

ЕКОЛОГІЧНА ГЕОФІЗИКА

Шмандій В.М., Бредун В.І., Харламова О.В.
Кременчуцький національний
університет ім. Михайла Остроградського

ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ РЕГІОНУ, СФОРМОВАНОЇ ТЕХНОГЕННОЮ СЕЙСМІЧНІСТЮ

Розроблено методику та алгоритм оцінювання рівня екологічної небезпеки регіону, яка формується чинниками техногенної сейсмічності. Розкрито сутність системи індексних показників, які характеризують джерела небезпеки, об'єкти, на які здійснюють вплив техносейсмохвилі, а також їх небезпечні поєднання. Виявлено особливості якісно-кількісної оцінки небезпеки, яка формується прямим та опосередованими шляхами.

Ключові слова: екологічна небезпека, пряма та опосередована небезпека, індекс, алгоритм, оцінювання, техногенна сейсмічність.

Разработана методика и алгоритм оценивания уровня экологической опасности региона, которая формируется факторами техногенной сейсмичности. Раскрыта сущность системы индексных показателей, которые характеризуют источники опасности, объекты, на которые осуществляют влияние техносейсмволны, а также их опасные сочетания. Виявлено особенности качественно-количественной оценки опасности, которая формируется прямым и косвенным путями.

Ключевые слова: экологическая опасность, прямая и косвенная опасность, индекс, алгоритм, оценивание, техногенная сейсмичность.

The method and algorithm of evaluation of level of ecological danger of region, which is formed the factors of technogenic seismic, is developed. Essence of the system of index indexes, which characterize the sources of danger, objects, on which technogenic seismic waves, and also their dangerous combinations, carry out influence, is exposed. Has been explored the feature of high-quality and quantitative estimation of danger which is formed direct and indirect ways.

Keywords: ecological danger, direct and indirect danger, index, algorithm, evaluation, technogenic seismic.

Постановка проблеми. З розвитком урбанізації та індустріалізацією економіки в Україні в минулому столітті утворилися регіони з підвищеним техногенним сейсмічним навантаженням (Кривий Ріг, Кременчук та інші). Екологічна небезпека таких територій традиційно оцінюється за показниками забруднення атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, зміни ландшафту, гідрологічних та гідрогеологічних умов. Але для зазначених регіонів суттєве значення має екологічна небезпека, що формується чинниками техногенної сейсмічності (ТС), оскільки техногенні землетруси створюють негативний екологічний вплив на населення територій, що приводить до погіршення самопочуття людей [3].

Аналіз попередніх досліджень. Існуючі методики оцінки екологічної небезпеки певних явищ чи об'єктів базуються, в основному, на аналізі ризику виникнення певних подій або співвідношенні реальної величини небезпечного фактора до її допустимого значення [4]. Існує ряд методик оцінки екологічної небезпеки сейсмічних явищ, які базуються на використанні ймовірнісних, статистичних, експертних та індексних методів [2, 7, 10]. Вони стосуються здебільшого природної сейсмічності або обмежуються оцінюванням небезпеки механічного впливу землетрусів (переважно вибухового генезису) на споруди по критерію сейсмостійкості останніх [1]. Питання оцінки рівня екологічної небезпеки регіонів, що створюється чинниками техногенної сейсмічності (ТС) практично не розглядаються. Нами встановлено [4], що техногенна сейсмічність впливає на біотичні об'єкти, в тому числі й люди-

ну, прямим та опосередованим шляхом. Але методика оцінки такого впливу відсутня. Це визначає актуальність нашого дослідження.

Мета роботи. Створення методики оцінювання екологічної безпеки регіону, сформованої чинниками техногенної сейсмічності, що враховує прямий та опосередований шляхи формування небезпеки.

Матеріал і результати досліджень. Наслідки впливу ТС на певні об'єкти можуть проявлятися в різній мірі або взагалі бути відсутніми. Це обумовлює необхідність поєднання в системі оцінки небезпеки елементів аналізу вірогідності виникнення небезпеки та співвідношення реальних та допустимих значень небезпечних чинників. Серед вище зазначених методів на наш погляд найбільш об'єктивним та зручним є індексний. Він, порівняно з іншими, є менш критичним до недостатньої кількості і нечіткості вихідних даних, більш простим з математичної точки зору. Його можна використовувати для оцінки небезпеки як досить рідко виникаючих, так і частих подій, якими є техногенні землетруси. Тому, пропонуємо систему індексних показників, яка враховує наведені вимоги.

Індекс прямої екологічної небезпеки джерела техногенної сейсмічності ($H_{\text{п}}$):

$$H_{\text{п}} = V / V_6, \quad (1)$$

де V – експериментально визначена швидкість зміщення ґрунту або конструктивних елементів споруди, м/с;

V_6 – рівень безпечної по умовах прямого впливу швидкості зміщення ґрунту або конструктивних елементів споруди під дією техносейсмохвиль (ТСХ).

Індекс $H_{\text{п}}$ характеризує прямий фізичний та психологічний вплив на біотичні об'єкти. В [8] встановлено, що максимально допустима безпечна величина швидкості зміщення ґрунту та конструктивних елементів споруд V_6 при частотах ≥ 8 Гц становить $1,1 \cdot 10^{-4}$ м/с, що є порогом абсолютної невідчутності коливань і не спричиняє шкоди здоров'ю людини.

Для коливань з частотою менше 8 Гц параметр $V_6 > 1,1 \cdot 10^{-4}$ м/с. Таким чином, значення $V_6 = 1,1 \cdot 10^{-4}$ м/с є мінімальним серед допустимих по всіх можливих частотних діапазонах ТСХ. Тому, приймаємо його як характеристичний показник загально допустимого рівня ТСХ.

Згідно [3], землетруси інтенсивністю 1 бал за шкалою МСК-64 (зареєстрована швидкість зміщення ґрунту $V < 12 \cdot 10^{-4}$ м/с) людиною практично не відчуються, але можуть спричинити небажані дії, наприклад, вібрацію посуду та інших предметів на полицях шаф. Вказана шкала розроблялась для характеристики в першу чергу природних землетрусів, які є подіями короткочасними. Техногенні землетруси можуть бути довготривалими, і, маючи інтенсивність навіть в 1 бал, є шкідливими для людини [6]. Фізіологічні, гігієнічні і поліклінічні дослідження [3, 9] показали, що тривала дія вібрації, що перевищує в 1,25 рази нормативні значення, викликає функціональні зміни центральної нервової і серцево-судинної систем, які виявляються подовженням прихованого часу слухової і зорово-моторної реакцій, розвитком вегетативно-судинної дистонії і гіпертонічної хвороби та ін. Таким чином, говорити про безпеку для людей техногенних коливань інтенсивністю нижчою, ніж 1 бал, не цілком коректно. Тому величина $V = 12 \cdot 10^{-4}$ м/с (верхня межа інтенсивності землетрусу в 1 бал) фактично є абсолютно відчутним порогом шкідливого механічного впливу землетрусу. Тобто, в діапазоні V від $1,1 \cdot 10^{-4}$ м/с до $12 \cdot 10^{-4}$ м/с ТСХ спричиняють невідчутний шкідливий фізичний та відчутний психологічний вплив на людину, обумовлений вібрацією предметів, а за умов довготривалого прояву в житлових приміщеннях – виникнення хвороб. При $V > 12 \cdot 10^{-4}$ м/с, крім психологічного, завжди чітко проявляється фізичний вплив.

Нами встановлено, що сейсмічний ефект від вибухів на кар'єрах спостерігається на протязі 4-7 секунд [4]. Максимальна тривалість серії вибухів складає 19,5 секунд. За таких умов некоректно використовувати значення $V = 1,1 \cdot 10^{-4}$ м/с в якості нижнього межового рівня прямої сейсмічної небезпеки кар'єрних вибухів на території селітебної забудови міста, оскільки загроза здоров'ю людей при такій інтенсивності кар'єрних ТСХ не виникає [3, 6]. Фактор психологічної небезпеки нівелюється наступними обставинами. Населення прилеглих до гірничо-видобувних підприємств територій обізнане з графіком проведення вибухів, та за час проживання в цих зонах (як показують результати наших

опитувань [4]), звикло до такого роду землетрусів. Занепокоєння спричиняється виникненням механічних ушкоджень будівель та споруд. В будівлях, які мають переважне поширення на території України, це відбувається, як правило, при інтенсивності землетрусу $I \geq 4$ балів за шкалою МСК-64 [4]. Тому, пряму небезпеку кар'єрних вибухів вважаємо існуючою при $I \geq 4$ балів ($50 \cdot 10^{-4}$ м/с).

Наведені обставини, на наш погляд, обґрунтовують необхідність перегляду „Єдиних правил безпеки при підричних роботах” стосовно проведення робіт поблизу зон селітебної забудови на предмет встановлення допустимих параметрів коливань по критерію безпеки прямого психологічного впливу, а не інженерної небезпеки споруд (5 і більше балів).

Відповідно до вище викладеного визначасмо три рівні прямого впливу ТСХ на людину: безпечний ($V < 1,1 \cdot 10^{-4}$ м/с), фізично невідчутний небезпечний ($1,1 \cdot 10^{-4}$ м/с $< V \leq 12 \cdot 10^{-4}$ м/с), фізично відчутний небезпечний ($V > 12 \cdot 10^{-4}$ м/с). Для ТСХ, породжених кар'єрними вибухами, у зв'язку з короткочасним характером протікання сейсмічного процесу при $V < 50 \cdot 10^{-4}$ м/с прямий вплив є безпечним, при $V \geq 50 \cdot 10^{-4}$ м/с – небезпечним. Таким чином, величина V_0 у формулі (1) приймає значення $1,1 \cdot 10^{-4}$ м/с ($50 \cdot 10^{-4}$ м/с для кар'єрних джерел сейсмічності).

Індекс небезпеки пошкодження об'єктів техногенного утворення (H_i):

$$H_i = V/V_d, \quad (2)$$

де V_d – допустима швидкість зміщення ґрунту або конструктивних елементів споруди, м/с.

Індекс H_i – це кількісний показник, що характеризує можливість реалізації потенційної небезпеки відносно абіотичних об'єктів антропогенного походження. У даному випадку техногенна сейсмічність не створює пряму екологічну небезпеку. Вона спричиняє зміну інженерного стану небезпечних об'єктів, пошкодження яких може опосередовано впливати на навколишнє середовище, тобто спричиняти екологічну небезпеку.

Цегляні будинки без антисейсмічного посилення є найбільш розповсюдженими на території центральної частини України і згідно [5] мають сейсмостійкість 6 балів. Вплив землетрусів на будівлі визначається на основі пошкоджень споруд і має 5 ступенів [5]: від тріщин в штукатурці (1 ступінь) до повного руйнування будівель (5 ступінь).

Під час землетрусу, інтенсивність якого відповідає сейсмостійкості будівлі ($H_i=1$), виникають пошкодження першого ступеню. Зі збільшенням інтенсивності землетрусу I на 1 бал (відповідно підвищення швидкості зміщення в два рази, тобто $H_i=2$) ступінь пошкоджень підвищується на одиницю. Таким чином, наприклад, для $I=7$ балів ступінь пошкоджень дорівнює 2, для $I=8$ балів – 3. Аналогічна закономірність спостерігається для будівель будь-якої сейсмостійкості. При землетрусі, інтенсивність якого на 1 бал менша, ніж допустима, пошкодження не спостерігаються. Базуючись на наведених даних, пропонуємо шкалу оцінки небезпеки пошкодження об'єктів (таблиця 1).

Таблиця 1

Класифікація рівнів небезпеки при пошкодженні будівель і споруд

Діапазон рівнів інтенсивності техногенного землетрусу, I , балів	Значення показника H_i	Рівень небезпеки	Ступінь пошкодження споруди
1	2	3	4
0 ÷ СС-1 бал	0 ÷ 0,5	Задовільний	Пошкодження відсутні
СС-1 бал ÷ СС	0,5 ÷ 1	Допустимий	При незадовільному стані споруд можуть виникати пошкодження 1 ступеню
СС ÷ СС+1бал	1 ÷ 2	Недопустимий 1 ступеню	1*
СС+1 бал ÷ СС+2 бали	2 ÷ 4	Недопустимий 2 ступеню	2

1	2	3	4
СС+2 бал ÷ СС+3 бали	4 ÷ 8	Недопустимий 3 ступеню	3
СС+3 бал ÷ СС+4 бали	8 ÷ 16	Недопустимий 4 ступеню	4
СС+4 бал ÷ СС+5 балів	16 – 32	Недопустимий 5 ступеню	5

Примітка: СС – проектний рівень сейсмостійкості споруди; * – при $H_1 > 1$ пошкодження виникають в спорудах з будь-яким ступенем зносу.

Індекс екологічної небезпеки об'єкту, що зазнає техносейсмовпливу (H_o). Це якісний показник, що характеризує рівень потенційної небезпеки, обумовлений масштабністю можливих наслідків її реалізації.

Для оцінки екологічної небезпеки промислових та соціально-побутових об'єктів може бути застосовано будь-який з існуючих методів, наприклад [1-13]. Метою цього дослідження не є розробка системи оцінки екологічної небезпеки підприємств. Ми лише використовуємо даний показник як якісний елемент системи оцінки екологічної небезпеки чинників техногенної сейсмічності.

Якщо внаслідок впливу ТСХ на об'єкті сталася аварія, то потенційна небезпека об'єкта частково або повністю реалізується. Екологічні наслідки аварії визначаються рівнем небезпеки об'єкту, що зазнає впливу ТСХ, та масштабами аварії, які, в свою чергу, визначаються інтенсивністю впливу. Це дає можливість сформулювати умови визначення небезпеки опосередкованого впливу техногенної сейсмічності. Якщо інтенсивність впливу ТСХ (I_b) не перевищує допустимої для даного об'єкту (I_d), то екологічна небезпека техносейсмовпливу залишається потенційною та її рівень обмежується рівнем потенційної небезпеки об'єкту (H_o). Якщо $I_b > I_d$, то екологічна небезпека техносейсмовпливу реалізується, але її рівень не перевищує H_o .

Зазначені умови формують класичний сценарій реалізації надзвичайної ситуації. Тому, екологічну небезпеку об'єктів, що зазнають техносейсмовпливу, слід розглядати не за нормальних умов функціонування, а як максимальну потенційну згідно рангу надзвичайної ситуацій, що може виникнути під час аварії на об'єкті. Кожний об'єкт відноситься до одного з наступних рівнів: локальний (Л), місцевий (М), регіональний (Р), загальнодержавний (ЗД).

Індекс екологічної небезпеки техногенного утворення (H_y) характеризується показниками H_1 та H_o . Перший показник має кількісний характер, а другий – якісний. Під терміном „небезпечне техногенне утворення” (НТУ) розуміємо сукупність джерела ТС та об'єкту, що знаходиться в зоні дії даного джерела і зазнає його негативного сейсмічного впливу.

Індекс екологічної небезпеки техногенного утворення є логічним поєднанням H_1 та H_o . Наприклад, певне техногенне утворення характеризується показниками $H_1=0,8$ та $H_o=M$. Тоді, $H_y=0,8M$, що означає – допустима небезпека місцевого рівня.

За станом реалізації небезпеки виділяємо наступні види техногенних утворень:

– НТУ реальної небезпеки ($H_{р}$). До них належать такі, що відповідають умовам $H_1 \geq 1$ та (або) $H_{п} \geq 1$;

– НТУ найбільш ймовірної потенційної небезпеки ($H_{п}$). Це таке НТУ, для якого значення H_1 максимально наближене до 1, але $H_1 < 1$;

– НТУ максимальної потенційної небезпеки ($H_{мп}$). Це НТУ_{мп}, для якого H_o має максимальне значення серед усіх НТУ.

Екологічна небезпека певної території (H_T) визначається набором індексів $H_{п}$ та H_y всіх НТУ і характеризує пряму та опосередовану екологічну небезпеку за видами утворень.

Профілізація небезпеки території [14] по прямому та опосередкованому впливу визначається належністю до певної технологічної групи джерел ТС, що входять до складу домінантних утворень (такі, що мають максимальні значення $H_{п}$ та H_1 відповідно). Профілізація є основою для визначення пріоритетності розробки заходів з управління екологічною безпекою.

Відносна кількість техногенних утворень, що становлять реальну небезпеку, характеризується *показниками реальної опосередованої* ($K_{ронту}$) *та реальної прямої* ($K_{рпнту}$) *небезпеки*:

$$K_{ронту} = N_{туро} / N_{ту}, \quad (3)$$

де $N_{туро}$ – кількість НТУ, що відповідають умові $H_i \geq 1$;
 $N_{ту}$ – загальна кількість ТУ.

$$K_{рпнту} = N_{турп} / N_{ту}, \quad (4)$$

де $N_{турп}$ – кількість НТУ, що відповідають умові $H_i \geq 1$.

При визначенні екологічної небезпеки території важливою інформативною складовою системи оцінювання є *показники просторової щільності небезпеки* $\Pi_{щ}$ (таблиця 2):

$$\Pi_{щ} = S_n / S_r, \quad (5)$$

де S_n – площа, на яку поширюється дія небезпечного чиннику (сумарна площа небезпечних зон);
 S_r – площа досліджуваної території.

Таблиця 2

Показники просторової щільності небезпеки

Вид небезпеки	Позначення показника	Швидкість V, яка є характеристичним критерієм для визначення площі S_n
Пряма психологічна	$\Pi_{щпп}$	$V > 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$ ($> 50 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$)
Пряма відчутна фізична	$\Pi_{щпф}$	$V > 12 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$ ($> 50 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$)
Опосередкована	$\Pi_{що}$	V перевищує значення, що відповідає межі сейсмостійкості споруд

Примітка: в дужках наведено значення V для розрахунку небезпеки кар’єрних вибухів.

До характеристик щільності небезпеки відноситься також показник зони відчутності техногенних землетрусів (ПВ), який характеризує не конкретний вид небезпеки, а площу S_n , на якій рівень ТСХ від будь-яких джерел є відчутним ($V > 12 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$).

Розглянемо послідовність дій процесу оцінювання рівня екологічної небезпеки (рис.1). Припустимо, що на території регіону існує m джерел ТС та n об’єктів, що зазнають техносейсмовпливу. По-

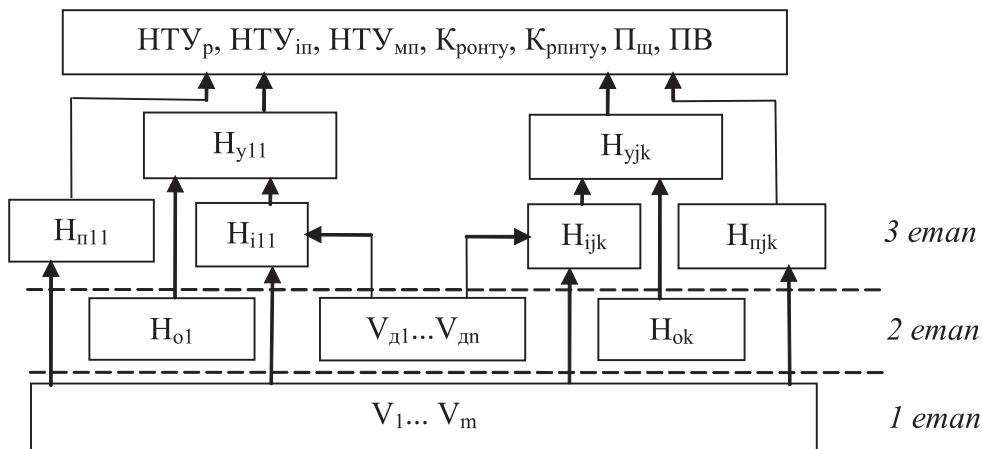


Рис. 1. Алгоритм оцінки рівня екологічної небезпеки регіону, сформованої чинниками техногенної сейсмічності

парно вони складають техногенні утворення $НТУ_{jk}$, де $j=1÷m$ та $k=1÷n$. ТСХ характеризуються швидкостями зміщення ґрунту $V_1... V_m$, числові значення яких визначаються шляхом експериментальних замірів (1 етап). Кожен об'єкт має певний конструктивно визначений рівень екологічної небезпеки, за яким визначається індекс H_o , та допустимого сейсмічного впливу $V_{d1}...V_{dn}$ (2 етап). На третьому етапі за формулами 1 для кожного ТУ визначаємо показник H_n . За формулою 2 розраховуються показники H_i . Згідно таблиці 1 та опису показника H_y , встановлюється небезпека техногенних утворень. Далі визначається група показників, що характеризують екологічну небезпеку території ($НТУ_p$, $НТУ_{ин}$, $НТУ_{мп}$, $K_{ронту}$, $K_{рнтту}$, $П_{щ}$, ПВ).

Висновки. Розроблена система показників та алгоритм дозволяють проводити детальний якісно-кількісний аналіз екологічної небезпеки, що формується чинниками техногенної сейсмічності, на об'єктовому та регіональному рівнях. Перевагами наведеної методики є пряма характеристика чинників різного генезису, чітке поетапне структурування, простота розрахунків та наглядність результатів.

Література

1. Азаркович А.Е. Взрывные работы вблизи охраняемых объектов / А.Е. Азаркович, М.И. Шуйфер, А.П. Тихомиров. – М.: Недра, 1984. – 213 с.
2. Акимов В.А. Природные и техногенные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2001. – 344 с.
3. Беляев Г.И. Влияние шумов, магнитных полей и вибраций на человека / Г.И. Беляев, Д.И. Тебеева. – Владикавказ: Сев.-Осет. госуниверситет; 1991. – 41 с.
4. Бредун В.І. Вплив кар'єрних вибухів на об'єкти селітебної забудови та населення / В.І. Бредун // Наук. журнал „Екологічна безпека”. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 4(8). – С.70-76.
5. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2006: Вид. офіц. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.
6. Гаев А.Я. Геоэкология для строителей / А.Я. Гаев, В.Г. Гацков, В.О. Штерн, Л.М. Карташкова. – Учебное пособие для студентов строительных и технических специальностей. – Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2004. – 313 с.
7. Горобинский С.Б. Управление промышленной безопасностью / С.Б. Горобинский. – Луганск: изд-во ВУГУ. – 1999. – 156 с.
8. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: ДСП 1 73-96: Вид. офіц. – К.: МОЗ України, 1996. – 72 с.
9. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.
10. Качинський А.Б. Методологія математичного моделювання ризиків в екологічній безпеці України : дис. ... д-ра техн. наук / А.Б. Качинський. – К., 1995. – 460 с.
11. Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище: науково-теоретичні основи, практична реалізація: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01 [Електронний ресурс] / Я.О. Адаменко. – Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2006. – 39 с.
12. Хлобыстов Е.В. Методология анализа и нормирования экологической безопасности промышленного производства / Е.В. Хлобыстов // Экология городов и рекреационных зон: матер. междунар. научн.-практ. конф. – Одесса, 1998 – С.87-94.
13. Хоружая Т. А. Оценка экологической опасности: Обеспечение безопасности, методы оценки рисков, мониторинг / Т. А. Хоружая. – М.: Книга сервис, 2002. – 208 с.
14. Шмандій В.М. Управління екологічною безпекою на регіональному рівні (теоретичні та практичні аспекти) : дисертація д-ра техн. наук / В.М. Шмандій. – Харків, 2003. – 356 с.