

УДК 502.3:504.064

**В.В. ШАРАВАРА, Д.В. ГУЛЕВЕЦЬ, Я.І. МОВЧАН**

## **ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ: ПРОЦЕДУРА, ІНСТРУМЕНТАРІЙ, КРИТЕРІЙ**

***Анотація.** Представлена методика виконання оцінки рівня екологічної безпеки територій виведених з експлуатації військових об'єктів, яка містить опис етапів її проведення, необхідного науково-практичного інструментарію, спеціалізованих критеріїв і шкали, що включає деталізовану градацію і найменування визначених категорій екобезпеки.*

***Ключові слова:** екологічна безпека, оцінка впливу на навколишнє середовище, військові об'єкти, моніторинг довкілля, забруднюючі речовини.*

### **Вступ**

Визначення рівня екологічної безпеки колишнього військового об'єкта становить відокремлену галузь наукової і практичної діяльності, тому потребує вироблення якісно специфічних принципів і підходів. Традиційна процедура оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) планованої діяльності (чи об'єктів, що проектуються), яка закріплена нормативним документом [1], і процедура ОВНС діючих об'єктів, яка описана у [2], за своїм змістом і наповненням не передбачають необхідних інструментів і не містять відповідних критеріїв оцінки. Проведення ідентифікації екологічного стану військових об'єктів, які виведені з експлуатації, покинуті або не функціонують, дозволить обґрунтувати відповідні заходи дотримання екобезпеки, а також визначити можливість, доцільність та прийнятність подальшого використання цих територій.

### **Постановка завдання**

Розробка і обґрунтування системи оцінки екологічної безпеки колишніх військових об'єктів і їх впливу на довкілля є актуальним завданням задля усунення ризиків і загроз, які вони акумулювали за час свого функціонування. Наукове, методичне, інформаційне та аналітичне забезпечення такої процедури створить необхідні умови для реабілітації територій, забруднених внаслідок військової діяльності, що передбачено Законом України «Про Загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013-2017 роки» від 07.06.2012 № 4909-VI.

### **Виклад основного матеріалу**

Система виконання ОВНС військових об'єктів включає наступні етапи (рис. 1): 1) екологічний моніторинг території в зоні впливу джерела забруднення (військового об'єкта); 2) аналіз і оцінка наслідків екологічного впливу військового об'єкта на довкілля; 3) розробка заходів забезпечення екологічної безпеки; 4) визначення і обґрунтування напрямів використання територій [3–5].

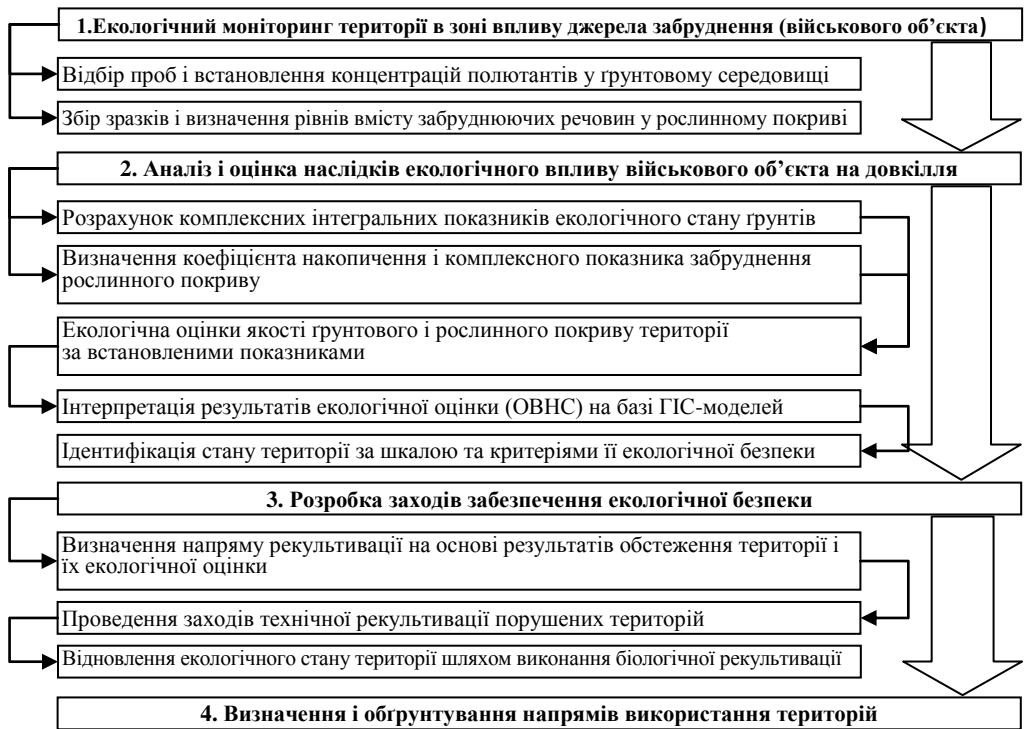


Рис. 1 – Структура системи екологічної оцінки територій

Реалізація системи екологічної оцінки розпочинається з виконання **першого етапу** – екологічного моніторингу стану компонентів навколишнього середовища (ґрунту і рослин) та визначення їх змін природним шляхом і під впливом техногенного навантаження [6]. На основі отриманого масиву результатів експериментальних досліджень формуються бази даних екологічної інформації, які відображають рівень забруднення (або його відсутність) ґрунтового (за горизонтами) і рослинного покривів на території військового об'єкту рухомими формами важких металів (ВМ) і нітратами, а також фоновий вміст цих речовин на спеціально визначених умовно чистих ділянках. Далі в програмному середовищі STATISTICA виконується статистичний аналіз і оцінка варіабельності вмісту важких металів і нітратів з метою визначення характеру геохімічної поведінки забруднюючих речовин. За згрупованими базами даних в оболонці програми Microsoft Office Excel будуються відповідні діаграми для візуалізації, зіставлення і подальшого порівняння отриманих результатів на різних територіях дослідження як між собою, так і зі встановленими нормами [3–5].

Вивчення сучасного стану навколишнього середовища в зонах ймовірного негативного впливу та його порівняння з нормативами і стандартами якості довкілля проводиться в рамках **другого етапу** – аналізу і оцінки наслідків екологічного впливу об'єкту на довкілля. Тут необхідно з'ясувати, який взаємозв'язок екологічних процесів сформувався в складі аналізованої колишньої природно-технічної системи військового об'єкта і які це мало наслідки для довкілля. Така оцінка проводиться на основі розрахунку комплексних інтегральних показників якості ґрунтового середовища – сумарного показника

забруднення ( $Z_c$ ) і приведеного сумарного коефіцієнта концентрації ( $D$ ) та їх ідентифікації в системі розроблених шкал. Далі прослідковується щільність зв'язку між отриманими значеннями зазначених показників із використанням корелятивного аналізу.

Подальший аналіз ґрунтується на визначенні інтенсивності міграції забруднювачів із ґрунту в рослинний покрив шляхом розрахунку коефіцієнта накопичення ( $K_n$ ). Після чого для оцінки екологічного стану рослинного покриву території використовується комплексний індекс забруднення, що враховує дані про вміст у рослинах токсичних елементів і їх фонове значення ( $I$ ). Усі отримані коефіцієнти доповнюють і вносяться в загальну базу даних екологічної інформації, а також графічно інтерпретуються (побудова відповідних графіків-діаграм) з метою заключної візуальної оцінки [3–5].

Отримані інтегральні показники якісного стану ґрунтового і рослинного покриву оцінюються за розробленими критеріями оцінки їх деградації. Запропоновані критерії базуються на визначенні змін (відхилень) інтегральних показників від прийнятого в якості контрольного (фонового) стану територій.

Узагальнені результати інтегральної оцінки територій (ґрунтового і рослинного покриву) систематизуються і використовуються для розробки геоінформаційних систем на базі програмного забезпечення Digital (завантаження топографічних карт, які містять досліджувані об'єкти, прив'язка їх до системи координат, оцифрування необхідних об'єктів і шарів, нанесення на створену карту місць відбору проб із внесеними результатами щодо вмісту ВМ) і Golden Software Surfer (аналіз просторових даних геостатистичного аналізу і моделювання – створення моделей забруднення і поширення на досліджуваних територіях ВМ методом просторової інтерполяції).

Створені ГІС-моделі необхідні для детальної оцінки системи взаємодії військового об'єкта і природного середовища. Даний підхід побудований на розгляді в кожному конкретному випадку ланцюга можливих наслідків для компонентів довкілля таких процесів. Сама модель відносин передбачає відтворення компонентної структури гіпотетичних шляхів міграції забруднюючих речовин, ініційованих техногенним впливом майданчиків пускових комплексів ракетних військ (рис. 2) [7].

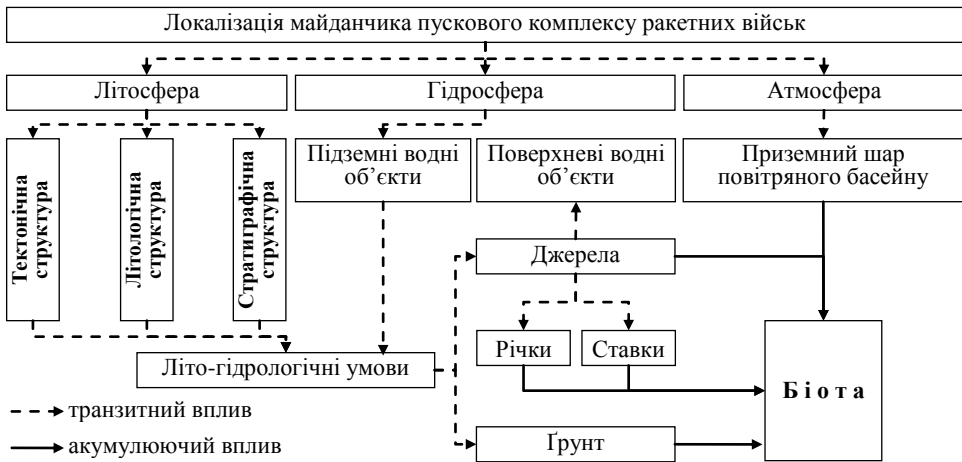


Рис. 2 – Компонентна структура гіпотетичних шляхів міграції забруднюючих речовин в складі ГІС-моделі

Окреслена компонентна структура використовується для виконання оцінки впливу на довкілля зазначених військових об'єктів на основі географічних інформаційних систем і аналізу можливих наслідків у контексті визначення рівня екологічної безпеки територій [7].

Розробка заходів забезпечення екологічної безпеки – **третій етап** – передбачає вироблення загальних методів та засобів мінімізації негативного впливу внаслідок змін довкілля та його забруднення, викликаних колишньою діяльністю збройних сил. В рамках цього етапу виконується наукове обґрунтування шляхів комплексної реабілітації територій, порушених внаслідок військової діяльності, з метою приведення їх екологічного стану до гарантовано-безпечних для довкілля і здоров'я людей рівнів та стандартів. Реабілітація передбачає ліквідацію забруднень, технічну і біологічну рекультивацию деградованих ділянок і суміжних площ, розроблення заходів довгострокових спостережень за станом природних систем [3–5].

Завершальним є **четвертий етап** – визначення і обґрунтування напрямів використання територій. Завданням заключного етапу є визначення шляхів ефективного повторного використання колишніх військових об'єктів, враховуючи екологічні і економічні аспекти демілітаризації цих територій, а також можливості їх включення до господарського механізму природокористування з точки зору відповідності визначеним критеріям екологічної безпеки. У рамках цього етапу встановлюється глибина порушення екосистем в межах впливу колишніх військових об'єктів і рівень зниження їх стійкості до навантажень, виробляються еколого-практичні рекомендації до використання таких територій [3–5].

Використання індексного підходу дозволяє оцінювати вклад того чи іншого аспекту діяльності військового об'єкта в небезпечний вплив на навколишнє середовище в цілому чи за окремими компонентами довкілля [8]. Встановлення зв'язку показників (індексів) із рівнем екологічного ризику, який формується для військового об'єкта, дозволило напрацювати критерії екологічної безпеки порушених територій.

Основні наслідки впливу на довкілля діяльності ракетних військ проявляються в механічному порушенні ґрунтово-рослинного покриву, забрудненні екосистем як компонентами ракетного палива, так і продуктами їх трансформації, зміні геохімічної поведінки важких металів. Такий техногенний вплив є достатньо руйнівним для природних екосистем і може спровокувати процеси, які спричинять ще більш негативні і незворотні наслідки в майбутньому. Забезпечення екологічної безпеки має гарантувати відсутність деградації довкілля і зниження екологічного ризику в майбутньому, тому критерії екобезпеки мають враховувати стійкість і здатність до регенерації природних екосистем.

В якості критеріїв деградації ґрунтів і рослинності пропонується використати зміни (відхилення) значень інтегральних показників від прийнятих контрольних (фонових) показників їх стану. Конкретні значення критерію для виділення ступенів деградації встановлюються дослідним шляхом. Для цього виконуються екологічні обстеження ґрунтів і рослинного покриву і визначаються рівні їх забруднення. Показники, за якими оцінюється ступінь техногенного навантаження, обрані наступні: 1) вміст нітратів; 2) вміст важких металів; 3) сумарний показник забруднення ґрунту; 4) приведений сумарний

коефіцієнт концентрації; 5) коефіцієнт накопичення в рослинній фітомасі; б) комплексний індекс забруднення рослинного покриву.

Об'єднані результати критеріальної оцінки рівня екологічної безпеки необхідно інтегрально узагальнити шляхом підготовки комплексної оцінки досліджуваних територій, забруднених внаслідок військової діяльності, на основі ГІС-моделей. Комплексна оцінка містить у собі опрацьовані статистичні дані щодо: ґрунтового середовища (оцінку екологічного стану ґрунтового покриву за приведеним сумарним коефіцієнтом концентрації, D); рослинного покриву (оцінку екологічного стану рослинного покриву за комплексним індексом забруднення, I); геологічної будови (її опис) територій, на яких розміщені військові об'єкти, і транзитного потенціалу підстилаючих гірських порід (G); площі (дзеркала) забруднених зон з відповідним вмістом ВМ, розраховані на основі ГІС-моделей (S); густоти гідрологічної сітки (постійних водотоків, R).

Комплексна оцінка включає вищеперераховані фактори (показники), кожному з яких надається оціночний бал в залежності від розрахованих і визначених значень їх параметра. Зведена характеристика критеріїв екологічної безпеки територій колишніх військових об'єктів і порядок присвоєння оціночних балів наведені в табл. 1. Нижче подано роз'яснення щодо практичного використання критеріїв (показників) комплексної оцінки.

Таблиця 1 – Вага критеріїв екологічної безпеки демілітаризованих територій в оціночних балах

№ з/п	Показник	Значення параметра	Оціночні бали
1.	Приведений сумарний коефіцієнт концентрації, D	низький	1–4
		середній	5–8
		підвищений	9–12
		високий	13–16
		надзвичайно високий	17–20
2.	Комплексний індекс забруднення рослинного покриву, I	низький	1–4
		середній	5–8
		підвищений	9–12
		високий	13–16
		надзвичайно високий	17–20
3.	Транзитний потенціал підстилаючих гірських порід, G	водотривкі	1–6
		напівпроникні	7–13
		водопроникні	14–20
4.	Площа забруднення, S	понад 100 000 м <sup>2</sup>	1–6
		від 10 000 м <sup>2</sup> до 100 000 м <sup>2</sup>	7–13
		до 10 000 м <sup>2</sup>	14–20
5.	Густота гідрологічної сітки, R	до 100 м/км <sup>2</sup>	1–6
		від 100 м/км <sup>2</sup> до 1000 м/км <sup>2</sup>	7–13
		понад 1000 м/км <sup>2</sup>	14–20

**Приведений сумарний коефіцієнт концентрації (D).** Оскільки інтегральний оціночний бал D дає найбільш коректну оцінку санітарно-гігієнічного (екологічного) стану території, результати його розрахунку використовуємо для критеріальної оцінки. Оціночна шкала небезпеки забруднення ґрунтів за приведеним сумарним коефіцієнтом концентрації D буде відповідати рівню забруднення, кожному з яких присвоюється відповідний оціночний бал (від 1 до 5 балів).

**Комплексний індекс забруднення рослинного покриву (I).** Для подальшої оцінки використовуємо оціночну шкалу небезпеки забруднення рослинного покриву за комплексним індексом забруднення I. Встановленому рівню забруднення присвоюємо відповідну набрану кількість оціночних балів (від 1 до 5 балів).

**Геологічна основа території і транзитний потенціал підстилаючих гірських порід (G).** Усі гірські породи поділяють на три групи: водопроникні (галька, гравій, добре відсортований чистий пісок, закарстовані та тріщинуваті породи); напівпроникні (глинисті піски, торф, скельні, напівскельні та закарстовані породи, пустоти і тріщини яких заповнені дрібнозернистими і глинистими відкладами); водонепроникні, або водотривкі (глини та масивно-кристалічні породи). М'які і водопроникні породи сприяють поширенню забруднених елементів через підземні води чи річкову систему, збільшуючи площу забруднення. Виходячи з цього, водотривкі шари оцінюємо в 1–6 балів, напівпроникні – 7–13 балів, водопроникні – 14–20 балів.

**Площа (дзеркало) забруднення (S).** Як уже зазначалось, досліджуваним забруднюючим речовинам властива горизонтальна і вертикальна міграція та, відповідно, здатність до поширення на значні території. Початкова концентрація поллютантів збільшує дзеркало забруднення, але при цьому з часом спостерігається тенденція до зниження його рівня у середовищах за рахунок рівновіддаленого руху. Тому, чим менша зона ураження, тим вищий вміст поллютанта на забрудненій території. Забруднення загальною площею понад 100 000 м<sup>2</sup> оцінюється в 1–6 балів, площею від 10 000 м<sup>2</sup> до 100 000 м<sup>2</sup> – 7–13 балів, до 10 000 м<sup>2</sup> – 14–20 балів.

**Густина гідрологічної сітки (R).** Густа мережа гідрологічної сітки розвантажує обмежену зону забруднення і тим самим розповсюджує її на великі площі. Відповідно, це робить такі території не придатними для ведення сільськогосподарства чи використання у інших господарських цілях, сприяє забрудненню водотоків, які одночасно можуть бути джерелом водопостачання, зрошення полів тощо. Відсутність, дуже малу кількість, невеликі розміри постійних водотоків густотою до 100 м/км<sup>2</sup> поблизу колишніх військових об'єктів оцінюємо в 1–6 балів, середню густоту, невеличкі водотоки, зрошувальні канали від 100 м/км<sup>2</sup> до 1000 м/км<sup>2</sup> – 7–13 балів, наявність густої річкової мережі понад 1000 м/км<sup>2</sup> – 14–20 балів.

Як додаткові інформативні показники (табл. 2) пропонується використовувати рівень залісненості (F) і вертикальну розчленованість (H) території, що, у свою чергу, можуть охарактеризувати здатність природних систем до підтримання належного рівня екологічної безпеки.

Таблиця 2 – Роль інформативних показників у підтриманні рівня екологічної безпеки демілітаризованих територій

№ з/п	Показник	Значення параметра	Стійкість до навантаження
1.	Рівень залісненості території, F	понад 40%	посилює рівновагу (+)
		від 23 до 40%	пітримує рівновагу (0)
		до 23%	послаблює рівновагу (-)
2.	Вертикальна розчленованість території, H	до 10 м	посилює рівновагу (+)
		від 10 м до 50 м	пітримує рівновагу (0)
		понад 50 м	послаблює рівновагу (-)

**Рівень залісненості території (F).** Лісовий масив, як правило, сприяє затриманню поширення забруднюючих речовин, але шляхом збільшення їх концентрації і накопичення у самих рослинах на ділянці чи території, яка обмежена власне протяжністю лісового масиву. Тому ліс виступає природним консервантом і локалізатором забруднень. Таким чином, в зоні широколистяних лісів рівень залісненості території понад 40% посилює рівновагу природних систем, сприяє стійкості до навантажень і підтриманні належного рівня екологічної безпеки. Залісненість території від 23% до 40% відіграє роль нейтрального чинника у підвищенні потенціалу природних систем щодо стійкості до навантажень, але підтримує рівновагу за допустимих рівнів тиску (в межах діапазону толерантності) на екосистемі. Залісненість території менше 23% послаблює здатність природних систем протистояти забрудненню і деформації, знижує резерви екосистем для підтримання належного рівня екологічної безпеки в умовах кризових ситуацій.

**Вертикальна розчленованість території (H).** Усі колишні майданчики пускових комплексів балістичних ракет, як правило, розташовані на підвищених формах рельєфу, висота яких коливається в межах 220–380 м. Очевидно, що чим вище знаходиться військовий об'єкт, тим вища концентрація забруднюючих речовин, зокрема ВМ, і менша площа забруднення. І навпаки, по низовинах забруднюючі речовини швидше мігрують, зменшуючи загальний вміст забруднюючого елемента, але при цьому збільшуючи площу ураження. Найбільш пагубним є перший варіант, оскільки існує висока ймовірність перевищення порогових значень (ГДК) за рахунок значної амплітуди висот (перевищення дослідних точок над суміжними територіями) і створення зони накопичення та зони розвантаження забруднювачів. Виходячи із встановлених особливостей характеру розташування БСП, вертикальна розчленованість території до 10 м локалізує забруднення і попереджає можливість значного його транскордонного поширення, посилює стійкість території до навантаження і підвищує здатність екосистем до підтримання належного рівня екобезпеки. Розчленованість території від 10 м до 50 м не забезпечує умов підвищення екологічної валентності природних систем, але підтримує стан їх рівноваги за допустимих рівнів навантаження (в межах діапазону толерантності) на екосистемі. Розчленованість території понад 50 м послаблює здатність природних систем нейтралізувати деструкційні процеси, знижує потенціал екосистем підтримувати належний рівень екологічної безпеки.

Для отримання остаточного результату комплексної оцінки рівня екологічної безпеки з використанням ГІС-моделей запропоновано використовувати однойменний індекс ( $I_{реб}$ ), який розраховується шляхом сумування набраних балів за формулою:

$$I_{реб} = D + I + G + S + R, \quad (1)$$

де  $D$  – значення приведенного сумарного коефіцієнта концентрації у вагових балах;  $I$  – значення комплексного індексу забруднення рослинного покриву у вагових балах;  $G$  – геологічна основа території і транзитний потенціал підстилаючих гірських порід у вагових балах;  $S$  – площа забруднення у вагових балах;  $R$  – густина гідрологічної сітки у вагових балах.

Визначення рівня екологічної безпеки є завершальним етапом проведення комплексної оцінки. Для цього пропонується використовувати розроблену 5-рівневу шкалу (табл. 3).

Таблиця 3 – Шкала комплексної оцінки екологічного стану територій

Рівень	Категорія екологічної безпеки	Величина $I_{реб}$ в балах
1	задовільний рівень	0–10 балів
2	достатній рівень	11–25 балів
3	понижений рівень	26–50 балів
4	низький рівень	51–75 балів
5	дуже низький рівень	76–100 балів

Як видно з табл. 3, для різних рівнів забруднення і деградації територій виділені діапазони значень за ступенем небезпеки забруднення, яким надані градації і присвоєно стандартні найменування.

## Висновки

Розроблена методика виконання оцінки впливу на довкілля колишніх військових об'єктів дозволяє поєднати результати компонентного аналізу екологічного стану середовища, інтегральної оцінки забруднення складових довкілля і ГІС-моделювання. Запропонований індекс оцінки рівня екологічної безпеки ( $I_{реб}$ ) дає змогу виконати підсумкову комплексну оцінку, деталізація якої досягнута градацією критеріальної шкали. Її виділені діапазони чітко і наочно презентують категорію екологічної безпеки території.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд». – К.: Держкомбударх, Мінекобезпеки України, 2003. – 21 с.
2. Рекомендації щодо змісту матеріалів оцінки впливів діючих об'єктів на навколишнє середовище (ОВНС). Правила проведення робіт / УкрНДІЕП. – Харків, 2005. – 21 с.



3. Шаравара В.В. Система виконання оцінки впливів на довкілля колишніх об'єктів ракетних військ / В.В. Шаравара // Екологічна безпека держави: тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів. м. Київ, 15–17 квітня 2014 р., Національний авіаційний університет / редкол. О.І. Запорожець та ін. – К.: НАУ, 2014. – С. 12–13.
4. Шаравара В.В. Механізм оцінки параметрів екологічного стану демілітаризованих територій ракетних військ / В.В. Шаравара // Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету: збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів, докторантів і аспірантів. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. – Вип. 13. – Т. 2. – С. 31.
5. Куценко В.О. Методологія ОВНС для виявлення впливу чинників збройних сил на довкілля: уточнення процедур / В.О. Куценко, В.В. Шаравара // Наукоємні технології: Матеріали науково-технічної конференції студентів та молодих учених. – К.: НАУ, 2014. – С. 18.
6. Шаравара В.В. Моніторингові дослідження та аналіз забруднення ґрунту в районі бойових стартових позицій балістичних ракет / В.В. Шаравара, Я.І. Мовчан // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол.: О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2013. – № 12. – С. 14–22.
7. Шаравара В.В. Компонентний аналіз гіпотетичних шляхів міграції забруднюючих речовин на територіях майданчиків пускових комплексів ракетних військ / В.В. Шаравара, І.П. Касіяник // Екологічна безпека держави: тези доповідей ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (м. Київ, 16 квітня 2015 р.), Національний авіаційний університет / редкол. О.І. Запорожець та ін. – К.: НАУ, 2015. – С. 26.
8. Статюха Г.О. Розробка методики оцінки небезпечних видів діяльності промислових підприємств / Г.О. Статюха, Т.В. Бойко, В.І. Бендюг // Екологія і ресурси. – 2003. – № 7. – С. 46–55.

*Стаття надійшла до редакції 03.08.2015*