
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 631.445.1.550.378

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.5>

ВПРОВАДЖЕННЯ ДРЕНАЖНО-СОРБЦІЙНИХ СИСТЕМ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТОРФОВИХ ҐРУНТАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Біда П.І., Рудько О.М., Малимон С.С., Кушнірук О.М.

Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України
вул. Коперника, 44, 33001, м. Рівне

p.i.bida1976@gmail.com, o.rudko@ukr.net, stefania.malymon@gmail.com, o.m.kushniruk@gmail.com

У статті розглянуто проблему вертикальної міграції та накопичення радіонуклідів на торфових ґрунтах. Представлено польові дослідження з обґрунтування можливості використання дренажно-акумулюючих (сорбційних) систем для реконструкції дренажу в зоні Полісся. Встановлено, що радіологічний ефект радіоактивних випадів суттєво модифікований екологічними особливостями території Полісся, яка представлена лісовими і лучними, часто заболоченими ландшафтами, сформованими на лучно-болотних і торф'яно-болотних ґрунтах, тобто переважно на органогенних гідроморфних ґрунтах із низькою здатністю зв'язувати радіонукліди. Зазначені ґрунти характеризуються високим вмістом органічної речовини (20–60 %), низьким вмістом глинистих мінералів і мулової фракції та мікроелементів, кислою реакцією ґрунтового розчину й високою вологістю. Визначено, що ґрунт як основний компонент агроценозу помітно впливає на інтенсивність внесення радіоактивних речовин у кормові та харчові ланцюги. На акумуляцію радіонуклідів великий вплив має характер ґрунтового і рослинного покриву. На цілих ділянках природних луґів і пасовищ радіонукліди затримуються переважно у верхньому п'ятисантиметровому шарі, а на орних землях після обробітку розподіляються рівномірно по всьому орному шарі. Зазначено, що більш критичними в цьому плані є поширені на Поліссі торфові та глеєві ґрунти, для яких коефіцієнт переходу ^{137}Cs у ланці ґрунту-рослина становить 3–30, тоді як у дерново-підзолистих ґрунтах 0,2–7,6. Запропоновано дренажно-сорбційну систему, яка дає змогу акумулювати радіонукліди з торфових ґрунтів на глибині: верхній ярус до 50 см і нижній ярус до 100 см. Додатково дренажно-сорбційна система може акумулювати за допомогою фільтрів матеріальної дрени, які складаються з того самого матеріалу, що й верхній ярус. *Ключові слова:* дренажно-сорбційна система, ґрунт, радіонукліди, цезій-137, дрена, об'ємний органічний фільтр, фільтруючо-акумулюючий елемент, сорбент, розпушена смуга, акумулюючо-сорбційний елемент, лізиметр.

Introduction of drainage – sorption systems on radioactively contaminated peat soils of Polissya of Ukraine. Bida P., Rudko O., Malymon S., Kushniruk O.

The article considers the problem of vertical migration and accumulation of radionuclides on boggy soils. It presents field studies of possibility of use of drainage-accumulating (sorption) systems for drainage reconstruction in the Polissya zone. It is established that the radiological effect of radioactive fallout is significantly modified by ecological features of the territory in Polissya, which is represented by forest and meadow, often swampy landscapes formed on meadow-swamp and peat-swamp soils, which is mainly based on mainly organogenic radiculosis. These soils are characterized by a high content of organic substance (20–60 %), low content of clay minerals, silt fraction and trace elements, acid reaction of the soil solution and high humidity. It is determined that soil as the main component of agrocenosis significantly affects the intensity of inclusion of radioactive substances in feed and food chains. The nature of soil and vegetation has a great influence on the accumulation of radionuclides.

In virgin areas of natural meadows and pastures, radionuclides are retained mainly in the upper five-centimeter layer, and in cropland, after cultivation, they are evenly distributed throughout the plow layer. It is noted that peat and gley soils common in Polissya are more critical in this respect, for which the ^{137}Cs transition coefficient in the soil-plant link is 3–30, while in sod-podzolic soils 0.2–7.6. A drainage-sorption system is proposed, because it allows to accumulate radionuclides from peat soils at a depth exemplarily the upper tier up to 50 cm and the lower tier up to 100 cm. Additionally, the drainage-sorption system can accumulate with the help of material drain filters, which consist of the same material as the upper tier. *Key words:* drainage-sorption system, soil, radionuclides, cesium-137, drain, volumetric organic filter, filtering-accumulating element, sorbent, fluffy strip, accumulating-sorption element, lysimeter.

Постановка проблеми. Вивчення радіологічної ситуації в Західному Поліссі показало, що цей регіон характеризується високим коефіцієнтом переходу радіонуклідів із ґрунту до рослин, а потім – до організму людини (переважно через молоко). Загалом 46,4 % таких ґрунтів характеризується високою міграційною здатністю, з яких 38,3 % – торфобо-

лотні. Вміст радіаційного цезію в рослинах під час вирощування на таких землях у 10–30 разів більший порівняно з іншими зонами за такої щільності радіоактивного забруднення.

Регіон Українського Полісся відрізнявся найнижчим рівнем антропогенного навантаження і вважався одним із найбільш чистих в екологічному аспекті

регіонів. Водночас провінція Західного Полісся мала найкращі екологічні характеристики. Після аварії на Чорнобильській АЕС забруднення довкілля стало однією з домінуючих проблем, які потребують нагального розв'язання. Близько 40 000 км² території України зазнало радіаційного забруднення та віднесено до зон екологічного ризику. Основна кількість радіоактивного матеріалу випало на територію Українського і Білоруського Полісся. Фактор радіоактивного забруднення став визначальним під час організації сільськогосподарського виробництва таких територій.

Актуальність дослідження. Чорнобильська катастрофа призвела до забруднення величезних територій: тільки в Україні виявлено близько 1,24 млн га сільськогосподарських угідь із щільністю забруднення ¹³⁷Cs 1–15 Кі/км² [2]. Радіологічний ефект радіоактивних випадань суттєво модифіковано екологічними особливостями території Полісся, яка представлена лісовими та лучними, часто заболоченими ландшафтами, сформованими на лучно-болотних і торф'яно-болотних ґрунтах, тобто переважно на органогенних гідроморфних ґрунтах із низькою здатністю зв'язувати радіонукліди. Вони характеризуються високим вмістом органічної речовини (20–60 %) і дуже низьким вмістом глинистих мінералів, мулистої фракції та мікроелементів, кислою реакцією ґрунтового розчину ($\text{pH}_{\text{кел}} = 4,2\text{--}5,4$) і високою вологістю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню способів зниження вмісту радіонуклідів на території зони Полісся України суттєву увагу приділили науковці Л. Кожушко, П. Скрипчук, І. Рагузіна, В. Живиця, О. Стахів, А. Гордійчук та багато інших.

За даними С. Веремеєнка, загальна площа забруднених земель становить 4,6 млн га, із них 3,1 млн га орних земель. У Рівненській області площа сільськогосподарських угідь, які забруднено цезієм-137, становить 329,3 тис. га, а саме: 172,1 тис. га мають щільність забруднення 0,1–1,0 Кі/км²; 145,7 тис. га – 1,0–5,0 Кі/км²; 11,5 тис. га мають щільність забруднення 5,0–15,0 Кі/км².

Згідно з чинним законодавством України сільськогосподарське виробництво дозволяється вести на землях зі щільністю забруднення не більше ніж 15 Кі/км² за ¹³⁷Cs, а на територіях, які характеризуються підвищеним переходом радіонуклідів із ґрунту в рослини (торфоболотні та перезволожені землі), – 5 Кі/км². За роки, що минули з моменту Чорнобильської катастрофи, короткоживучі ізотопи (I, Ce, Ru, ¹³⁴Cs), дія яких була значною мірою визначальною в початковий момент після аварії, встигли розпастися. Сьогодні найбільшу небезпеку для Полісся, яке належить до західного сліду, несе ¹³⁷Cs. Внутрішнє опромінення від цезію-137, який надходить із продуктами харчування, становить 50–95 % від повної дози опромінення [1].

Вміст радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища змінюється під впливом фізичного розпаду та екологічних факторів. Фізичний розпад ¹³⁷Cs відбувається приблизно за 30 років. Протягом 1999–2002 років розпалося лише 5 % радіонукліда, і цей процес істотно не змінив ситуації, але до 2001 року минуло 15 років після аварії і в довкіллі залишилося 70 % ¹³⁷Cs, що випало під час аварії [2].

Триває процес самодезактивації поверхневого шару ґрунту, але швидкість його незначна. Змивання ¹³⁷Cs, вміст водно-розчинної форми якого у ґрунтах не перевищує кількох відсотків, значно менше і становить 0,1 % за рік. Горизонтальна міграція радіонукліда не призведе до відчутного перерозподілу його в ландшафтах. За рахунок вертикальної міграції поверхневий шар ґрунтів очищається повільно. На органогенних торфових ґрунтах із малим вмістом фізичної глини значна частка ¹³⁷Cs перебуває у рухомій формі, здатній пересуватися вниз по профілю ґрунту. Глейовий горизонт водночас відіграє роль геохімічного бар'єра, в якому ¹³⁷Cs зв'язується з окисами важких металів, що перебувають в аморфному стані. Екологічний період напівочищення кореневого шару ґрунту співмірний із періодом напіврозпаду цезію або перевищує його, тому не варто сподіватися на швидку зміну коефіцієнта переходу.

Визначальною ланкою в можливому забрудненні людського організму через харчові ланцюги є міграція радіонуклідів у системі ґрунт – рослина. Процеси накопичення радіонуклідів рослинами з ґрунту залежать від багатьох факторів [3] і визначаються, зокрема, конкретним видом радіоізоотопу, його кількістю та формами перебування в ґрунті (обмінною, необмінною чи фіксованою), які залежать від типу ґрунту, його фізико-хімічного та гранулометричного складу, кислотності, стану та типу зволоження, присутності найближчих хімічних аналогів, а також визначаються глибиною залягання в шарі ґрунту та видовою належністю самої рослини. Сам рівень забруднення сільськогосподарської продукції прямо пропорційний щільності забруднення ґрунтів. Значна частина досліджень залишає поза увагою впровадження дренажно-сорбційних систем на радіоактивно забруднених торфових ґрунтах.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Критичність ландшафтів Полісся з погляду інтенсивності міграції радіонуклідів у трофічних ланцюгах насамперед зумовлюється типом ґрунтів, до яких переважно належать торфові, торфово-глеєві і торфово-болотні. Вони характеризуються високим вмістом органічної речовини (20–60 %), дуже низьким вмістом глинистих мінералів і мулистої фракції, кислою реакцією ґрунтової рідини ($\text{pH}_{\text{кел}} = 4,2$ до 5,4) і високою зволоженістю. На таких ґрунтах коефіцієнти переходу радіоцезію в ланцюгу ґрунт – рослина можуть перевищувати в 4–18 разів відповідні значення на дерново-підзолистих ґрунтах. ґрунти

Полісся переважно не досить забезпечені поживними речовинами, зокрема калієм. У результаті здійснення контрзаходів у 1986–1993 рр. в Україні було меліоровано понад 1,5 млн га забруднених ґрунтів. Внесення вапна на забрудненій території в поєднанні з добривами дало змогу знизити вміст радіонуклідів у 2–2,5 разів.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. У різних радіологічних ситуаціях, пов'язаних із внесенням радіонуклідів у сільськогосподарську сферу, їх акумуляція рослинами з ґрунту визначає вихідні масштаби надходження у трофічні ланцюги в системі радіоактивні опади – ґрунт – сільськогосподарські рослини – сільськогосподарські тварини – людина. З цим пов'язано винятково велике значення ланки ґрунту – рослинність у загальному циклі кругообігу радіонуклідів у наземному середовищі загалом і в агропромисловій сфері зокрема.

Ґрунти є одним із головних геохімічних бар'єрів на шляху міграції радіонуклідів у біосфері і нішею довготривалого перебування радіоактивних ізотопів після їх осідання на поверхню землі. Ґрунт є основним джерелом надходження й накопичення радіонуклідів у рослинах. Тому саме від особливостей взаємодії радіонуклідів із ґрунтом залежить рівень забруднення рослинницької продукції. Серед умов, що визначають рухомість радіонуклідів у ґрунтах, виділяють чотири групи факторів: погодно-кліматичні умови; склад, властивості та особливості генезису ґрунтів; хімічні та фізичні властивості радіонуклідів; властивості, дисперсність сполук, у складі яких радіонукліди надходять у довкілля. Проаналізувавши наявні на сучасному етапі заходи із запобігання впливу радіоактивних речовин на сільськогосподарську продукцію, ми дійшли висновку про недостатню їхню ефективність і високу вартість, що в сучасних умовах затримує їх впровадження у виробництво.

Отже, сучасні заходи із запобігання впливу радіоактивних речовин на сільськогосподарську продукцію не є досить ефективними і не можуть розв'язувати проблему комплексно. За даними В. Бистрицького та В. Савело, міграція радіонуклідів у торфових ґрунтах дійшла до глибини 80 см [4].

Новизна. Розроблена технологія з реконструкції дренажно-акумуляуючих систем із додаванням у них сорбентів, які під час проходження радіоактивних елементів із ґрунтовою водою акумулюють радіоактивний ^{137}Cs на глибині 40–60 см у верхньому ярусі та додатково у фільтрах матеріальних дрен, сприятиме виведенню шкідливих речовин із найбільш забруднених горизонтів ґрунту.

Методологія або загальнонаукове значення. Під час виконання роботи використовували як загальнонаукові, так і спеціальні методи досліджень: польовий – для проведення стаціонарних і короткострокових польових дослідів; аналітичний – для

визначення вмісту ^{137}Cs у ґрунті та рослинах; порівняльно-розрахунковий і статистичний для визначення економічної ефективності використання дренажно-сорбційних систем.

Отже, вивчення науково-методичних підходів впровадження дренажно-сорбційних систем на радіоактивно забруднених торфових ґрунтах, зумовлюють актуальність, своєчасність і нагальність наукового пошуку з безпосереднім урахуванням їхніх технічних умов і особливостей на сьогодні.

Виклад основного матеріалу. Нова дренажно-сорбційна система (рис. 1) являє собою розпушену багаторушним робочим органом смугу шириною 0,3–0,4 м, глибиною 0,4–0,5 м, на дно якої вкладається довгомірний акумулюючо-сорбційний елемент циліндричної форми у вигляді сітчастої панчохи діаметром 80–150 мм, яка заповнена на шнековій установці органічними матеріалами природного походження (солома, тирса) з домішками сорбентів (глина, вермикуліт туфи, сапропель у сухому стані тощо).

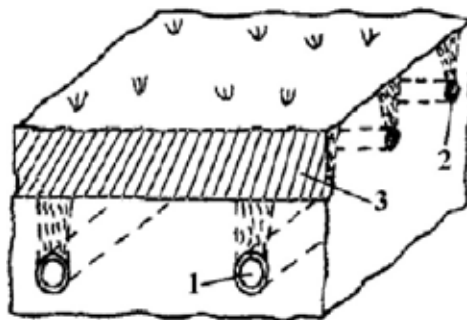


Рис. 1. Схема дренажно-сорбційної системи:
1 – дрена з об'ємним органічним фільтром; 2 – фільтруючо-акумуляуючий елемент із сорбентом; 3 – розпушена смуга

Вона складається з трубчастої дрени 1 з об'ємним дренажним фільтром та фільтруючо-акумуляуючих елементів 2, які розташовані на дні розпушеної смуги 3, при чому як наповнювач використовуються фільтруючі матеріали і сорбенти. Розроблена методика з реконструкції дренажно-акумуляуючих систем із додаванням у них сорбенту (вермикуліт), який під час проходження радіоактивних поверхневих вод акумулює радіоактивний ^{137}Cs на глибині 40–60 см і не дає можливості проникнення радіоактивного цезію в ґрунтові води, водойми та рослини.

Метою досліджень була перевірка працездатності дренажно-сорбційної системи, яка дасть змогу акумулювати радіонукліди з торфових ґрунтів на глибині: верхній ярус – до 50 см і нижній ярус – до 100 см.

Польові дослідження проводилися на балансово-лізіметричній станції Інституту сільського господарства Полісся (с. Грозіно, Коростенський район Житомирська обл.) на лізіметрах із непорушною структурою ґрунту. Робота лізіметричних пристроїв

аналогічна дії дренажно-акумуляуючій (сорбційній) системі меліорованих земель. Для цього було проведено досліді в шести стаціонарних лізіметричних установках із дренажно сорбційними елементами, які було закладено на глибині 40 см (3 лізіметри з мінеральним ґрунтом і 3 лізіметри з органічним ґрунтом) з не порушеною структурою.

На лізіметрах із мінеральним ґрунтом дослідження проводилися за трьома етапами:

- у перший контрольний лізіметр № 2 закладено ґрунт із фільтруючо-акумуляуючим елементом без сорбенту (вермикуліт) і з визначенням середньо багаторічної норми опадів;
- у другий лізіметр № 4 закладено ґрунт із фільтруючо-акумуляуючим елементом і сорбентом (вермикуліт) і з визначенням фактичних опадів;
- у третьому лізіметрі № 8 ґрунт також із фільтруючо-акумуляуючим елементом і сорбентом (вермикуліт), але з визначенням штучних опадів (плюс 50 % багаторічних опадів).

За даними, проведеними на мінеральних ґрунтах, було побудовано графік (рис. 2). На наступних трьох

лізіметрах було закладено торфові ґрунти за такою схемою:

- перший лізіметр № 20 з органічним ґрунтом був контрольним із фільтруючо-акумуляуючим елементом без сорбенту (вермикуліт) із режимом зрошення фактичних опадів;
- другий лізіметр № 23 з органічним ґрунтом було закладено з фільтруючо-акумуляуючим елементом і сорбентом (вермикуліт) із режимом зрошення фактична кількість опадів;
- третій лізіметр № 25 з органічним ґрунтом було закладено з фільтруючо-акумуляуючим елементом і сорбентом (вермикуліт) із режимом зрошення – перезволожений період. За даними, проведеними на торфових ґрунтах, було побудовано графік (рис. 3).

Саме акумуляція ^{137}Cs на мінеральних ґрунтах (лізіметр № 4) становила 60 % (рис. 2). Акумуляція ^{137}Cs на торфових ґрунтах (лізіметр № 23) становила 80 % (рис. 3).

Головні висновки. Проведені дослідження підтверджують ефективність дренажно-акумуляуючих систем для поліпшення сільськогосподарських угідь,

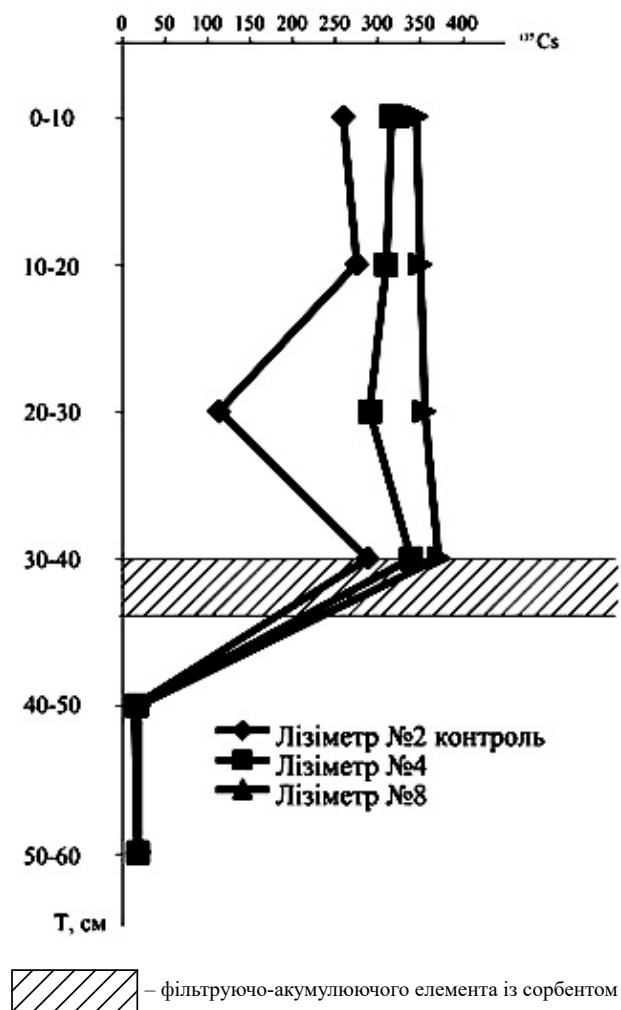


Рис. 2. Дослідження радіоактивного ^{137}Cs (Бк/кг) на мінеральних ґрунтах

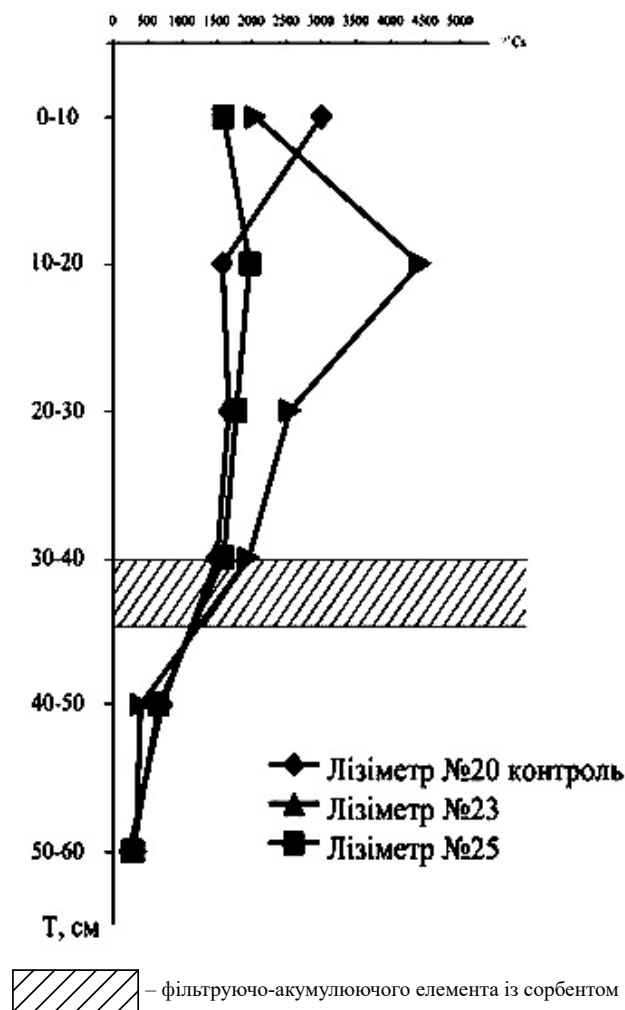


Рис. 3. Дослідження радіоактивного ^{137}Cs (Бк/кг) на торфових ґрунтах

забруднених цезієм. Додатково дренажно-сорбційна система може акумулювати за допомогою фільтрів матеріальної дрени, які складаються з того самого матеріалу, що й верхній ярус. У лабораторних умовах додатково вивчено використання туфів, мергелів, вермикуліту та інших матеріалів як сорбентів для того, щоб зменшити вартість таких дренажно-сорбційних систем. Ефективність у лабораторних умовах становить від 50 % до 65 %.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати польових досліджень показали, що під час використання сорбенту (вермикуліт) у фільтруючо-акумулюючо сорбційній системі проходить акумулювання, на торфових ґрунтах ^{137}Cs – до 80 %, а на мінеральних ^{137}Cs – до 60%, що, відповідно, запобігає меншому потраплянню в ґрунтові води, водойми та рослини радіоактивного цезію.

Література

1. Пристер Б.С. та ін. Проблемы применения контрмер в сельском хозяйстве в ранние и отдельные периоды после аварии на ЧАЭС. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 5. С. 5–11.
2. Пристер Б.С. та ін. Реабилитация сельскохозяйственных территорий, загрязненных при аварии на ЧАЭС. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 4. С. 69–77.
3. Грабовський В.А., Дзедзелюк О.С., Охріменко С.В. Забруднення цезієм-137 представників флори західного регіону України. *Екотехнології и ресурсосбережение*. 2000. № 2. С. 60–64.
4. Савело В.І., Бистрицький В.С. Вивчення впливу способів обробітку ґрунту, добрив, та меліорантів на продуктивне довголіття травостоїв та їх забруднення радіонуклідами на торфово-болотних ґрунтах Центрального Полісся України. Рівне : НУВГ, 2000. 103 с.