

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ПОЛІГОНІВ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ**

С.М. Чумаченко

(Національний НДЦ оборонних технологій і воєнної безпеки України)

*В статті проведено порівняльний аналіз різноманітних методів оцінки впливу на навколишнє середовище антропогенної діяльності. Розроблено пропозиції щодо застосування цих методів для проведення екологічної оцінки впливу військового полігону на навколишнє природне середовище.*

***екологічна оцінка, військовий полігон, навколишнє природне середовище***

Проблема екологічної оцінки техногенних впливів на навколишнє середовище досить гостро стоїть перед людством. За останню чверть 20 століття було накопичено великий методичний матеріал, який не використовується для вирішення проблем забезпечення екологічної безпеки військової діяльності.

При аналізі впливу військової діяльності на стан довкілля переважають, головним чином, оцінки розмірів порушення природного середовища та концентрацій забруднюючих речовин у тих чи інших абіотичних складових екосистемах [1]. З другої половини ХХ століття науковцями у сфері прикладної екології розроблено десятки методів об'єктивної оцінки та прогнозування техногенного впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище.

В практиці наукових досліджень найбільше поширення отримали такі методи [2 – 13]: картографічні методи; метод контрольних списків; матричні методи; метод мережних діаграм; статистичні методи; адаптивні методи та методи моделювання.

Для отримання первинної екологічної інформації останнім часом широко застосовуються прецизійні технічні засоби дистанційного та контактного зондування стану природного середовища, включаючи космічні. Інформація, отримана завдяки цим засобам, є базовою для екологічної оцінки (ЕО) масштабів реального впливу антропогенної діяльності на природне середовище. До цього часу при оцінці впливу військової діяльності на навколишнє природне середовище, головним чином, керу-

валися санітарно-гігієнічними підходами, які є основними в екогігієні та токсикології. Але на даний момент ці підходи не дають змоги реально оцінити екологічний стан навколишнього природного середовища, тому що орієнтовані головним чином на екологічну оцінку впливу забруднення навколишнього середовища для людської популяції, а не комплексної оцінки екологічного стану довкілля.

Метою цієї статті є аналіз існуючих методів ЕО та розробка рекомендацій по їх застосуванню для оцінки впливу бойової підготовки на навколишнє природне середовище (НПС) військового полігона (ВП).

Проведемо більш детальний аналіз методів ЕО, узагальнена характеристика яких наведена в табл. 1.

Аналіз вимог до методів ЕО впливів антропогенної діяльності на НПС показує, що для задоволення існуючих вимог до методів оцінки впливу заходів бойової підготовки (БП) на НПС ВП вони повинні відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати можливість ідентифікації первинних впливів і впливів більш високого порядку;
- визначати величину і значимість впливу;
- визначати взаємодії між впливами, включаючи синергетичні ефекти й ефекти нейтралізації;
- забезпечувати можливості розрахунку агрегованих оцінок;
- прогнозувати впливи;
- здійснювати адаптацію оцінок у процесі прийняття рішення.

Розглянемо більш детально деякі методи, які на сьогоднішній день широко застосовуються на практиці.

Серед картографічних методів ЕО значне поширення отримав метод нашарування або сполученого аналізу карт [2, 3]. В цьому методі використовується набір топографічних карт, які представляють просторовий розподіл параметрів навколишнього середовища (рельєф, гідрографія, рослинний покрив, ландшафти, техногенна інфраструктура і т.ін.). Кожна карта покривається штрихуванням, при цьому локалізація заштрихованих місць і густина штрихування показують ступінь впливу антропогенної діяльності на обраний параметр навколишнього середовища. Шляхом сполучення окремих карт отримують сумарну картину впливу техногенного об'єкта на територію, для якої проводиться аналіз.

Ефективність методу сполученого аналізу підвищується при застосуванні геоінформаційних систем. У цьому випадку застосовується обробка відповідних шарів цифрової карти місцевості. У процесі агрегування параметрам цифрової карти присвоюються деякі вагові коефіцієнти в залежності від їхньої значимості.

## Основні переваги і недоліки методів ЕО антропогенних впливів

Методи ЕО	Переваги	Недоліки
1	2	3
Картографічні методи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) легко зрозумілі для ОПР;</li> <li>2) візуалізація екологічної інформації;</li> <li>3) інструмент наочного фізико-географічного районування;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) враховують тільки прямі впливи;</li> <li>2) не враховують термін дії та ймовірності впливів;</li> </ol>
Метод контрольних списків	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) прості для розуміння і використання ОПР;</li> <li>2) адаптовані для вибору площадки розташування і визначення пріоритетів;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) не розрізняють прямі і непрямі впливи;</li> <li>2) не просліджують зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом;</li> <li>3) процес врахування людських і природних цінностей може бути спірним;</li> </ol>
Матричні методи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) відображають зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом;</li> <li>2) наочні для представлення результатів ЕО;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) важко розрізнити прямі і непрямі впливи;</li> <li>2) істотна небезпека подвійного обліку впливів;</li> </ol>
Мережні діаграми	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) відображають зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом;</li> <li>2) у спрощеній формі корисні для виявлення впливів другого порядку;</li> <li>3) виявляють прямі і непрямі впливи;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) може бути дуже складним для використання, якщо оцінюється повномасштабна версія впливу;</li> </ol>
Статистичні методи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) агрегування інформації;</li> <li>2) виділення узагальнюючих факторів впливу;</li> <li>3) прив'язка до конкретних територіальних одиниць;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) великі об'єми необхідної інформації;</li> <li>2) слабо формалізовані набори показників та факторів впливу;</li> </ol>
Адаптивні методи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) включення ЕО в процеси управління станом НПС;</li> <li>2) врахування ризиків;</li> <li>3) добре пророблено процедурні питання проведення ЕО;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) необхідність одночасної підтримки безперервних процесів ЕО і управління станом НПС;</li> </ol>
Методи імітаційного комп'ютерного моделювання	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) адаптовані для прогнозування й аналізу впливу;</li> <li>2) дозволяють проводити віртуальний "експеримент" (оцінки різних сценаріїв).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) сильна опора на накопичені знання і дані;</li> <li>2) часто складні й дорогі.</li> </ol>

На початку 70-х років американський еколог Леопольд запропонував виявляти значимі впливи за допомогою матриці, у якій стовпці відповідають різним етапам здійснення проекту і видам діяльності, а рядки – компонентам навколишнього природного середовища [2 – 4]. На перетині рядків і стовпців можна за допомогою умовних знаків вказувати значимість, ступінь передбачуваності, природу впливу чи іншу інформацію.

Матриці допомагають виявляти значимі впливи більш системно, ніж списки. За допомогою матриць легше враховувати досвід минулих проектів. Більш того, матриці можуть вказувати не тільки на можливі значимі зміни в навколишньому середовищі, але і на ті техногенні фактори, що можуть привести до серйозних екологічних впливів. Недоліком матриць, так само як і списків, є їхня непристосованість до виявлення непрямих, опосередкованих впливів.

Для більш системного виявлення непрямих впливів застосовуються так звані “покрокові” матриці або матриці другого порядку. У таких матрицях виявлений вплив на компонент навколишнього природного середовища використовується для прогнозування “непрямих” впливів (другого порядку).

Такі матриці, як матриця Леопольда, корисні для оцінки впливу у великих регіональних проектах: вони дають узагальнене, але досить чітко визначене наближення, що прискорює всебічний міждисциплінарний розгляд первинних впливів на навколишнє середовище. Матричні методи не вимагають великих витрат ресурсів. Однак відсутність можливості прогнозувати впливи й ідентифікувати вторинні впливи та впливи більш високого порядку, одержувати агреговані оцінки істотно обмежує застосування методів описових матриць. Частково ці недоліки усунуті в методах, заснованих на властивостях множення матриць.

За допомогою матриць можна чітко ідентифікувати тільки наявність зв'язків (первинних чи більш високого порядку) між компонентами природного середовища, але напрямок зв'язків між впливами, а тим більше кількісну оцінку впливу в кожному напрямку одержати не можна. Для дослідження опосередкованих впливів (тим більше впливів більш високого порядку) використовуються мережні діаграми, які ще називаються мережами.

Найбільш корисними для прогнозування і оцінки впливів є кількісні імітаційні моделі. Моделювання в процедурах екологічної оцінки впливів антропогенної діяльності поки що не набуло широкого розвитку. Однак, застосування системного підходу, при якому розглядаються інтегральні властивості екологічних об'єктів, їхня цілісність стосовно навколишнього світу і їхні реакції на зовнішні впливи [9, 10], дозволяють го-

ворити про перспективу застосування методів імітаційного моделювання. При цьому передбачається три рівні розгляду: сама екосистема, структура взаємозв'язків окремих її складових і нарешті її місце в системі більш високого рівня. Важливою особливістю таких складних екологічних систем є обмежена можливість проведення натурних експериментів, що можуть бути замінені експериментами на імітаційних моделях. При такому підході цілком природним буде перехід від поняття складних систем до поняття системи їх моделей [9 – 13].

Необхідним етапом процедури оцінок впливу є шкалування і зважування, що дозволяє перевести оцінки в кількісну форму. У деяких методах (контрольних списків, матриця Петерсена) чисельні оцінки окремих показників впливу агрегуються в єдиний індекс.

Застосування агрегованих показників дозволяє робити оцінку впливу у формі більш зручній для прийняття рішень. А це дозволяє спростити процес прийняття рішення, тому що основні впливи вдається підсумувати і передати одним чисельним показником. З іншого боку, необхідно залишити також оцінку індивідуальних впливів на певному етапі прийняття рішення, тому що це дозволяє виявити більшу гнучкість при прийнятті рішень.

Усі розглянуті методи в певній мірі ідентифікують впливи першого порядку, що є досить актуальною задачею для оцінки впливу окремих зразків систем зброї і військової техніки, а також визначених заходів БП. Найбільш наочними і простими з них є матриця Леопольда, метод контрольних списків і східчаста діаграма Соренсена. Характерно, що більш "інтелектуальні" методи (Сонджейма, Холлінга, моделювання) погано ідентифікують первинні впливи джерел ВТН і їх потрібно використовувати в поєднанні з матричними методами, наприклад, матрицею Леопольда. Для визначення впливів більш високого порядку найбільш наочним способом є східчаста діаграма Соренсена.

При проведенні ЕО зміни стану ПС під дією факторів ВТН досить важливим є вибір прийнятних методів ЕО з точки зору їх переваг і недоліків. На рис. 1 наведено узагальнену схему можливого комплексного використання існуючих методів для ЕО впливу заходів БП на стан природного середовища ВП.

Так, наприклад, для задачі оцінки впливу на природне середовище з метою вибору місця розташування ВП і оптимізації інфраструктури навчальних об'єктів доцільним є застосування комплексного методу, заснованого на картографічних методах, аналізі рішень та адаптивних оцінках [5, 7].

Але з погляду кількісної оцінки впливу факторів БП на компоненти екосистем найбільш адаптованим є метод мережних діаграм, що дозво-

ляє визначати впливи факторів воєнно-техногенного навантаження в приведених однакових одиницях.

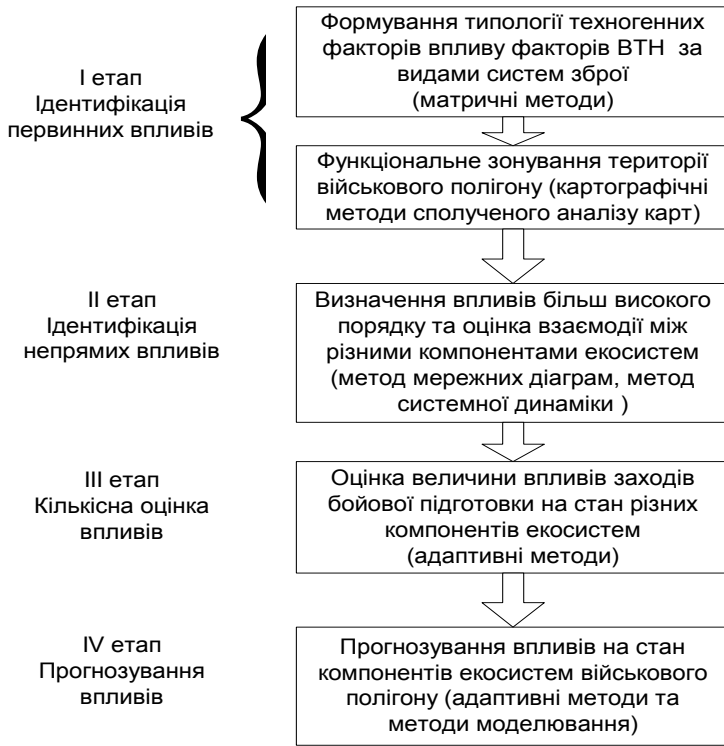


Рис. 1. Узагальнена схема використання методів ЕО впливу заходів БП на ВП на стан НПС

Критеріям, які висуваються перед методами оцінок впливу БП на стан навколишнього природного середовища ВП, в найбільшій мірі з усіх розглянутих методів, відповідають методи адаптивних оцінок Холлінга в сполученні з методами моделювання. Але методи Холлінга і моделювання можуть застосовуватися уже в тих випадках, коли проведено ідентифікацію впливів джерел і факторів воєнно-техногенного навантаження.

З метою ідентифікації впливів джерел ВТН можуть бути застосовані більш прості методи, наприклад матриця Леопольда, східчаста діаграма Соренсена, мережна діаграма, метод сполученого аналізу карт, факторний аналіз.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Романченко І.С., Сбітнєв А.І., Бутенко С.Г. Екологічне забезпечення військ: Монографія. – К.: ЦНДІ ЗСУ, 2003. – 273 с.
2. Вторжение в природную среду. Оценка воздействия / Пер. с англ. А.Ю. Ретеюма. – М.: Прогресс, 1983. – 193 с.
3. Семенова Л. А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду // В кн.: Географическое обоснование экологических экспертиз. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – С. 17-32.
4. Черп О.М., Виниченко В.Н., Хотулёва М.В., Молчанова Я.П., Дайман С.Ю. Экологическая оценка и экспертиза. – М.: Эколайн, 2000. – 202 с. – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecoline.ru/mc/books/>.
5. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под ред. К-С. Холлинга. – М.: Мир, 1981. – 397 с.
6. Сороковикова И.В. Исследование влияния хозяйственной деятельности на природу с помощью факторного анализа // В кн.: Вопросы комплексного планирования и управления союзных республик и экономических районов. Экологические проблемы регионального развития. – М., 1987. – С. 50-52.
7. Лакомова О.В. Применение метода "анализ решений" для оптимизации размещения АЭС на уровне областей // В кн.: Ядерная энергетика: перспективы развития, проблемы прогнозирования. – М., 1988. – С. 80-102.
8. Беляев В. И., Худошина М.Ю. Применение логико-информационных моделей в задачах управления развитием природно-экологического комплекса // Автоматика. – 1988. – №1. – С. 31-39.
9. Математическое моделирование биогеоценотических процессов / Под ред. Ю.М. Свирежева. – М.: Наука, 1985. – 126 с.
10. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. – М.: МГУ, 1980. – 464 с.
11. Большаков В.Н., Корытин Н.С., Кряжимский Ф.В., Шишмарев В.М. Новый подход к оценке стоимости биотических компонентов экосистем // Экология. – 1998. – №5. – С. 339-348.
12. Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. – М.: Наука, 1978. – 364 с.
13. Смит Дж. Модели в экологии: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 184 с.

Надійшла 20.02.2006

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор Е.Ю. Прохач,  
Харківський науковий центр військової екології.

---