

УДК.502.2:577.4

Петро ТКАЧУК,  
*Національна академія Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БАЗОВИХ МЕТОДІВ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННИХ ГЕОСИСТЕМ ЯК НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ОПЕРАЦІЙНИХ ЗОН ОПЕРАТИВНО- СЛУЖБОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ**

*У статті проведено порівняльний аналіз різноманітних методів оцінки впливу на навколишнє середовище антропогенної діяльності. Розроблено пропозиції щодо застосування цих методів екологічного моніторингу для проведення екологічної оцінки впливу оперативно-службової діяльності на навколишнє природне середовище.*

**Ключові слова:** *методи екологічного моніторингу, оперативно-службова діяльність, природно-техногенні геосистеми.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** На сьогодні сфера національної безпеки України, а саме її оборонний сектор, зазнали значних змін під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників, що діють з початку 2014 року. Один із колишніх стратегічних партнерів – Російська Федерація здійснила анексію значної частини української території – Автономної Республіки Крим, і активно підтримує сепаратистів так званих ДНР і ЛНР на Сході України. У зв'язку з цим виник цілий

© Ткачук П.

ряд нових загроз, серед яких вагоме місце посідають регіональні екологічні та воєнно-техногенні загрози, що обумовлені застосуванням широкого спектру систем зброї і військової техніки в найбільшому промисловому регіоні України, на території якого знаходиться більше 4 000 потенційно-небезпечних об'єктів.

Як відомо, Державна прикордонна служба України (ДПСУ) є суб'єктом системи забезпечення національної безпеки України, що виконує свої повноваження шляхом здійснення оперативно-службової діяльності. В умовах проведення антитерористичної операції необхідне уточнення і конкретизація завдань для бойової складової ДПСУ, що повинні включати і екологічний моніторинг під час здійснення оперативно-службової діяльності.

Одним із вагомих елементів екологічного моніторингу є екологічна оцінка воєнно-техногенних впливів на навколишнє середовище, що досить гостро сьогодні стоїть перед людством. За останню чверть ХХ століття було накопичено великий методичний матеріал, який не використовується для вирішення проблем забезпечення екологічної безпеки військової діяльності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор.** 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 екосистеми [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.

У 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 оперативно-службової діяльності ДПСУ на навколишнє природне середовище керувалися 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 комплексну оцінку екологічного стану довкілля.

**Мета статті** – аналіз існуючих методів ЕО та розробка рекомендацій щодо їх застосування для оцінки впливу оперативно-службової діяльності на навколишнє природне середовище (НПС) регіонального збройного конфлікту (РЗК).

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Проведемо більш детальний аналіз методів ЕО, узагальнена характеристика яких наведена в табл. 1.

Під час проведення ЕО зміни стану НПС під дією факторів ВТН оперативно-службової діяльності (СБД) досить важливим є вибір прийнятних методів ЕО з врахуванням їх переваг і недоліків (табл. 2).

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

Але з огляду кількісної оцінки впливу факторів ВТН на компоненти екосистем найбільш адаптованим є метод мережних діаграм, що дозволяє визначати їх у приведених однакових одиницях. Критеріям, що висуваються перед методами оцінок впливу СБД на стан навколишнього природного середовища, з усіх розглянутих методів найбільше відповідають методи адаптивних оцінок Холлінга у сполученні з методами моделювання.

Таблиця 1

## Узагальнена характеристика методів ЕО впливів антропогенної діяльності на довкілля

Метод оцінки	Ідентифікація первинних впливів	Ідентифікація впливів високого порядку	Визначення величини впливів	Визначення значимості впливів	Можливість прогнозування впливів	Ресурсоємність	Наочність представлення інформації
Метод нашарування карт	++	-	++	++	+	++	+++
Метод контрольних списків	+++	-	++	++	++	+++	++
Матриця Леопольда	+++	-	++	+++	-	+	+
Матриця Петерсона	+++	++	+	-	-	++	++
Матриця взаємодіючих компонентів	+++	+++	++	-	+	+++	+
Східчаста матриця Соренсена	+++	+++	-	-	-	+	+++
Мережні діаграми	++	++	+++	+	-	+	+++
Статистичні методи	+	-	+	+	+	+++	++
Метод Сондхейма	++	++	++	++	+	++	+
Аналіз рішень	++	+	+++	+++	++	+++	++
Метод Холлінга	+	+	++	++	+++	+++	+
Імітаційно-оптимізаційні моделі	+	+	+++	+++	+++	+++	+
Моделі на основі концепції бази знань	+++	+++	+	+	+++	+++	+
Логіко-інформаційні моделі	+	+	+	+	++	++	+

**Основні переваги і недоліки  
методів екологічної оцінки антропогенних впливів**

Методи ЕО	Переваги	Недоліки
1	2	3
Картографічні методи	Легко зрозумілі для ОПР; візуалізація екологічної інформації; інструмент наочного фізико-географічного районування	Ураховують тільки прямі відносно довгострокові впливи; не враховують динамічність, термін дії та ймовірності антропогенних впливів
Метод контрольних списків	Прості для розуміння і використання ОПР; адаптовані для вибору розташування техногенних об'єктів і визначення пріоритетів	Не розрізняють прямі і непрямі антропогенні впливи; не просліджують зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом; процес урахування людських і природних цінностей може бути спірним
Матричні методи	Відображають зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом; наочні для представлення результатів ЕО у вигляді діаграм	Важко розрізнити прямі і непрямі антропогенні впливи; істотна небезпека подвійного обліку впливів;
Мережні діаграми	Відображають зв'язок між антропогенною діяльністю і впливом; у спрощеній формі корисні для виявлення впливів другого порядку; виявляють прямі і непрямі впливи	Може бути дуже складним для використання, якщо оцінюється повномасштабна версія впливу

Закінчення таблиці 2

1	2	3
Статистичні методи	Агрегування інформації; виділення узагальнюючих факторів впливу; прив'язка до конкретних територіальних одиниць	Великі обсяги необхідної інформації; слабо формалізовані набори показників і факторів антропогенного впливу; великий рівень осереднення
Адаптивні методи	Включення ЕО в процеси управління станом НПС; урахування ризиків; добре пророблено процедурні питання проведення ЕО	Необхідність одночасної підтримки безперервних процесів ЕО і управління станом НПС
Методи імітаційного комп'ютерного моделювання	Адаптовані для прогнозування й аналізу впливу; дозволяють проводити віртуальний "експеримент" (оцінки різних сценаріїв)	Сильна опора на накопичені знання і дані; часто складні й дорогі

Але ці методи можуть застосовуватися лише в тих випадках, коли проведено ідентифікацію джерел впливів і факторів ВТН. З метою їх ідентифікації можуть бути застосовані більш прості методи, наприклад матриця Леопольда, східчаста діаграма Соренсена, мережна діаграма, метод сполученого аналізу карт.

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

Серед картографічних методів ЕО значне поширення отримав метод нашарування або сполученого аналізу карт [2; 3]. У 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 залежно від їхньої значимості.

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 указувати 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. Більше того, матриці можуть указувати не тільки на можливі значимі зміни в навколишньому середовищі, але і на ті техногенні фактори, що можуть призвести 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 від-

сутність 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 говорити про перспективу застосування методів імітаційного моделювання. При цьому передбачаються 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 певною мірою ідентифікують впливи першого порядку, що є досить актуальною задачею для оцінки впливу окремих зразків систем зброї і військової техніки, а також визначених заходів СБД. Найбільш наочними і простими з них є матриця Леопольда, метод контрольних списків і східчаста діаграма Соренсена. Характерно, що більш “інтелектуальні” методи (Сондхейма, 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. У табл. 2 наведено узагальнену схему можливого комплексного використання існуючих методів для ЕО впливу заходів СБД на стан природного середовища РЗК.

Але з огляду кількісної оцінки впливу факторів СБД на компоненти екосистем найбільш адаптованим є метод мережних діаграм, що дозволяє визначати впливи факторів воєнно-техногенного навантаження в приведених однакових одиницях.

Критеріям, які висуваються перед методами оцінок впливу СБД на стан навколишнього природного середовища РЗК, найбільшою мірою з усіх розглянутих методів відповідають методи адаптивних оцінок Холлінга у 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 СБД можуть бути застосовані більш прості методи, наприклад матриця Леопольда, східчаста діаграма Соренсена, мережна діаграма, метод сполученого аналізу карт, факторний аналіз.

**Висновки.** Аналіз методів ЕО воєнно-техногенної діяльності та прогнозування стану ПТГС, що входять до складу теоретичних методів екологічного моніторингу, дозволив сформулювати вимоги до методів оцінки і прогнозування впливу СБД на НПС РЗК:

забезпечувати можливість ідентифікації первинних впливів і впливів більш високого порядку від СБД на НПС РЗК;

визначати величину і пріоритетність впливу СБД на НПС РЗК;

визначати взаємодії між впливами, включаючи синергетичні ефекти й ефекти нейтралізації;

забезпечувати оцінку і ранжування воєнно-техногенних загроз РЗК;

забезпечувати можливості розрахунку агрегованих оцінок, індикаторів і індексів ВТН від впливу СБД на НПС РЗК;

прогнозувати впливи ВТН СБД на НПС РЗК;

здійснювати адаптацію екологічних оцінок у процесі прийняття рішення.

### Список використаної літератури

1. Романченко І. С. Екологічне забезпечення військ: монографія / І. С. Романченко, А. І. Сбігнєв, С. Г. Бутенко. – 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 / Л. А. Семенова // В кн.: Географическое обоснование экологических экспертиз. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – С. 17–32.
4. 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. Сорокови́кова И. В. Исследование влияния хозяйственной деятельности на природу с помощью факторного анализа / И. В. Сорокови́кова // 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 / О. В. Лакомова // В кн.: Ядерная

энергетика: перспективы развития, проблемы прогнозирования. – М., 1988. – С. 80–102.

8. Беляев В. И. Применение логико-информационных моделей в задачах управления развитием природно-экологического комплекса / В. И. Беляев // Автоматика. – 1988. – №1. – С. 31–39.

9. Математическое моделирование биогеоценотических процессов / под ред. Ю. М. Свирижева. – М. : Наука, 1985. – 126 с.

10. Федоров В. Д. Экология / В. Д. Федоров, Т. Г. Гильманов. – М. : МГУ, 1980. – 464 с.

11. Новый подход к оценке стоимости биотических компонентов экосистем / В. Н. Большаков, Н. С. Корятин, Ф. В. Кряжмский, В. М. Шишмарев // Экология. – 1998. – № 5. – С. 339–348.

12. Свирижев Ю. М. Устойчивость биологических сообществ / Ю. М. Свирижев, Д. О. Логофет. – М. : Наука, 1978. – 364 с.

13. Смит Дж. Модели в экологии : пер. с англ. – М. : Мир, 1976. – 184 с.

14. Чумаченко С. М. Особливості застосування методів екологічної оцінки для оцінювання впливу бойових дій на складові військових природно-техногенних геосистем / С. М. Чумаченко, С. Л. Данилюк // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – К., 2015. – № 2 (72). – С. 100–114. – (Таємно; інв. № 45179).

*Рецензент – доктор військових наук, професор Кириленко В. А.*

**Ткачук П. Сравнительный анализ базовых методов экологического мониторинга природно-техногенных геосистем как окружающей среды операционных зон оперативно-служебной деятельности Государственной пограничной службы Украины**

В статье проведен сравнительный анализ различных методов оценки воздействия на окружающую среду антропогенной деятельности. Разработаны предложения по применению этих методов экологического мониторинга для проведения экологической оценки влияния оперативно-служебной деятельности на окружающую среду.

**Ключевые слова:** *методы экологического мониторинга, оперативно-служебная деятельность, природно-техногенные геосистемы.*

**Tkachuk P. Comparative analysis of basic methods of ecological monitoring of natural and technogenic geosystems as the operating**

**zones environment of operational and service activity of the state border guard service of Ukraine**

Comparative analysis of various methods of estimating anthropogenic activity impact on the environment has been conducted in the article. Proposals on application of these ecological monitoring methods for the ecological assessment of the impact of operational and service activities on the environment have been developed.

**Keywords:** *methods of ecological monitoring, operational and search activity, natural and technogenic geosystems.*