

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ОЛІЙНИК ЮЛІЯ СВЯТОСЛАВІВНА

УДК 577.34 – 631.46

**ВПЛИВ СИНЕРГЕТИЧНОЇ ДІЇ РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО
ЗАБРУДНЕННЯ НА СТІЙКІСТЬ ЕКОСИСТЕМ**

Спеціальність 101 – Екологія

**Автореферат
магістерської дисертації на здобуття
ступеня магістра**

Київ 2018

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» на кафедрі інженерної екології.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Ремез Наталя Сергіївна
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Рецензент: доктор технічних наук, професор
Зуєвська Наталія Валеріївна
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Захист відбудеться «29» травня 2018 р. о 14.00 на кафедрі інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «___» _____ 2018 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Збільшення у навколишньому середовищі природних та штучних радіонуклідів, відходів чорної та кольорової металургії, викидів автотранспорту, відходів гірничодобувної промисловості та хімічних підприємств призвело до накопичення значної кількості різноманітних забруднювачів у довкіллі. Постійно зростаючий техногенний вплив на природні екосистеми веде до неконтрольованих змін у природному середовищі. В екосистемах відбуваються сукцесії, наслідком яких є необоротні зміни в біогеоценозах та втрата надійності природних біологічних систем.

Важливим завданням сучасної екології є вивчення ефектів, викликаних комбінованою дією стресових чинників на живі організми, а також процеси відновлення та адаптації до стресових впливів. В умовах забрудненого середовища важливо знати особливості одночасного, синхронного впливу різних шкідливих чинників на організми, взаємодію чинників між собою. Явище синергізму у взаємодії різних за своєю природою стресорів – це актуальне питання для багатьох науковців.

Ще одним аргументом на користь вивчення комбінованих впливів є додаткова можливість зрозуміти механізми окремо діючих факторів, що беруть участь в комбінації. Так, наприклад, для ефектів впливу іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти характерна поява прихованих ушкоджень, які можуть протягом довгого часу не виявляти себе будь-якою зміною функціонального стану біологічних об'єктів різного ступеня складності. Для виявлення такого роду пошкоджень використовують додаткові впливи, в результаті яких дані пошкодження проявляються і стають можливими для реєстрації відповідною тест-системою. Особливо це актуально при виявленні пошкоджень, викликаних дією малих доз іонізуючого випромінювання.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка математичної моделі, яка описує синергетичну взаємодію хімічного та радіаційного забруднення та її вплив на рівноважний стан екосистем.

Для досягнення мети поставлені такі завдання дослідження:

- провести аналіз сучасного стану дослідження впливу синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем;
- дослідити синергетичну взаємодію радіаційного та хімічного забруднення;
- розробити математичну модель для визначення впливу синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем.

Об'єкт дослідження – синергетична взаємодія радіаційного та хімічного забруднення.

Предмет дослідження – вплив синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем.

Методи дослідження. Для досягнення мети в роботі застосовувався комплексний метод досліджень, який включає в себе збір, аналіз існуючих публікацій з теоретичних результатів та практичного досвіду щодо

прогнозування радіаційного та хімічного забруднення, методи математичного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вперше розроблено математичну модель, яка адекватно описує вплив синергетичної взаємодії радіонуклідів та важких металів на стійкість екосистем.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена математична модель може використовуватися для прогнозування накопичення забруднення у приземному шарі ґрунту.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати виконаної роботи доповідались та обговорювались на наступних конференціях: Міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсозбереження і екологічна безпека» (Київ, 2016), the XVIII All-Ukrainian Students R&D Conference Proceeding «Science and Technology of the XXI Century» (Київ, 2017), X Міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (Київ, 2018).

Публікації. За результатами роботи було опубліковано 3 друкованих праць у матеріалах і тезах конференцій [1-3].

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який містить 137 найменування, містить 6 рисунків, 8 таблиць. Загальний обсяг дисертації 86 сторінок, з яких 78 сторінок основного тексту, 8 – список використаних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність магістерської роботи, на основі аналізу літератури розглянуто сучасний стан проблеми впливу синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення. Визначено об'єкт та предмет дослідження.

У **першому** розділі розглянуто сучасний стан дослідження впливу синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем. Проаналізовано опубліковані радіологічні дослідження, які спрямовані на виявлення радіоактивних забруднень продуктів харчування та навколишнього середовища як техногенними, так і природними радіоактивними речовинами.

Проведено аналіз літературних джерел щодо хімічного забруднення, а саме забруднення важкими металами. Актуальність проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами пояснюється, перш за все, широким спектром їх дії на організм людини. Важкі метали впливають практично на всі системи організму, спричиняючи токсичну, алергічну та канцерогенну дію.

Проаналізовано опубліковані дослідження стійкості екосистем, у яких стійкість визначається як здатність екосистеми і її окремих частин протистояти коливанням зовнішніх факторів і зберігати свою структуру і функціональні особливості.

Ознака стійкості екосистем є одним зі складних параметрів складних систем, яка досить широко обговорювалася в екології. Кожне з фрагментарних визначень стійкості співвідноситься зі своєю математичною моделлю, що найближче відповідає екологічному змісту, який вкладається дослідником в той чи інший «фрагмент».

Проведено аналіз існуючих методів математичного моделювання комбінованої взаємодії деяких факторів. Математичне моделювання комбінованих впливів історично почалося з математичного опису комбінованої дії іонізуючого випромінювання з факторами, що мають іншу природу. Основою для нього стало моделювання дії одного випромінювання на клітини, яке відоме з того часу, коли були сформульовані принципи (теорія) попадання і мішені.

У **другому** розділі розглянуто вплив комбінованої дії радіаційного та хімічного забруднення на екосистеми та організм людини. Проаналізовано результати досліджень синергетичної дії на піддослідних тваринах.

Представлено просту математичну модель, яка описує синергетичну взаємодію факторів навколишнього середовища, що зустрічаються в біосфері. Основним постулатом моделі є припущення, що синергізм обумовлений формуванням додаткових ефективних пошкоджень за рахунок взаємодії субпошкоджень, неефективних при окремому використанні агентів.

Модель теоретично передбачає існування синергетичної дії у межах деякого діапазону відношення ефективних пошкоджень N_2/N_1 , у межах якого спостерігається максимальний синергетичний ефект. Будь-яке відхилення N_2/N_1 від оптимального значення призводить до зниження ефективності синергетичної взаємодії.

Модель прогнозує величину максимальної синергетичної дії і умову її досягнення, а також передбачає залежність синергетичної дії від інтенсивності застосовуваних агентів та частку незворотних пошкоджень після комбінованих впливів.

Запропонована методика визначення радіоекологічної ємності території, яка дозволяє розрахувати нормовану дозу опромінення персоналу, що працюють на об'єктах ядерного паливного циклу і населення, що мешкає на прилеглих територіях, яка не повинна перевищувати 1 мЗв/рік.

У **третьому** розділі розроблено математичну модель для визначення впливу синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем, яка має наступний вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = p_1 N_1 - \frac{p_1}{K_1} N_1^2 + k_1 N_1 N_2, \\ \frac{dN_2}{dt} = p_2 N_2 - \frac{p_2}{K_2} N_2^2 + k_2 N_1 N_2, \end{cases}$$

де N_1 – величина дози опромінення, мЗв/рік; N_2 – концентрація шкідливої речовини, мг/кг; p_1 , p_2 – константи швидкості накопичення забруднення, що визначається експериментально; K_1 – величина радіоекологічної ємності,

мЗв/рік; K_2 – величина ГДК шкідливої речовини, мг/кг; k_1, k_2 – коефіцієнт синергетичної дії для кожного компонента.

У розділі наведено приклад застосування розробленої математичної моделі на прикладі забруднення м. Маріуполь. Для розрахунків використовувалися дані Центральної геофізичної обсерваторії про забруднення важкими металами ґрунтів у м. Маріуполь у 2014-2017 роках (табл. 1) та дані Маріупольської гідрометеорологічної обсерваторії про радіаційний фон м. Маріуполь у 2014-2017 роках (табл. 2).

Таблиця 1

Вміст важких металів у ґрунтах м. Маріуполь у 2014-2017 роках

Рік	Забруднюючі речовини (середній / максимальний вміст, в кратності ГДК)			
	Cu	Pb	Zn	Cd
2014	0,4 / 4,2	1,7 / 6,5	1,5 / 4,9	0,1 / 0,8
2015	1,0 / 3,3	3,5 / 36,2	3,3 / 7,3	0,8 / 2,5
2016	1,7 / 5,6	4,1 / 13,1	4,9 / 10,0	1,8 / 3,5
2017	0,9 / 3,5	1,3 / 8,4	2,9 / 5,6	2,2 / 14,5

Таблиця 2

Радіаційний фон м. Маріуполь у 2014-2017 роках

	2014	2015	2016	2017
Cs, мЗв/рік	1,052	1,227	1,14	0,964

Після проведених розрахунків, отримали результати у вигляді графічних залежностей для цезію-137 з міддю, свинцем, цинком і кадмієм (рис. 1-4).

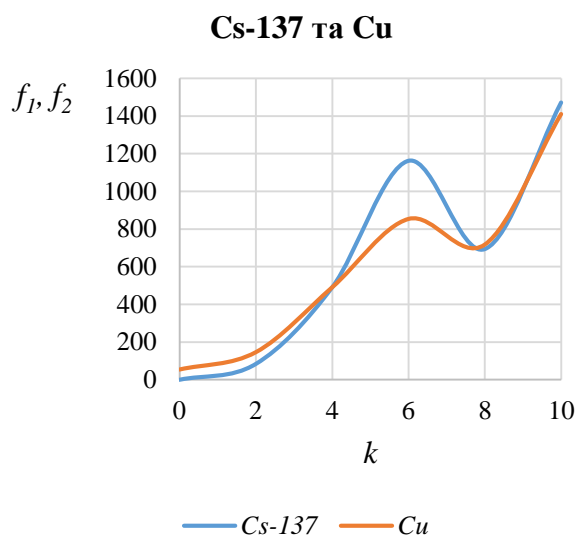


Рисунок 1 – Синергетична взаємодія цезію-137 та міді

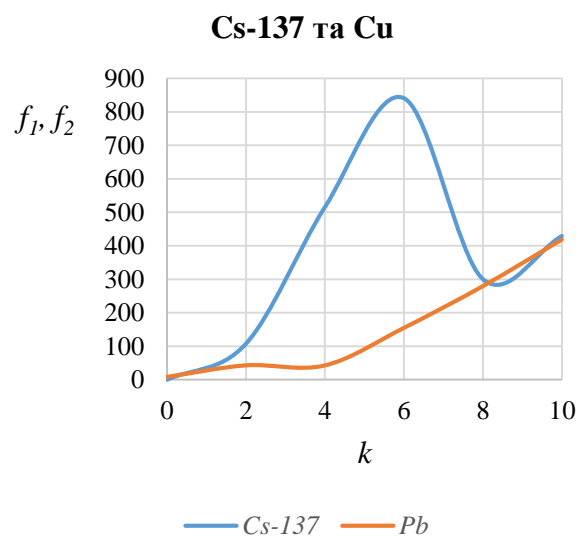


Рисунок 2 – Синергетична взаємодія цезію-137 та свинцю

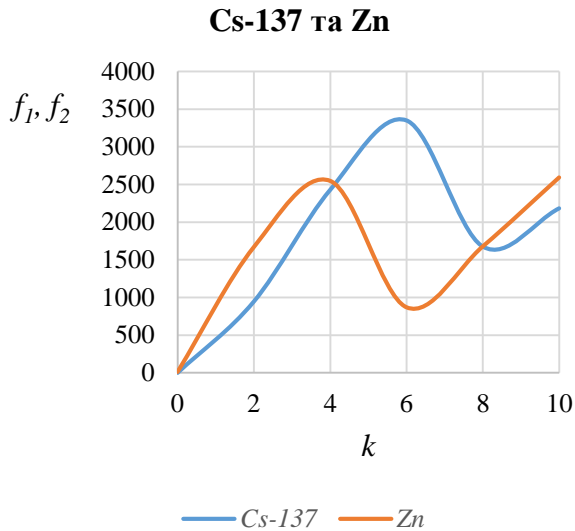


Рисунок 3 – Синергетична взаємодія цезію-137 та цинку

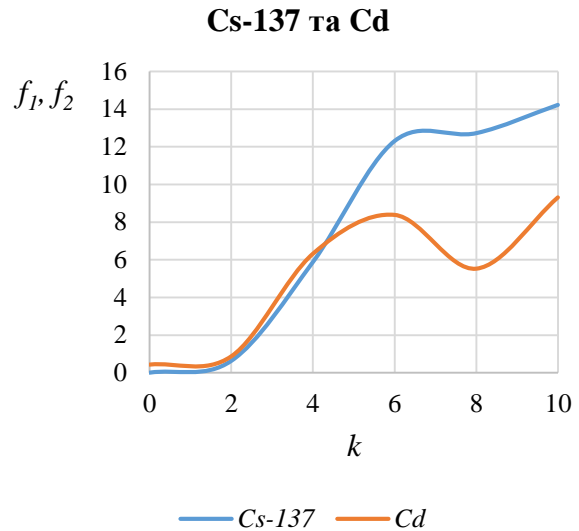


Рисунок 4 – Синергетична взаємодія цезію-137 та кадмію

З рисунків видно, що максимальний синергетичний ефект досягається за приблизно однакових внесків кожного агенту у досліджуваний ефект.

З рисунку 3.1 видно, що синергетична взаємодія цезію-137 та міді зростає зі збільшенням концентрації, що надходить у навколишнє середовище. Максимальна синергія досягається при концентрації міді 120 мг/кг та 1,227 мЗв/рік цезію-137.

На рисунку 3.2 показана синергетична взаємодія цезію-137 та свинцю, яка також збільшується з підвищенням концентрації цих речовин. Максимальне значення синергетичної взаємодії досягається при концентрації свинцю 38 мг/кг та 1,161 мЗв/рік цезію-137.

З рисунку 3.3 видно, що синергетична взаємодія цезію-137 та цинку має амплітудний характер, проте максимальне значення синергізму досягається 990 мг/кг та 1,227 мЗв/рік.

На рисунку 3.4 показана синергетична взаємодія цезію-137 та кадмію, яка зростає зі збільшенням концентрації цих речовин. Максимальне значення синергетичної взаємодії досягається при концентрації кадмію 3,15 мг/кг та 1,205 мЗв/рік цезію-137.

Найбільший шкідливий вплив на екосистеми серед досліджуваних важких металів чинить синергетична взаємодія цезію-137 та кадмію, оскільки максимальне значення синергії досягається при перевищенні ГДК кадмію лише на 5 %. Наступними за шкідливістю для навколишнього середовища є синергетична взаємодія цезію-137 та міді при перевищенні ГДК міді на 20 % та цезію-137 зі свинцем – 26,7 %. Та найменш шкідливою серед даних взаємодій є синергетична взаємодія цезію-137 та цинку, яка досягається при перевищенні величини ГДК на 230 %.

У четвертому розділі розглянуті основні заходи та способи радіаційного захисту населення, основна мета яких зводиться до того, щоб максимально зменшити кількість опромінених осіб і доз опромінення. Прогноз радіаційних

наслідків і планування заходів протирадіаційного захисту здійснюються в залежності від фази проходження аварії.

Радіаційна обстановка характеризується рівнями радіації, розмірами зон радіоактивного зараження (масштабністю), спадом рівнів радіації впродовж часу і може бути визначена методом прогнозування і за даними радіаційної розвідки.

Розглянуті основні заходи та способи протихімічного захисту. Основними заходами є прогнозування, виявлення і оцінка хімічної обстановки; організація і проведення хімічного контролю; способи захисту населення при хімічному забрудненні; забезпечення робітників, службовців і населення засобами індивідуального та колективного захисту; ліквідація наслідків хімічного забруднення.

Описаний порядок дій працівників хімічно-небезпечного об'єкта у разі виникнення аварії з виливом (викидом) хімічно-небезпечних речовин.

З метою визначення єдиного порядку прогнозування хімічної обстановки при аваріях на промислових об'єктах і транспорті та підвищення якості планування заходів щодо захисту населення у разі виливу(викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті затверджена Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті.

ВИСНОВКИ

1. Актуальність проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами та радіоактивними речовинами пояснюється, перш за все, широким спектром їх дії на організм людини.

2. У роботі представлено просту математичну модель, яка описує синергетичну взаємодію факторів навколишнього середовища, що зустрічаються в біосфері. Основним постулатом моделі є припущення, що синергізм обумовлений формуванням додаткових ефективних пошкоджень за рахунок взаємодії субпошкоджень, неефективних при окремому використанні агентів. Модель прогнозує величину максимальної синергетичної дії і умову її досягнення, а також передбачає залежність синергетичної дії від інтенсивності застосовуваних агентів та частку незворотних пошкоджень після комбінованих впливів.

3. Запропонована методика визначення радіоекологічної ємності території, яка дозволяє розрахувати нормовану дозу опромінення персоналу, що працюють на об'єктах ядерного паливного циклу і населення, що мешкає на прилеглих територіях, яка не повинна перевищувати 1 мЗв/рік.

4. Вперше розроблено математичну модель для визначення впливу синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем.

5. Наведено приклад застосування розробленої математичної моделі на прикладі забруднення м. Маріуполь. Після проведених розрахунків, отримали результати у вигляді графічних залежностей для цезію-137 з міддю, свинцем, цинком і кадмієм. З рисунків видно, що максимальний синергетичний ефект

досягається за приблизно однакових внесків кожного агенту у досліджуваний ефект.

6. Отримані результати свідчать, що найбільший шкідливий вплив на екосистеми серед досліджуваних важких металів чинить синергетична взаємодія цезію-137 та кадмію, оскільки максимальне значення синергії досягається при перевищенні ГДК кадмію лише на 5 %. Наступними за шкідливістю для навколишнього середовища є синергетична взаємодія цезію-137 та міді при перевищенні ГДК міді на 20 % та цезію-137 зі свинцем – 26,7 %. Та найменш шкідливою серед даних взаємодій є синергетична взаємодія цезію-137 та цинку, яка досягається при перевищенні величини ГДК на 230 %.

7. Для екологічної реабілітації забруднених ґрунтів у світі застосовують два принципово різних підходи. Перший – очищення (деконтамінація), що передбачає екстрагування шкідливих компонентів з ґрунтів, їх знешкодження з подальшою утилізацією поза ґрунту будь-яким відомим способом. Другий – засновано на зниженні активності та токсичності (детоксикації) забруднення на місці, безпосередньо у ґрунті.

8. Розглянуті основні заходи та способи радіаційного захисту населення, основна мета яких зводиться до того, щоб максимально зменшити кількість опромінених осіб і доз опромінення. Прогноз радіаційних наслідків і планування заходів протирадіаційного захисту здійснюються в залежності від фази проходження аварії.

9. Розглянуті основні заходи та способи протихімічного захисту. Основними заходами є прогнозування, виявлення і оцінка хімічної обстановки; організація і проведення хімічного контролю; способи захисту населення при хімічному забрудненні; забезпечення робітників, службовців і населення засобами індивідуального та колективного захисту; ліквідація наслідків хімічного забруднення.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Матеріали і тези доповідей на науково-практичних конференціях:

1. Розробка концептуальних основ методології оцінки радіоекологічної ємності території / Н.С. Ремез, Ю.С. Олійник // Ресурсозбереження і екологічна безпека: міжнар. наук.-техн. конф., 8 грудня 2016. – Київ, 2016. – С. 69-71.
2. Synergistic Effect of Radioactive and Chemical Pollution for Stability of Ecosystems / Yu. Oliinyk // Science and Technology of the XXI Century: the XVIII All-Ukrainian Students R&D Conference Proceeding, Kyiv, December 07, 2017. – Kyiv, 2017. – p. 95-96.
3. Математичне моделювання впливу синергетичної дії хімічного та радіаційного забруднення на стійкість екосистем / Н.С. Ремез, Ю.С. Олійник // Енергетика. Екологія. Людина.: X міжнар. наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2018. – Київ, 2018. – С.

АНОТАЦІЯ

Олійник Ю.С. Вплив синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем. – Рукопис.

Дисертація на здобуття ступеня магістр за спеціальністю 101 – Екологія (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2018).

У дисертації проведено аналіз сучасного стану дослідження впливу синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем. Ознака стійкості екосистем є одним зі складних параметрів складних систем, яка досить широко обговорювалася в екології. Кожне з фрагментарних визначень стійкості співвідноситься зі своєю математичною моделлю, що найближче відповідає екологічному змісту, який вкладається дослідником в той чи інший «фрагмент».

У роботі досліджено синергетичну взаємодію радіаційного та хімічного забруднення. Синергізму в даний час приділяється особлива увага, оскільки він присутній в самих різних областях: молекулярній біології, біохімії, фармакології і токсикології, екології та соціології, при цьому ступінь його прояву може бути дуже різною.

У дисертації розроблено математичну модель для визначення впливу синергетичної дії радіаційного та хімічного забруднення на стійкість екосистем, яка адекватно описує вплив синергетичної взаємодії радіонуклідів та важких металів на стійкість екосистем, а також може використовуватися для прогнозування накопичення забруднення у приземному шарі ґрунту.

У роботі розглянуті основні заходи та способи радіаційного та протихімічного захисту населення, а також методики оцінки радіаційної та хімічної обстановки викликаної аварією на радіаційно та хімічно небезпечних об'єктах.

Ключові слова: радіаційне забруднення, хімічне забруднення, радіонукліди, важкі метали, синергізм, стійкість екосистеми, математичне моделювання.

АННОТАЦИЯ

Олейник Ю.С. Влияние синергетического действия радиационного и химического загрязнения на устойчивость экосистем. – Рукопись.

Диссертация на соискание степени магистр по специальности 101 – Экология (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», 2018).

В диссертации проведен анализ современного состояния исследования влияния синергетического действия радиационного и химического загрязнения на устойчивость экосистем. Признак устойчивости экосистем является одним из сложных параметров сложных систем, который достаточно широко обсуждался в экологии. Каждое из фрагментарных определений устойчивости соотносится

со своей математической моделью, которая соответствует экологическому содержанию, вкладываемому исследователем в тот или иной «фрагмент».

В работе исследовано синергетическое взаимодействие радиационного и химического загрязнения. Синергизму в настоящее время уделяется особое внимание, поскольку он присутствует в самых различных областях: молекулярной биологии, биохимии, фармакологии и токсикологии, экологии и социологии, при этом степень его проявления может быть очень разной.

В диссертации разработана математическая модель для определения влияния синергетического действия радиационного и химического загрязнения на устойчивость экосистем, которая адекватно описывает влияние синергетического взаимодействия радионуклидов и тяжелых металлов на устойчивость экосистем, а также может использоваться для прогнозирования накопления загрязнения в приземном слое почвы.

В работе рассмотрены основные приемы и способы радиационной и противохимической защиты населения, а также методики оценки радиационной и химической обстановки вызванной аварией на радиационно и химически опасных объектах.

Ключевые слова: радиационное загрязнение, химическое загрязнение, радионуклиды, тяжелые металлы, синергизм, устойчивость экосистемы, математическое моделирование.

SUMMARY

Oliiynk Yu. The influence of synergistic interaction of radiation and chemical pollution on ecosystem resilience. – Manuscript.

The thesis for the master's degree, specialty 101 – Ecology. National technical university of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2018.

The analysis of the current state of the study of the influence of synergistic effects of radiation and chemical pollution on the stability of ecosystems was carried out in the dissertation. The sign of the sustainability of ecosystems is one of the complex parameters of complex systems, which is widely discussed in the ecology. Each of the fragmentary definitions of stability relates to its mathematical model, which closest corresponds to the ecological content, which is enclosed by the researcher in one or another ‘fragment’.

The synergistic interaction of radiation and chemical pollution is investigated in the paper. Particular attention is paid to synergy at present because it is present in a wide variety of fields: molecular biology, biochemistry, pharmacology and toxicology, ecology and sociology, with the degree of its manifestation can be very different.

The mathematical model for determining the effect of synergistic action of radiation and chemical pollution on the stability of ecosystems is developed in the dissertation. It adequately describes the effect of synergistic interaction of radionuclides and heavy metals on the stability of ecosystems, and can also be used to predict the accumulation of pollution in the ground layer of soil.

The main measures and methods of radiation and anti-chemical protection of the population are considered in the work, as well as methods for assessing the radiation

and chemical environment caused by the accident on radiation and chemically hazardous facilities.

Key words: radiation pollution, chemical contamination, radionuclides, heavy metals, synergy, stability of ecosystems, mathematical modeling.