволювали дистильованою водою до ~ 60 - 80 % від повної вологоємності (масовий контроль). Температура в умовах експерименту була 22 ± 3 °С. Після завершення 14 діб промивали зразки 250 мл дистильованої води порціями по 30 - 40 см³ з інтервалом 15 - 20 хв таким чином, щоб у кінцевому підсумку загальний об'єм промивних вод складав приблизно 250 см³. Промивні води збирали в окремий стакан для кожного паралельного повтору. Після закінчення промивки зібраний розчин зважували, відбирали аліквоту 100 см³ у спеціальні градуйовані пластикові стаканчики й аналізували на вміст ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr. За отриманими даними розраховували середнє значення вмісту радіонукліда в аліквоті, загальну кількість вимитого радіонукліда й довірчий інтервал значення величини, що вимірювали. Спеціальними дослідженнями встановлено, що описана процедура промивання забезпечувала практично повне вилучення водорозчинних форм нуклідів з проби ґрунту в умовах експерименту: остання порція (30 см³) промивної води містила менше 1 % активності радіоцезію та радіостронцію від загальної кількості, що вимивалася за одну процедуру промивки.

Дослідження впливу стану мікробної асоціації на перехід радіонуклідів у рослини проводили із застосуванням генетично чистої лінії ячменю «Спомин» (Одеса). Експеримент проводили в чотирьох повторностях аналогічно експерименту щодо дослідження вимивання радіонуклідів цезію та стронцію. Після проведення другого впливу БАР на мікробну асоціацію в стаканчики висівали ячмінь, після трьох тижнів вирости рослини зрізали, промивали дистильованою водою, висушували до постійної маси, озолули, золу розчиняли в 6 М HNO₃, доводили об'єм розчину до 100 см³ і виконували визначення ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr.

У даній роботі в якості критерію оцінки стану мікробної асоціації представлено дані щодо чисельності мікроорганізмів різних груп. Якісні й кількісні аналізи проводили з застосуванням висіву на агаризовані та рідкі поживні середовища за методиками [6 - 8]. Ґрунтові суспензії висівали на селективні питомі середовища при чотирьох повторах за методом десятикратних серійних розведень стерильною водою до 10⁸. Сапрофітні бактерії накопичували на МПА; амілолітичні - на агаризованому середовищі, яке містить крохмаль; спорові - на середовищі Ваксмана; гетеротрофні - на МПБ, який містив 10 - 15 % желатини; мікроміцети - на середовищі Чапека; міксобактерії - на агаризованому середовищі з набором мінеральних солей і з додаванням крохмалю (середовище Leolanova); актиноміцети - на агаризованому відварі вівсяної муки (середовище Країнського); амоніфікуючі - на МПБ; денітрифікуючі - на середовищі Гільтая; залізоокислюючі - на середовищі Ліске; гетеротрофні бактерії-продуценти амінокислот - на середовищі Вербіної; марганецьокислюючі - на середовищі Ліске; олігокарбофільні - на середовищі Горбенко. Після визначення морфологічних і фізіологічних ознак проводили ідентифікацію мікроорганізмів за визначниками бактерій [9, 10].

Отримані результати

Результати якісних і кількісних мікробіологічних аналізів проб ґрунтів і результати визначень вмісту нуклідів ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, які було вимито в ході двох процедур впливу на мікробні асоціації, наведено в табл. 1 і 2. Оскільки для проведення експерименту ґрунт ситували, спеціально розчавлювали грудочки до розміру менше 1 мм, перемішували, коріння рослин видаляли тощо, це вносило певні особливості у властивості ґрунту як субстрату розвитку або функціонування мікробної асоціації. У першу чергу в певному ступені порушувалася структура ґрунту, умови аерації мікрозон, мікрозональні розходження складу мікроорганізмів [1, 6, 7]. Проте це дає змогу найкращим чином визначити вплив тієї чи іншої БАР на мікробну асоціацію та наслідки цього впливу.

Виконано визначення вмісту ¹³⁷Cs в промивних водах (Бк/зразок) і в ячменю (Бк/г сухої маси) для 65 варіантів біохімічного впливу на мікробну асоціацію одного й того ж самого зразка ґрунту. Результати наведено на рис. 1 та 2.

табл 1

табл.2

рис. 1

рис. 2

Вплив БАР призводить до формування у ґрунті під час експерименту специфічних мікробних асоціацій, як це видно за даними чисельності мікроорганізмів табл. 1 та 2. Найвірогідніше, що це протікає завдяки впливу БАР на характер процесів трансформації органічної речовини мікроорганізмами, зміні співвідношення активності окремих ферментних систем. У свою чергу це відбивається на чисельності мікробів різних груп.

Треба зауважити, що параметри чисельності мікроорганізмів не є вичерпними характеристиками ґрунту як живої системи. По-перше, тому, що в межах однієї групи харчування в натурних умовах мікроорганізми можуть проводити трансформацію органічних речовин у широкому діапазоні напрямків, що може призводити до сильних розходжень у складах продуктів метаболізму. По-друге, класичні методичні підходи для виявлення кількості мікроорганізмів у зразках, що досліджуються, потребують висіву водної витяжки клітин (спор) на селективні поживні середовища. Після певного часу культивування підраховується кількість колоній мікроорганізмів. На основі отриманої чисельності колоній роблять висновок щодо кількості мікроорганізмів у зразку, який аналізують. Такий підхід дає дуже велику похибку. Він не враховує реальну активність культури в реальному зразку, її властивість щодо напрацювання певних метаболітів, які зв'язують радіонуклід, або навіть взагалі, чи знаходиться культура в активному стані, чи в стані анабіозу. На селективному середовищі проростають та розмножуються всі спори (клітини) культури незалежно від стану попередньої активності. Тому параметр «чисельність мікроорганізмів, що дають колонії на поживному середовищі з певними властивостями» може використовуватись дуже обережно для опису зв'язаності радіонуклідів мікробними метаболітами.

Треба ще раз зауважити, що чисельність мікроорганізмів різних груп не є прямим параметром, що характеризує зв'язаність радіонукліда. Проте зміна чисельності мікроорганізмів або, точніше, зміна співвідношення чисельності дозволяє констатувати факт якісної зміни процесів обміну в мікробній асоціації. У свою чергу зміна процесів обміну призводить до зміни зв'язування радіонуклідів та їх вимивання водою. Проте й сам процес вилучення радіонуклідів у воду ще не остаточна характеристика, тому що водорозчинні форми можуть бути дуже різними за своїми властивостями. Наприклад, вони можуть засвоюватись рослинами чи, навпаки, бути недоступними для них.

Існуюче традиційне узагальнення «чим більше водорозчинної форми радіонукліда – тим більше накопичення радіонукліда рослинами» не знайшло підтвердження у ході експериментів з пророщуванням ячменю на ґрунті, мікробну асоціацію якого піддавали впливу БАР. Вміст радіоцезію у воді та в ячменю представлено на рис. 1 і 2. Як видно з рисунків, надання впливу на мікробну асоціацію призводить до зміни вимивання нукліда водою й зміни його переходу в рослину відносно контрольного досліду (варіант № 66 - контроль). Дуже важливим є той факт, що максимуми (мінімуми) вимивання та накопичення нукліда рослиною не збігаються. Це дозволяє стверджувати, що ефективно вимивання нукліда з ґрунту не призводить до підвищення його накопичення в рослині. Тобто форма, що вимивається, і форма, що накопичується, це не одне й те саме. По-третє, число груп (і видів) ґрунтових організмів (бактерій, плісень, найпростіших, ґрунтових комах та інших живих організмів) дуже велике. Висів зразків на селективні поживні середовища призводить до значних втрат видів культур.

Культури, що проростають можуть не мати безпосереднього відношення до зв'язування радіонуклідів. Їх метаболізм у реальних симбіозах методично дуже важко врахувати.

Ось чому в умовах ґрунту виявлення причинно-наслідкових зв'язків - дуже складна методична проблема.

Дуже цікавим, на наш погляд, є те, що за даними табл. 1 і 2 збільшення вимивання радіоцезію відносно контролю не призводить до збільшення вимивання радіостронцію або навпаки. Це дає змогу припускати, що утримання (зв'язування) радіонуклідів у ґрунті носить біотичний (або біохімічний) характер, це не є звичайне хімічне комплексоутворення з неор-

ганічними або органічними речовинами, що присутні в ґрунті. Найвірогідніше, що стронцій та цезій обслуговують різні, може навіть протилежні біохімічні процеси в живих (мікро)організмах. Це вірогідне припущення потребує подальшого прискіпливого та всебічного дослідження.

За даними табл. 1 та 2 максимальні інтервали змінення вимивання нуклідів чорнобильського забруднення з ґрунту після впливу на чисельність й активність компонентів мікробної асоціації відносно контрольного зразка склав 3 - 4 порядки (табл. 3).

Для визначення відтворюваності наслідків впливу БАР на нерозмелених зразках вибрали варіант впливу DD3 (на основі куматетрілу [5]). Зразки ґрунту пропустили крізь сито з розміром комірки 6 мм, крупне коріння рослин відкинули. Отриманий матеріал ретельно перемішали, наважки $45 \pm 1,0$ г помістили в стаканчики й піддали 1-кратному впливу в семи повторах. Після 2-тижневої експозиції ґрунт промили 250 см^3 дистильованої води й визначили вміст ^{137}Cs . Сумарна похибка окремого виміру ^{137}Cs не перебільшувала 10 %. Отримані дані наведено в табл. 4. Як видно з даних таблиці, варіант впливу DD3 надає відтворювану дію на вимивання ^{137}Cs з немеленого ґрунту з рослинними залишками, що містить нерозчавлені грудочки. Тобто дія БАР є досить відтворюваною.

Таблиця 3. Максимальне та мінімальне відносне вимивання радіонуклідів при дії БАР, відн. од.

Радіонуклід	Максимальне вимивання	Контроль	Мінімальне вимивання
^{137}Cs	155	1	0,07
^{90}Sr	121	1	0,13

Таблиця 4. Результати вимивання ^{137}Cs з проби ґрунту при дії на мікробну асоціацію за варіантом DD3 у семи повторах

Загальний вміст ^{137}Cs у зразку, Бк	Вплив DD3		Контрольний дослід		
	Вміст ^{137}Cs у промивній воді		Загальний вміст ^{137}Cs у зразку, Бк	Вміст ^{137}Cs у промивній воді	
	Бк	% від загального		Бк	% від загального
135000	16800	12,4	147000	70	0,05
141000	18500	13,1	146000	80	0,05
142000	19300	13,6	149000	80	0,05
140000	27600	19,7	147000	110	0,07
142000	37300	26,3	146000	370	0,25
146000	39000	26,7	149000	570	0,38
137000	37400	27,3	141000	192	0,14

Висновки

Поведінка радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в ґрунтах, їх вимивання водою зв'язані зі станом мікробної асоціації ґрунту. Розбіг у вимиванні ^{137}Cs і ^{90}Sr дає можливість обґрунтованого припущення щодо обслуговування цезієм та стронцієм різних біохімічних процесів у мікробній асоціації ґрунту.

Максимальне вимивання ^{137}Cs і його максимальне накопичення рослиною (ячменем) спостерігається при різних станах мікробної асоціації (для різних складів мікробних асоціацій). Це дає змогу припускати, що форми ^{137}Cs , які вимиваються водою, і форми, які переходять у рослину, не є однаковими.

Отримані результати щодо дослідження змінності зв'язаності радіонуклідів шляхом впливу на мікробні асоціації ґрунтів указують на великі перспективи досліджень у галузі використання мікроорганізмів природних ґрунтових ценозів для ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, відкривають великі можливості регулювання потоків радіонуклідів у природних та напівприродних біотопах для забезпечення екологічної безпеки експлуатації об'єктів ядерної енергетики.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Аристовская Т. В.* Микробиология процессов почвообразования. - Л.: Наука, 1980. - 187 с.
2. *Рыбалка В.Б., Сербинович В.В.* Способ определения стронция-90: Пат. № 42873 Украина // Бюл. винаходів. - 2001.- № 10.
3. *Очкин А.В., Новиков М.П., Лейкин Ю.А. и др.* Метод анализа индикаторных концентраций ^{137}Cs в объектах окружающей среды // Современные методы разделения и определения радиоактивных элементов. - М.: Наука, 1989. - С. 261 - 264.
4. *Rybalka V., Klechkovskaja E., Serbinovich V. et al.* The microbiological factor and possibilities of radionuclides outwash control, changing of its uptake by plants on an example of the contaminated soils of Chernobyl zone // International Conference, Prague, 11 - 13 Sept. 2001. Crop Science on the verge of the 21-th Century – Opportunities and Challenges: Proceedings of the 50-th Anniversary Conferences. Proceeding. - P. 164 - 167.
5. *Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.* Офіційне видання. - К.: Юнівест маркетинг, 1999. - 222 с.
6. *Методы почвенной микробиологии и биохимии /* Под ред. Д. Г. Звягинцева. - М.: Изд-во МГУ, 1991. – 301 с.
7. *Пошон Ж., Де Баржак Г.* // Почвенная микробиология. - М.: Мир, 1988. - 388 с.
8. *Сэги Й.* Методы почвенной микробиологии. - М.: Колос, 1983. - С. 163, 182.
9. *Красильников Н.А.* Определитель бактерий и актиномицетов. - М.: Изд-во АН СССР, 1949. – 830 с.
10. *Краткий определитель бактерий Берги /* Под ред. Дж. Хоулта. - М.: Мир, 1980. - 495 с.

Надійшла до редакції 13.12.05

Таблиця 1. Чисельність мікроорганізмів різних груп харчування після 2-кратного впливу в зразках ґрунту № 1 - 7

Група мікроорганізмів	Чисельність мікроорганізмів у 1 г зразка ґрунту						
	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4	Зразок № 5	Зразок № 6	Зразок № 7
Спорові	-	-	$(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(44,1 \pm 8,8) \cdot 10^3$	$(2,8 \pm 0,4) \cdot 10^3$	-
Амілолітичні	$(1,5 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,4 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(35,1 \pm 5,3) \cdot 10^3$	-	$(3,1 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(2,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(3,6 \pm 0,7) \cdot 10^3$
Мікроміцети	$(7,9 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(1,5 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(23,8 \pm 4,8) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(2,7 \pm 0,5) \cdot 10^3$	$(4,9 \pm 0,9) \cdot 10^3$	-
Олігокарбофіли	-	$(0,3 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(17,7 \pm 2,7) \cdot 10^3$	$(2,6 \pm 0,5) \cdot 10^3$	-	$(0,5 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(19,7 \pm 5,2) \cdot 10^3$
Жиророзщеплюючі	$(3,8 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(5,5 \pm 0,9) \cdot 10^3$	$(11,3 \pm 2,3) \cdot 10^3$	$(8,3 \pm 1,7) \cdot 10^3$	$(3,5 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(3,7 \pm 0,9) \cdot 10^3$	$(9,3 \pm 2,9) \cdot 10^3$
Залізоокислюючі	$(62,7 \pm 12,5) \cdot 10^3$	$(41,7 \pm 6,4) \cdot 10^3$	$(59,4 \pm 10,7) \cdot 10^3$	$(39,3 \pm 7,8) \cdot 10^3$	$(74,7 \pm 14,9) \cdot 10^3$	$(71,4 \pm 14,2) \cdot 10^3$	$(45,6 \pm 9,1) \cdot 10^3$
Марганецьокислюючі	$(3,7 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(1,6 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(48,2 \pm 7,1) \cdot 10^3$	$(81,8 \pm 16,4) \cdot 10^3$	$(1,5 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,7 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(0,3 \pm 0,1) \cdot 10^3$
Амоніфікуючі	$(25,6 \pm 4,6) \cdot 10^7$	$(43,4 \pm 8,7) \cdot 10^7$	$(27,1 \pm 4,9) \cdot 10^7$	$(49,6 \pm 9,9) \cdot 10^7$	$(33,2 \pm 6,6) \cdot 10^7$	$(27,1 \pm 5,4) \cdot 10^7$	$(18,1 \pm 3,6) \cdot 10^7$
Денітрифікуючі	$(38,1 \pm 7,6) \cdot 10^5$	$(15,7 \pm 3,1) \cdot 10^5$	$(15,3 \pm 3,8) \cdot 10^5$	$(39,8 \pm 7,9) \cdot 10^5$	$(22,2 \pm 4,5) \cdot 10^5$	$(28,4 \pm 5,7) \cdot 10^5$	$(27,6 \pm 5,5) \cdot 10^5$
Міксобактерії	$(4,3 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(1,7 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(38,2 \pm 7,7) \cdot 10^3$	$(2,4 \pm 0,5) \cdot 10^3$	-	$(2,8 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(3,3 \pm 2,3) \cdot 10^3$
Вміст нукліда в промивній воді							
^{137}Cs , Бк / зразок	32±5,0	53±8,9	56±6,4	185±34	74±10,2	572±81,0	56±10,8
^{137}Cs , % від контролю	21	36	38	124	50	384	44
^{90}Sr , Бк / зразок	630±36,4	1490±82,7	1320±100,5	16400±487,0	1963±183,6	10610±693	144±11,1
^{90}Sr , % від контролю	467	1104	978	12148	1454	7859	107

Таблиця 2. Чисельність мікроорганізмів різних груп харчування після 2-кратного впливу у зразках ґрунту № 8 – 12 та контролю

Група мікроорганізмів	Чисельність мікроорганізмів у 1 г зразка ґрунту					
	Зразок № 8	Зразок № 9	Зразок № 10	Зразок № 11	Зразок № 12	Контроль
Спорові	$(4,2 \pm 0,8) \cdot 10^3$	-	$(28,3 \pm 5,6) \cdot 10^3$	$(4,4 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(4,1 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(6,3 \pm 0,6) \cdot 10^3$
Амілолітичні	-	$(38,0 \pm 10,8) \cdot 10^3$	-	$(6,2 \pm 1,2) \cdot 10^3$	$(1,4 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,0 \pm 0,2) \cdot 10^3$
Мікроміцети	-	$(3,5 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,8 \pm 0,4) \cdot 10^3$	-	$(2,5 \pm 0,4) \cdot 10^3$
Олігокарбофіли	$(2,8 \pm 0,5) \cdot 10^3$	$(6,2 \pm 1,2) \cdot 10^3$	$(10,4 \pm 2,1) \cdot 10^3$	$(0,3 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(1,7 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(2,7 \pm 0,5) \cdot 10^3$
Жиророзщеплюючі	$(4,9 \pm 2,5) \cdot 10^3$	$(11,8 \pm 2,4) \cdot 10^3$	$(13,6 \pm 2,7) \cdot 10^3$	$(4,4 \pm 1,1) \cdot 10^2$	$(2,9 \pm 0,7) \cdot 10^3$	$(14,9 \pm 3,7) \cdot 10^3$
Залізоокислюючі	$(53,8 \pm 10,8) \cdot 10^3$	$(22,8 \pm 4,6) \cdot 10^3$	$(43,8 \pm 8,8) \cdot 10^3$	$(50,1 \pm 10,2) \cdot 10^3$	$(52,5 \pm 11,2) \cdot 10^3$	$(32,6 \pm 11,2) \cdot 10^3$
Марганецьокислюючі	$(3,2 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(37,4 \pm 7,5) \cdot 10^3$	$(48,9 \pm 9,8) \cdot 10^3$	$(59,3 \pm 8,9) \cdot 10^3$	$(2,9 \pm 0,6) \cdot 10^3$
Амоніфікуючі	$(13,8 \pm 2,8) \cdot 10^7$	$(20,6 \pm 4,1) \cdot 10^7$	$(16,7 \pm 3,3) \cdot 10^7$	$(33,4 \pm 6,7) \cdot 10^7$	$(18,9 \pm 3,8) \cdot 10^7$	$(16,3 \pm 2,6) \cdot 10^6$
Денітрифікуючі	$(29,8 \pm 5,7) \cdot 10^5$	$(11,4 \pm 2,3) \cdot 10^5$	$(14,8 \pm 2,8) \cdot 10^5$	$(21,3 \pm 4,3) \cdot 10^5$	$(31,8 \pm 6,4) \cdot 10^5$	$(15,3 \pm 2,4) \cdot 10^5$
Міксобактерії	$(4,2 \pm 2,1) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(3,8 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(4,9 \pm 0,9) \cdot 10^3$	-	$(4,3 \pm 0,7) \cdot 10^3$
Вміст нукліда в промивній воді						
^{137}Cs , Бк / зразок	993±170	48±6,1	618±92,1	57±7,3	63±8,4	149±19,9
^{137}Cs , % від контролю	666	32	415	38	42	100
^{90}Sr , Бк / зразок	571±38,7	1760±158,6	55±3,0	10591±337,6	2180±112	135±6,4
^{90}Sr , % від контролю	423	1304	41	7845	1615	100

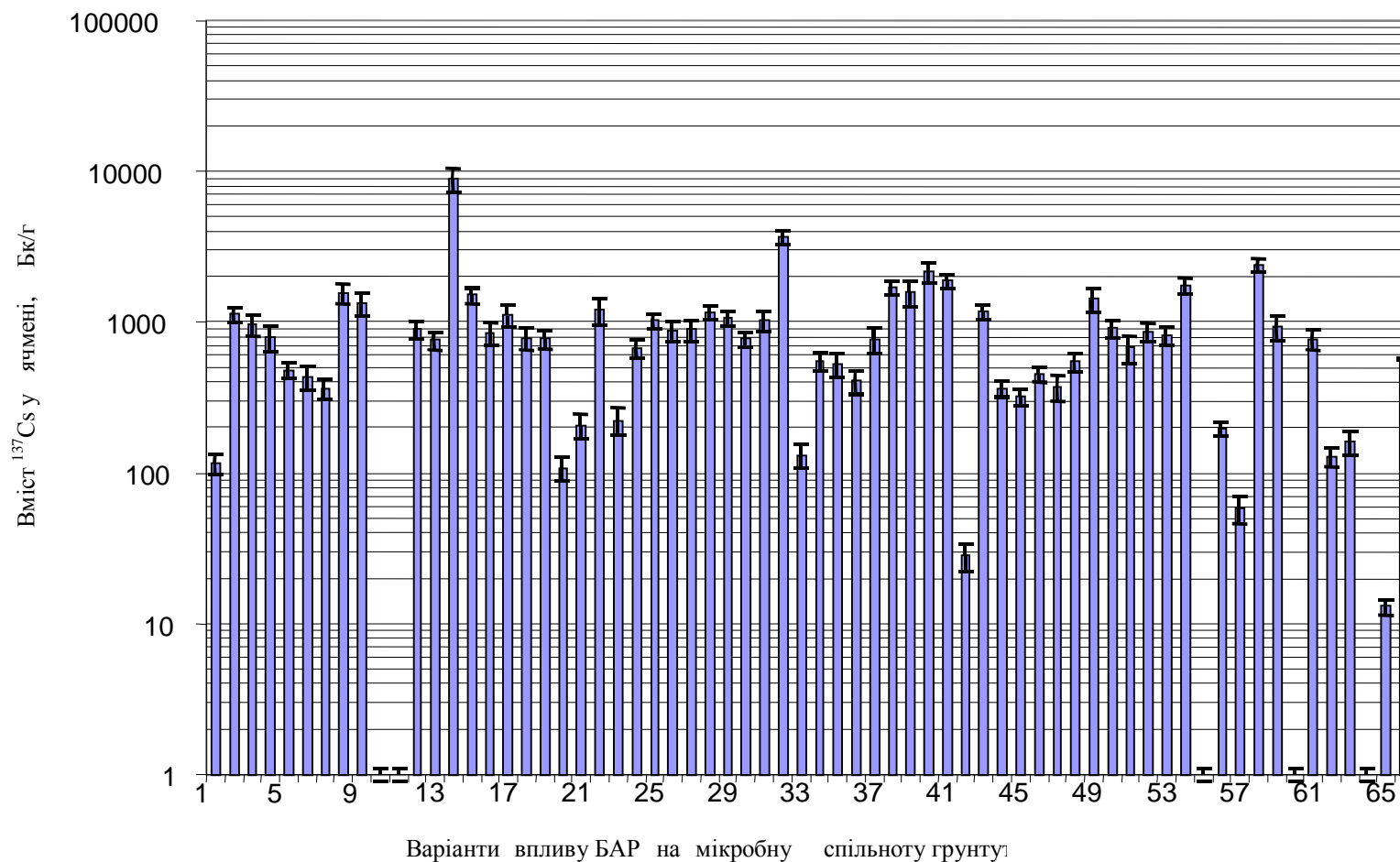


Рис. 1. Накопичення ^{137}Cs в ячмені для різних варіантів впливу БАР на стан мікробної асоціації ґрунту. Варіант № 66 - контроль.

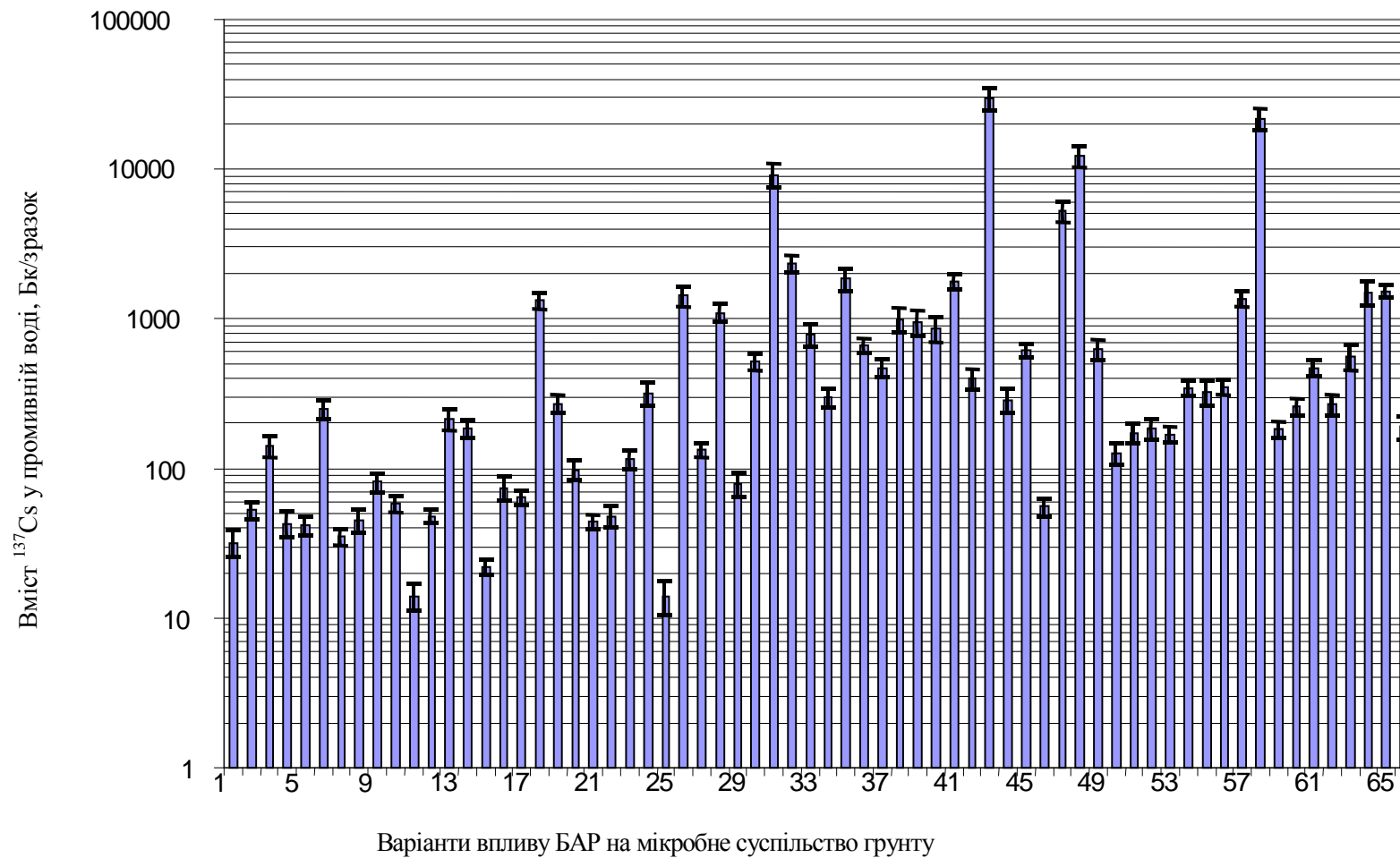


Рис. 2. Вимивання ^{137}Cs з ґрунту для різних варіантів впливу БАР на стан мікробної асоціації ґрунту. Варіант № 66 - контроль.

9 ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОВЕДЕНИЕ В ГРУНТЕ РАДИОЦЕЗИЯ И РАДИОСТРОНЦИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ВЫБРОСА

В. Б. Рыбалка, И. Н. Канцева, В. В. Сербинович, Е. А. Клечковская, Г. И. Петелин

Показано, что поведение радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах зависит от состояния сообщества почвенных микроорганизмов. Установлены различия в вымывании ^{137}Cs и ^{90}Sr водой и накоплении ячменем. Представлены результаты, указывающие на то, что не все водорастворимые (вымываемые водой) формы накапливаются растениями. Полученные данные указывают на перспективы изменения связываемости радионуклидов путем оказания воздействия на сообщества почвенных микроорганизмов и открывают возможности регулирования потоков радионуклидов в природных и полуприродных биотопах для обеспечения экологической безопасности эксплуатации объектов ядерной энергетики. Игнорирование почвы как специфической среды обитания живых (микро)организмов приводит к игнорированию самого сильного фактора, который отвечает за связывающие (удерживающие) свойства почв, трансформацию и перераспределение органических веществ-комплексобразователей, что, в свою очередь, обуславливает специфическое поведение в системе минеральных веществ и, соответственно, радионуклидов.

9 MICROORGANISMS INFLUENCE ON BEHAVIOUR OF CHERNOBYLS POLLUTION RADIOCAESIUM AND RADIOSTRONTIUM IN SOIL

V. B. Rybalka, I. N. Kantseva, V. V. Serbinovich, E. A. Klechkovskaya, G. I. Petelin

It is shown, that the behaviour radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in soils depends on a condition of community of soil microorganisms. Distinctions in washing away ^{137}Cs and ^{90}Sr by water and accumulation by barley are shown. The received results specify what not all water-soluble (washed away by water) forms collected by plants. Prospects of change of radionuclides binding by rendering influence on microbial communities of soil microorganisms also open opportunities of regulation of streams radionuclides in natural and semi-natural biotopes for maintenance of ecological safety of operation of objects of nuclear power. Ignoring of ground as specific inhabitancy alive (micro) organisms, results in ignoring the strongest factor, which is responsible for binding (holding) soil properties, for transformation and redistribution of responded for complexation organic substances, that, in turn, causes specific behaviour of mineral substances in system, and, accordingly, radionuclides.

Варіанти впливу БАР на мікробну асоціацію ґрунту

Варіанти впливу БАР на мікробну асоціацію ґрунту

Варіанти впливу БАР на мікробну асоціацію ґрунту

Варіанти впливу БАР на мікробну асоціацію ґрунту