

РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНСЬКОМУ ПОЛІССІ

В.П. Ландін

Інститут агроекології і природокористування НААН

Проаналізовано радіаційно-екологічні проблеми реабілітації сільськогосподарського виробництва в Українському Поліссі у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС. Оцінено ступінь радіоактивного забруднення сільськогосподарських культур радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr . Виявлено варіабельність кореляційного зв'язку між потенційною здатністю сільськогосподарських рослин накопичувати радіонукліди та інтенсивністю потоків радіонуклідів з урожаєм. Встановлено найефективніші системи удобрення для зниження накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими культурами. Обґрунтовано необхідність наукового супроводу розроблення і реалізації контрзаходів.

Ключові слова: *винос радіонуклідів з урожаєм, реабілітація сільськогосподарського виробництва, Українське Полісся, контрзаходи.*

Виробництво сільськогосподарської продукції є невід'ємною частиною економіки аграрних підприємств Українського Полісся. Однак забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами після аварії на Чорнобильській АЕС докорінно змінило екологічну ситуацію і умови діяльності сільських товаровиробників на забруднених територіях. У цих регіонах за період соціально-економічних перетворень, що відбулись у сільському господарстві за останні десятиліття, звузилася спеціалізація аграрного виробництва у бік галузі рослинництва і, відповідно, скоротилися галузі тваринництва. Як наслідок, значно зменшилися обсяги виробництва і використання органічних добрив, а також порушився найголовніший ланцюг агро-екосистем, що забезпечує їх екологічно стабільне функціонування, в т.ч. кругообіг азоту, фосфору, калію, кальцію та вуглецю.

Негативні економічні наслідки є особливо відчутними на територіях, забруднених радіонуклідами, на яких дедалі частіше відбувається несанкціоноване, хаотичне і безконтрольне використання земель для вирощування сільськогосподарських культур, а ризик отримання радіоактивно забрудненої сільськогосподарської продукції залишається доволі високим [1].

Мета роботи полягає в обґрунтуванні концептуальних положень реабілітації та відтворення агроекологічних функцій радіоактивно забруднених земель для формування економічно ефективних систем аграрного виробництва.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз радіаційного стану постраждалих земель і сучасного рівня забруднення радіонуклідами продукції аграрних підприємств та особистих підсобних господарств селян, радіаційно-екологічних аспектів реабілітації земель у віддалений період після Чорнобильської катастрофи проводили за результатами досліджень, отриманими у довгостроковому досліді ІСП НААН та шляхом узагальнення офіційної інформації радіологічної служби Міністерства аграрної політики та продовольства України у Волинській, Житомирській, Рівненській, Київській і Чернігівській областях.

Параметри міграції радіонуклідів у системі «ґрунт – рослина» вивчали в стаціонарному польовому досліді на території дослідного господарства «Грозинське» ІСП НААН. Досліджували вплив різних варіантів удобрення (для картоплі: № 1 – без добрив, № 2 – гній + $\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ під культуру, № 4 – солома + $\text{N}_{40}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ під солому + N_{40} під культуру, № 8 – со-

лома + сидерат + $N_{40}P_{60}K_{100}$ під сидерат + N_{40} під культуру, № 11 – гній + $N_{120}P_{90}K_{120}$ під культуру; для вівса: № 1 – без добрив, № 2 – $N_{60}P_{60}K_{60}$, № 4 – $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$ як підживлення, № 8 – $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30}$ як підживлення, № 11 – $N_{30}P_{90}K_{100} + N_{35}$ – у фазі виходу у трубку + N_{35} – наливу зерна) на інтенсивність накопичення та виносу радіонуклідів рослинами. Ґрунт дослідного поля – типовий для Полісся, дерново-підзолистий супіщаний, з низьким умістом гумусу і основних поживних елементів для рослин та кислою реакцією ґрунтового розчину. Щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs земель дослідного господарства варіює у межах 37–185 кБк/м². Відбір зразків і їх підготовку до вимірювань здійснювали за загальноприйнятими методиками, з урахуванням специфіки проведення науково-дослідних робіт у галузі сільськогосподарської радіології [2]. Питому активність ^{137}Cs у ґрунті і продукції визначали спектрометричним методом на сцинтиляційному β - γ -спектрометрі СБГ-001 АКП.

Для оцінки накопичення радіонуклідів у врожаї за різної щільності забруднення ґрунту використовували коефіцієнт переходу (КП) та коефіцієнт накопичення (КН) ^{137}Cs і ^{90}Sr із ґрунту в рослини. Висношення радіонуклідів з урожаєм сільськогосподарських культур визначали розрахунковим методом за показниками врожайності культур (т/га) і питомої активності радіонукліда у продукції або в біомасі (кБк/га).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Унаслідок аварії на Чорнобильській АЕС територія Українського Полісся зазнала інтенсивного забруднення радіонуклідами. За даними радіаційного обстеження площа сільськогосподарських угідь зі щільністю радіоактивного забруднення ґрунту радіоізотопами

цезію понад 37 кБк/м² на Поліссі становить 1172 тис. га, з яких 774,3 – орні землі та 423,0 тис. га – сінокоси і пасовища. Сільськогосподарські угіддя з високими рівнями радіоактивного забруднення на площі 130,6 тис. га були виведені з господарського використання і нині потребують реабілітації [3].

У квітні 2016 р. минає 30 років після Чорнобильської катастрофи, що в часовому вимірі дорівнює одному періоду напіврозпаду основних дозоутворювальних радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr . Завдяки процесам фізичного розпаду радіонуклідів, необхідному поглинанню їх у ґрунті, а також агрохімічним контрзаходам, які проводились у перші десять років після аварії, питома активність ^{137}Cs у верхніх шарах ґрунту в агроценозах порівняно з перелогами і лісовими екосистемами знизилась майже вдвічі (рис. 1), а тому радіаційна ситуація на забруднених територіях істотно змінилась на краще.

Важливим у цьому аспекті є й те, що зменшенню рівня радіоактивного забруднення верхнього 20-см шару ґрунту порівняно з природними екосистемами – лісовими насадженнями і перелогами – сприяло застосування на орних землях комплек-

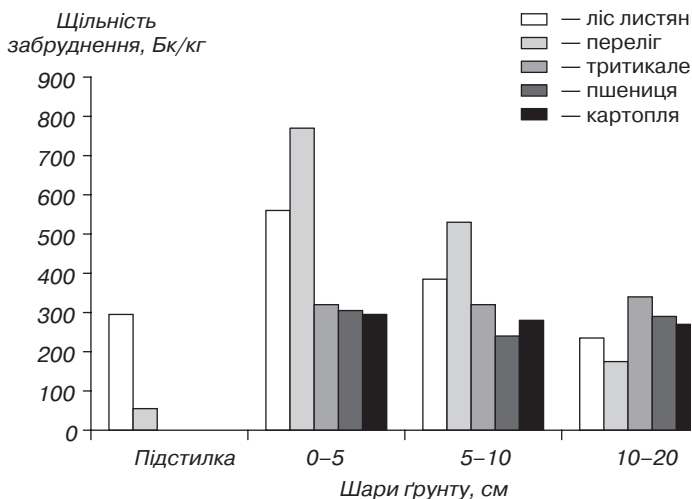


Рис. 1. Розподіл питомої активності ^{137}Cs у профілі дерново-підзолистого ґрунту в агроценозах і природних екосистемах

су агрохімічних і агротехнічних заходів. На перелогах і в лісових насадженнях у верхньому 10-см шарі ґрунту, де міститься переважна кількість коренів зернових злакових рослин, питома активність ^{137}Cs удвічі вища, ніж у ґрунті агроценозів. Це дає підстави припустити, що накопичення радіонуклідів сільгоспкультурами буде значно меншим, аніж травостоєм на перелогах.

Радіоекологічна ситуація, яка нині склалась у забруднених агрокосистемах унаслідок припинення проведення комплексних контрзаходів, змінюється дуже повільно і повністю визначається фізичним розпадом радіонуклідів ^{137}Cs та підвищенням рухомості ^{90}Sr у системі «ґрунт – рослина». Тому така ситуація збережеться впродовж ще не одного десятиліття і буде цілком визначатись процесами автореабілітації ґрунтів [1, 3, 4].

Для оцінки ступеня радіоактивного забруднення сільгосппродукції проведено дослідження питомої активності та коефіцієнтів переходу і накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr у вегетативну масу і зерно кукурудзи (табл. 1) у посівах на дерново-лучних легкосуглинкових ґрунтах у заплаві р. Уж біля с. Христинівки Народицького р-ну Житомирської обл.

За отриманими даними, за внесення під час посіву кукурудзи повного мінерального удобрення в дозі $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ на 1 га, КН ^{90}Sr у зерні кукурудзи був вищим на порядок, а КП – у 35 разів, аніж відповід-

ні коефіцієнти ^{137}Cs . Питома активність ^{137}Cs у вегетативній масі кукурудзи варіює у межах 87–132 Бк/кг, тобто не перевищує допустимих рівнів забруднення і може використовуватись на корм тваринам без обмежень. У зерні кукурудзи питома активність ^{137}Cs і ^{90}Sr становить відповідно 51,0 і 19,9 Бк/кг, тобто відповідає верхній межі допустимого рівня забруднення для продовольчого зерна.

Накопичення радіонуклідів ^{137}Cs у зерні сої в посівах на тому самому полі у 2015 р. (табл. 2) у 6 разів було вищим, ніж у зерні кукурудзи, а забруднення зерна сої радіонуклідами ^{90}Sr майже на два порядки нижчим, ніж ^{137}Cs . Вегетативна маса сої – стебло і стручки має у 1,9 та 5,9 раза вище забруднення радіонуклідами ^{137}Cs порівняно з кукурудзою.

Серед кормових культур, які вирощують за аналогічних з наведеними вище умов, максимальні рівні радіоактивного забруднення ^{137}Cs (табл. 3) є властивими трав'яній злаковій рослинності в міжрядях топінамбура, але питома активність радіонуклідів не перевищує державного гігієнічного нормативу для сіна.

Коренеплоди топінамбура, хоч і ростуть на радіоактивно забрудненому ґрунті, мають доволі низький рівень забруднення як ^{137}Cs , так і ^{90}Sr і можуть використовуватись на корм тваринам без обмежень.

У віддалений післязаварійний період основним джерелом радіаційної небезпеки

Таблиця 1

Питома активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у ґрунті, вегетативній масі і зерні кукурудзи (Бк/кг), 2014 р.

Види зразків	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs		^{90}Sr	
			Кп	Кн	Кп	Кн
Стебло кукурудзи (без листя)	87,0±22,0		0,27	0,06		
Листя кукурудзи	132,0±33,0		0,41	0,10		
Стрижні качанів кукурудзи (без зерна)	89,0±22,0		0,28	0,06		
Обгорткові листки початків кукурудзи	108,0±27,0		0,34	0,08		
Зерно кукурудзи	51,0±13,0	19,9±4,0	0,16	0,04	4,10	0,41
Ґрунт	1351,0±457,0	48,6±10,0	–	–	–	–
Щільність забруднення (кБк/м ²)	320,80	4,85	–	–	–	–

Таблиця 2

Питома активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у ґрунті, вегетативній масі та зерні сої (Бк/кг), 2015 р.

Види зразків	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs		^{90}Sr	
			Кп	Кн	Кп	Кн
Зерно	1300	15,3	0,96	0,23	2,10	0,21
Листя	227,0	276,0	0,17	0,40	3,79	0,38
Стебло	169	59,5	0,13	0,03	8,16	0,81
Коріння	270	76,0	0,20	0,05	10,43	1,04
Стручки	638	90,4	0,47	0,11	12,40	1,24
Ґрунт	5680	73,1	–	–	–	–
Щільність забруднення (кБк/м ²)	1348,7	7,29	–	–	–	–

Таблиця 3

Питома активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у кормових культурах (Бк/кг), 2014 р.

Види зразків	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs		^{90}Sr	
			Кп	Кн	Кп	Кн
Топінамбур (стебло з листям)	34,0±8,0		0,03	0,01		
Топінамбур (коренеплоди)	58,0±14,0	27,0±5,0	0,05	0,01	1,67	0,44
Сильфія (стебло з листям)	260,0±65,0		0,24	0,05		
Сіно злаків у міжряддях топінамбура	931,0±233,0		0,85	0,17		
Золоторізник канадський	129,0±32,0		0,12	0,02		
Ґрунт	5400,0±1350,0	61,8±12,0	–	–	–	–
Щільність забруднення (кБк/м ²)	1091,5	16,18	–	–	–	–

для населення є внутрішнє опромінення, величина якого залежить від споживання забрудненої продукції, що виробляється для харчових потреб на радіоактивно забруднених територіях. Тому в основі сучасних підходів до визначення радіаційно-екологічних аспектів впровадження протирадіаційних заходів у віддалений період після Чорнобильської катастрофи мають бути враховані не лише заходи, спрямовані на зменшення індивідуальної ефективної дози опромінення населення шляхом виробництва гарантовано радіоекологічно безпечної продукції на харчові потреби, але й колективної дози для визначених груп населення. Тобто слід звертати увагу не лише на потенційну здатність сільськогосподарських рослин накопичувати радіонукліди, але й на інтенсивність потоків ра-

діонуклідів з урожаєм. Саме цей показник визначає колективну дозу опромінення, а відтак, і ймовірність виникнення стохастичних ефектів опромінення у населення [1, 5–7]. Слід зауважити, що потенційна здатність сільськогосподарських культур до накопичення ^{137}Cs та інтенсивність потоків радіонукліда з урожаєм не завжди позитивно корелюють між собою. Тому не викликає сумніву потреба в контрзаходах для особистих селянських господарств критичних населених пунктів.

Найбільш небезпечною в радіологічному розумінні продукцією рослинництва насамперед є овочі. І якщо, скажімо, частка зеленних листових овочевих культур, — які характеризуються доволі значними КП радіонуклідів, — у споживчому кошику місцевих мешканців є невисокою, то ґрунтові

овочі, передусім картопля, здатні формувати чималий внесок у дозу внутрішнього опромінення населення, незважаючи на невисоку здатність до накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr . Тому контрзаходи доцільно проводити за вирощування саме таких культур. Найбільш дієвим і доцільним заходом, що дає змогу зменшити радіоактивне забруднення продукції рослинництва, є удобрення. За результатами досліджень (рис. 2-а), найефективнішим був варіант удобрення № 8. Слід наголосити, що коефіцієнти кореляції між рівнем забруднення ґрунту і валовим

виносом радіонукліда та рівнем забруднення ґрунту і рівнем забруднення бульб майже однакові – 0,69 і 0,67 відповідно.

Зауважимо, що для вівса (рис. 2-б) аналогічні коефіцієнти кореляції дещо різняться: для залежності валового виносу ^{137}Cs з урожаєм від рівня забруднення ґрунту – 0,39, для залежності забруднення зерна від рівня забруднення ґрунту – 0,72. До того ж було виявлено, що оптимальний ефект зі зменшення надходження радіонукліда у товарну продукцію вівса, так само як і для бульб, мав варіант удобрення № 8.

Однак останніми роками кошти на проведення будь-яких контрзаходів у сільськогосподарському виробництві, які забезпечують одержання безпечної продукції і недопущення опромінення населення понад встановлені норми, в т.ч. удобрення, не виділяються. Цей тягар повністю лягає на плечі підприємців і місцевого населення і зазвичай є непосильним. Окрім того, культури з низькими КП ^{137}Cs і ^{90}Sr , за їх розміщення на малородючих ґрунтах та за відсутності контрзаходів, здатні накопичувати радіонукліди понад встановлені допустимі рівні. Тому необхідно володіти даними стосовно властивостей ґрунтів та щільності поверхневого забруднення, щоб забезпечити оптимальне розміщення сільськогосподарських культур і вибір оптимальних контрзаходів та умов їх проведення. З огляду на це, вкрай необхідними є проведення радіаційного моніторингу забруднених територій і сільгосппродукції та науковий супровід планування та здійснення контрзаходів.

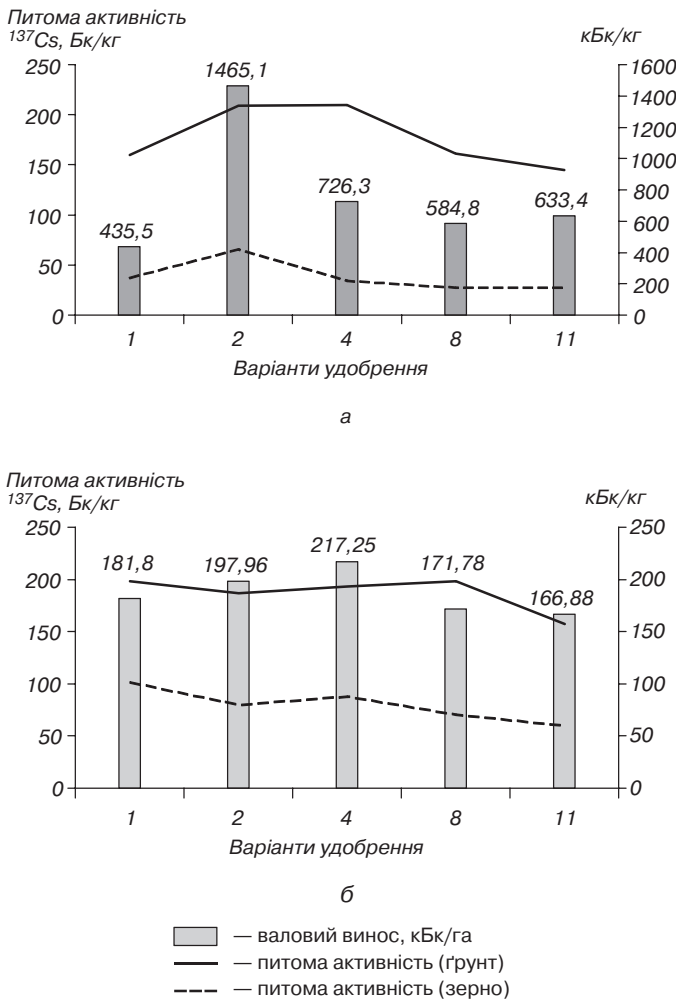


Рис. 2. Вплив систем удобрення на накопичення та винесення ^{137}Cs урожаєм: а — бульб картоплі; б — вівса (зерно)

ВИСНОВКИ

Радіоекологічна ситуація, яка нині склалась у забруднених агроєкосистемах Українського Полісся внаслідок припинення проведення комплексних контрзаходів, змінюється вкрай повільно і повністю визначається фізичним розпадом радіонуклідів ^{137}Cs та підвищенням рухомості ^{90}Sr у системі «грунт – рослина». Окреслюючи радіаційно-екологічні проблеми реабілітації сільськогосподарського виробництва постраждалих територій, слід звертати увагу не лише на потенційну здатність сільськогосподарських рослин накопичувати радіонукліди, але й на інтенсивність потоків радіонуклідів з урожаєм. Саме цей показник визначає колективну

дозу опромінення мешканців радіоактивно забруднених територій. Потенційна здатність сільгоспкультур до накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr та інтенсивність їх потоків з урожаєм не завжди позитивно корелюють між собою. Тому потреба у проведенні контрзаходів у особистих селянських господарствах критичних населених пунктів не викликає сумніву. Оскільки кошти на їх проведення державою нині не виділяються, необхідно володіти якомога повнішою інформацією про властивості ґрунтів та щільність поверхневого забруднення з метою оптимального використання ресурсів під час проведення контрзаходів, що своєю чергою потребує наукового супроводу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Радіаційно-екологічні аспекти використання забруднених земель у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС / О.І. Дутов, В.П. Дутов, В.П. Ландін та ін. // Агроєкологічний журнал. — 2015. — № 1. — С. 115–120.
2. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології. — К., 1992. — 136 с.
3. Радиологическая обстановка в Украине после Чернобыльской аварии и оптимизация применения контрмер на современном этапе / В.А. Кашпаров, В.И. Йошенко, Ю.О. Бондарь, Э.С. Танкач // Радиационная гигиена. — 2009. — Т. 2, № 1. — С. 15–19.
4. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобиль-

ської катастрофи, у віддалений період: рекомендації / за заг. ред. Б.С. Прістера. — К.: АТІКА, 2007. — 196 с.

5. Ярмоленко С.Л. Радиобиология человека и животных / С.Л. Ярмоленко. — М.: Высш. школа, 1988. — 424 с.
6. Радиационная и ядерная медицина: Физические и химические аспекты / под ред. Э.М. Бекман, О.А. Полонской-Буслаевой. — М., 2012. — 400 с.
7. Формування дози внутрішнього опромінення населення Українського Полісся внаслідок споживання харчових продуктів лісового походження / Г.М. Чоботько, Л.А. Райчук, Ю.М. Пісковий, І.І. Ясковець // Агроєкологічний журнал. — 2011. — № 1. — С. 37–42.

REFERENCES

1. Dutov O.I., Dutov V.P., Landin V.P. (2015). *Radiatsiyno-ekolohichni aspekty vykorystannya zabrudnennykh zemel' u viddalennyi period pislya avariyi na Chornobyl's'kii AES* [Radiation environmental aspects of contaminated land in the remote period after the accident at the Chernobyl nuclear power plant]. *Ahroekolohichnyy zhurnal* [Agroecological journal]. No. 1, pp. 115–120 (in Ukrainian).
2. *Metodychnyy posibnyk z orhanizatsiyi provedennya naukozo-doslidnykh robit v haluzi sil's'kohospodars'koyi radiolohiyi* [Toolkit for the organization of scientific research in the field of Agricultural Radiology]. Kyiv, 1992, 136 p. (in Ukrainian).
3. Kashparov V.A., Yoshchenko V.I., Bondar Yu.O., Tankach E.S. (2009). *Radiologicheskaya obstanovka v Ukraine posle Chernobyl'skoy avarii i optimizatsiya primeneniya kontrmer na sovremennom etape* [Radiological situation in Ukraine after the Chernobyl accident and optimization of application countermeasures on modern stages]. *Radiatsionnaya gigiena* [Radiation hygiene]. Vol. 2, No. 1, pp. 15–19 (in Russian).
4. Prister B.S. (2007). *Vedennya sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva na terytoriyakh, zabrudnennykh vnasli-*

dok Chornobyl's'koyi katastrofy, u viddalennyi period: rekomendatsiyi [Agricultural production in areas contaminated by the Chernobyl disaster in the remote period: Recommendations]. Kyiv: АТІКА Publ., 196 p. (in Ukrainian).

5. Yarmolenko S.L. (1988). *Radiobiologiya cheloveka i zhivotnykh* [Radiobiology humans and animals]. Moskva: Vysshya Shkola Publ., 424 p. (in Russian).
6. Bekman E.M., Polonskoy-Buslaevoy O.A. (2012). *Radiatsionnaya i yadernaya meditsina: Fizicheskie i khimicheskie aspekty* [Radiation and Nuclear Medicine: Physical and chemical aspects]. *Radio-khimiya* [Radiochemistry]. Vol. 7, Moskva: Markhotin P.Yu. Publ., 400 p. (in Russian).
7. Chobot'ko H.M., Raychuk L.A., Piskovyy Yu.M., Yaskovets' I.I. (2011). *Formuvannya dozy vnutrishn'oho oprominennya naselennya Ukrayins'koho Polissya vnaslidok spozhyvannya kharchovykh produktiv liso-zoho pokhodzhennya* [Formation of the exposure of the population of Ukrainian Polissya due to consumption of foods of the forest of origin]. *Ahroekolohichnyy zhurnal* [Agroecological journal]. No. 1, pp. 37–42 (in Ukrainian).