

УДК 504:055

ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОГЕННОЇ СЕЙСМІЧНОСТІ ЯК СКЛАДОВОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ

В. І. Бредун

Філія «Кременчуцька» ТОВ СП «НІБУЛОН»

вул. Флотська, 2-В, м. Кременчук, 39630, Україна. E-mail: bvi37h@gmail.com

За останнє сторіччя сформувались регіони, для яких техногенна сейсмічність є одним з профілюючих видів небезпек. На основі аналізу попередніх досліджень техногенної сейсмічності як чинника формування екологічної небезпеки регіонів і методів управління їх безпекою виділено перспективні напрямки подальшого розвитку теорії і практики управління екологічною безпекою техносеймонавантажених регіонів, обґрунтовано їх актуальність. Удосконалення методології досліджень, розвиток теоретичної бази, техногенне сейсмічне районування територій є основою побудови ефективної системи управління екологічною безпекою.

Ключові слова: техногенна сейсмічність, регіон, формування небезпеки, управління екологічною безпекою.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОГЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ КАК СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ

В. И. Бредун

Филиал «Кременчугский» ООО СП «НИБУЛОН»

ул. Флотская, 2-В, г. Кременчуг, 39630, Украина. E-mail: bvi37h@gmail.com

За последнее столетие сформировались регионы, для которых техногенная сейсмичность является одним из профилирующих видов опасностей. На основе анализа предыдущих исследований техногенной сейсмичности как фактора формирования экологической опасности регионов и методов управления их безопасностью выделены перспективные направления дальнейшего развития теории и практики управления экологической безопасностью техносеймонагруженных регионов, обоснована их актуальность. Усовершенствование методологии исследований, развитие теоретической базы, техногенное сейсмическое районирование территорий являются основой построения эффективной системы управления экологической безопасностью.

Ключевые слова: Техногенная сейсмичность, регион, формирование опасности, управления экологической безопасностью.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Протягом ХХ-го сторіччя людство інтенсивно розробляло та широкомасштабно впроваджувало різноманітні механізми та технології, що є джерелами техногенної сейсмічності.

Інтенсифікація процесів видобутку корисних копалин, освоєння нових територій, будівництво потужних промислових об'єктів та пов'язані з цим розвиток транспортної інфраструктури, створення великих промислово-територіальних комплексів і на їх базі мегаполісів призвело до значного територіального поширення джерел техногенної сейсмічності. Одночасно спостерігається зростання їх потужності на два–три порядки та підвищення концентрації в рамках територіально-промислових комплексів. Поступово сформувались регіони, в яких техногенна сейсмічність є однією з чітко виражених профільних небезпек.

Традиційно сейсмічність оцінювали як чинник інженерної безпеки будівель і споруд і, як наслідок, можливу причину виникнення надзвичайних ситуацій різного масштабу. Наприкінці ХХ-го сторіччя з'явився термін „сейсмоекологія” [1, 2].

Як правило, шкідливі наслідки впливу сейсмоколивань на людину проявляються при довготривалій дії, яка є особливістю більшості видів техногенної сейсмічності. Слід також урахувати, що інтенсивність техногенних сейсмоколивань часто перевищує допустимі рівні прямого та опосередкованого впливу.

У зв'язку з вище зазначеним метою роботи є до-

слідження техногенної сейсмічності та її впливу на стан екологічної безпеки територіально-промислових комплексів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Аналіз результатів сучасних досліджень техногенної сейсмічності як складової екологічної безпеки дозволили виділити низку напрямків, що потребують подальшого розвитку.

В Україні існують регіони з підвищеним техногенним сейсмічним навантаженням. Їх характерною особливістю є висока щільність розміщення джерел техногенної сейсмічності та наближеність останніх до зон селітебної забудови. При цьому, більшість сучасних підходів до аналізу стану екологічної небезпеки таких регіонів не повною мірою враховують чинники техногенної сейсмічності. Результатом є часткова втрата інформативності картини екологічної небезпеки регіонів, відсутність необхідного рівня деталізації її структури і, як наслідок, – повна відсутність або недопустима спрощеність системи заходів щодо управління екологічною безпекою, що формується під впливом техногенної сейсмічності. За таких умов у селітебних зонах систематично спостерігаються перевищення допустимих рівнів прямого та опосередкованого сейсмічних впливів. Проведення детальних досліджень формування сейсмічних полів техногенного походження дає змогу побудувати чітку структуру екологічної небезпеки регіону та розробити ефективні комплекси управлінських рішень щодо зниження впливу техногенної сейсмічності на регіон до допустимих рівнів. Крім

того, структуризація небезпеки дозволяє типізувати регіони з наступною стандартизацією алгоритмів задля спрощення процесу управління безпекою.

Важливим аспектом у забезпеченні екологічної безпеки територій є їх сейсмічне районування. Це дозволяє визначити рівні можливої сейсмічності на території регіону та визначити необхідний рівень сейсмостійкості будівель і споруд. Стосовно природної сейсмічності відповідні роботи проведені під керівництвом В.І. Уломова. Стосовно техногенної сейсмічності районування територій ніким не проводилось. Таким чином часто виникають ситуації, коли зона за природними чинниками вважається асейсмічною, відповідно будівлі та споруди будуються з мінімальним рівнем сейсмостійкості. У результаті досліджень з'ясується, що рівень сейсмічного впливу техногенних джерел на ці об'єкти значно перевищує допустимий, що робить некомфортним перебування людей у приміщеннях і призводить до виникнення пошкоджень будівель з відповідним підвищенням небезпеки їх експлуатації. Районування територій за рівнем техногенної сейсмічності дозволить змоделювати процеси розповсюдження сейсмічних полів від техногенних джерел, дасть змогу визначити необхідний рівень сейсмостійкості споруд при їх проектуванні, а також спрогнозувати потенційний рівень прямої небезпеки та визначити необхідні заходи щодо її зменшення на стадії проектування забудови територій. Тому техногенне сейсмічне районування територій є високо актуальним напрямком досліджень.

Техногенна сейсмічність може бути як чинником, так і наслідком зміни рельєфу земної поверхні в результаті господарської діяльності людини. Видобуток корисних копалин і підземний водозабір призводять до безпосередньої зміни первинного напружено-деформованого стану земній поверхні, і, як наслідок, до значного осідання земної поверхні на абсолютні величини близько декількох метрів [3, 4] або вивільнення потенційної енергії напруженого стану порід, що проявляється як землетруси різної інтенсивності [5, 6]. Ці процеси часто є причиною зміни структури тріщинуватості кристалічного масиву та зсуву пластів осадкових порід, що впливає на гідрологічний режим територій. Таким чином, наявність у регіоні джерел техногенної сейсмічності середньої та високої потужності, а особливо їх систематичний вплив на територію, несуть не тільки загрозу пошкодження будівель і споруд, а також, можуть спричинити стійку трансформацію гідрогеологічного середовища з відповідними негативними наслідками для екосистеми регіону.

У межах урбанізованих територій з інтенсивним сейсмічним навантаженням техногенного генезису, динамічні впливи техногенних сейсмічних хвиль можуть сприяти виведенню зсувонебезпечного тіла з рівноважного стану за рахунок прискорення деформаційних дезінтегруючих процесів, значно підвищуючи його чутливість до природних зсувопровокуючих механізмів. Тому дослідження впливу техногенної сейсмічності на процеси утворення та роз-

витку зсувів є актуальним напрямком забезпечення безпеки територій, особливо густонаселених і з наявністю потенційно небезпечних техногенних об'єктів.

Для оцінки екологічної небезпеки природної сейсмічності використовують наступні методи: імовірнісні, статистичні, експертні та індексні. Застосування з метою оцінки впливу техногенної сейсмічності на навколишнє середовище найбільш поширених імовірнісних методів у класичній інтерпретації оцінки природної сейсмічності не завжди коректно. Основою цих методик є розрахунок імовірності (або ризику) виникнення природного землетрусу та можливих матеріальних збитків або людських жертв, наприклад, методика імовірнісного ризик-аналізу [7]. Її автори величину сейсмічного ризику в різні інтервали часу від землетрусу в населеному пункті з кількістю населення N визначають за формулою:

$$R(t) = N \sum_{I=5}^{\infty} \sum_{j=1}^K \sum_{k=1}^K P_I P_{Ijk} q_{jk} [d_1(t) \eta_j^{(1)} + d_2(t) \eta_j^{(2)}], \quad (1)$$

де P_I – ймовірність землетрусу I -ї сили (на практиці $I=5, 6, \dots, 10$ балів); P_{Ijk} – ймовірність отримання пошкоджень k -го ступеня для будівель з j -ю сейсмостійкістю та землетрусу I -ї сили; q_{kj} – ймовірність смерті для людини, що знаходиться в будівлі j -го типу з пошкодженням k -го ступеня тяжкості; $h_j^{(1)}$ – частина населення, що проживає в будинках j -го типу; $h_j^{(2)}$ – середня кількість частини населення, що знаходиться у виробничих та інших будівлях j -го типу; $d_1(t)$ і $d_2(t)$ – відносна чисельність людей в місті в різний час доби.

Дана методика є прийнятною в наведеному вигляді для аналізу небезпеки природно-антропогенних землетрусів, а також вибухових техногенних за умови $P_I = 1$. Для інших категорій техногенних землетрусів, що, переважно, мають інтенсивність 1–2 бали і не спричиняють катастрофічних наслідків з пошкодженням будівель та загибеллю людей, наведена методика потребує модифікації з покладанням в основу не ймовірності реалізації смертельної загрози, а ймовірності погіршення стану здоров'я людини.

Для оцінювання соціальних наслідків використовують поняття індивідуального сейсмічного ризику, розрахованого за аналогією з індивідуальним ризиком від негативного впливу природних та техногенних процесів [8]:

$$R_{in} = \sum_I P(I) \cdot \frac{L(I)}{P_H}, \quad (2)$$

де $\sum_I P(I)$ – сумарна ймовірність виникнення землетрусу бальністю I ; $L(I)$ – соціальні збитки при бальності I ; P_H – густина населення.

$$L(I) = \sum_I P(H) \cdot \sum_k N_k \cdot C(k, I), \quad (3)$$

де H_k – кількість людей, що знаходяться в будівлях типу k ; $P(H)$ – усереднена ймовірність знаходження людини в будівлях (житлових та виробничих); $C(k, I)$ – ступінь вразливості будівлі.

Дана методологія прийнятна для аналізу техногенної сейсмічності за умови $P(I)=1$.

Таким чином, застосування методів ризик-аналізу можливе, але за умови змінення базової концепції з визначення ризику виникнення землетрусу, на концепцію аналізу ризику утворення певних екологічних наслідків за умови 100 %-ої ймовірності реалізації певної техногенної сейсмічної події.

Нами запропонована методологія індексної оцінки екологічної небезпеки техногенної сейсмічності, яка відображає ступінь та характер небезпеки, що формується прямим та опосередкованим шляхами. Але, безумовно, ця методика не є єдиною можливою. Наступним етапом розвитку методології оцінювання може бути розробка інтегрального показника для урахування чинників техногенної сейсмічності при комплексній оцінці стану екологічної безпеки територій.

На даний час в Україні створено ряд територіально-промислових комплексів. Більшість з них є техносейсмоактивними регіонами, стан екологічної безпеки яких є незадовільним, а техногенна сейсмічність – однією з профілюючих небезпек. Їх планування та інтенсивний розвиток відбувався в минулому сторіччі і ґрунтувався на наукових досягненнях і практичному досвіді тих часів. За минулий період, особливо на фоні значного підвищення потужності джерел техногенних землетрусів [9], визначилися низка екологічних проблем, які не були враховані тоді, та відбувся стрімкий розвиток екологічної науки в напрямку їх вирішення. Тому дослідження процесів формування екологічної небезпеки під впливом техногенної сейсмічності та розробка комплексів організаційно-технічних заходів з управління екологічною безпекою для цих регіонів є життєвою необхідністю.

Загальна методологія досліджень екологічної небезпеки, що формується техногенною сейсмічністю, та управління безпекою базується на застосуванні системного аналізу процесу формування екологічної небезпеки регіону в умовах інтенсивного техногенного сейсмічного навантаження, в рамках якого загальне завдання дослідження структурується на ряд задач з дослідження окремих елементів сейсмотехносередовища: джерел техногенної сейсмічності, об'єктів, що зазнають сейсмотехновпливу, механізму впливу джерел техногенних землетрусів на об'єкти, методів і способів зниження впливу на людину та довкілля.

Процес синтезу підсистеми управління екологічною безпекою щодо елементів сейсмотехносередовища розбитий на три етапи.

В умовах конкретного регіону на *першому етапі* за допомогою прогнозування та планування обираються методи виконання поставлених завдань.

Другий етап – це встановлення елементів сейсмотехносередовища, а також характеру та рівня,

сформованої ними екологічної небезпеки в конкретному регіоні досліджень. Для цього визначаються можливі джерела техногенної сейсмічності та об'єкти, що зазнають сейсмотехновпливу, проводяться експериментальні дослідження техногенних сейсмічних полів у регіоні та їх вплив на об'єкти. Завершуючим кроком даного етапу є оцінка екологічної небезпеки регіону.

На *третьому етапі* згідно з алгоритмом управління визначаються необхідні організаційно-технічні заходи зменшення негативного екологічного впливу техногенної сейсмічності на регіон, і за допомогою експериментальних досліджень та методу імітаційного моделювання перевіряється ефективність впровадження розроблених рішень.

Для кожного регіону на базі загальної методології необхідно розробляти конкретизовану методіку, яка враховує регіональні особливості структури екологічної небезпеки. Це впливає на вибір методів і способів дослідження процесу формування небезпеки та корегування її рівня.

ВИСНОВКИ. Дана робота є коротким аналізом окремих результатів наших досліджень у сфері вирішення проблеми впливу сейсмічних процесів на навколишнє середовище, які є подальшим розвитком сформульованих у роботах Шмандія В.М. теоретичних положень щодо регіонального підходу управління екологічною безпекою територій, для яких техногенна сейсмічність є однією з профільних видів небезпек. Отримані результати дозволяють виділити низку перспективних напрямків подальших досліджень:

- встановлення структури небезпеки територій, її систематизація та універсифікація процесу управління екологічною безпекою техносеймо-навантажених регіонів;
- мікрорайонування територій за рівнем техногенної сейсмічності, розробка рекомендацій при проектуванні будівництва об'єктів;
- дослідження впливу техногенної сейсмічності на геодинамічні (зсуви, просідання, ґрунтів, можливість вивільнення енергії напруженого стану порід) та гідрогеологічні процеси, прогнозування небезпек;
- розвиток методів оцінки небезпеки;
- розробка комплексів організаційно-технічних заходів для конкретних регіонів;
- удосконалення методології досліджень техногенної сейсмічності.

Для України, територія якої займає всього 0,5 % суші на Землі, а видобуває, головним чином, відкритим способом близько 5 % твердих корисних копалин, часто має взаєморозташування селітебних і промислових зон, транспортних магістралей, яке не відповідає сучасним санітарним вимогам, використовує сейсмонебезпечні технології будівництва (як приклад – ударне занурення палів), має території зі значною щільністю підземних пустот під густонаселеними районами (Донбас), зазначені напрямки досліджень мають високу ступінь актуальності та потребують подальшого розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вахрушев Б.О. Сейсмоэкология или управление сейсмоэкологическим риском // География в информационному суспільстві. – Київ: Обрій, 2008. – С. 37–40.
2. Карапетян А.И. Сейсмоэкология – важнейшая ветвь геоэкологии, стадии ее проявления // В сб.: Известия АН Армении. Науки о земле. Том XLIII. – Издательство АН Армении, 1990. – № 2. – С. 50–55.
3. Израэль Ю. Экология и контроль природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 555 с.
4. Operational Limits and Conditions and Operating procedures for Nuclear Power Plans: Safety Standards Series No. NS-G-2.2. – Vienna; IAEA, 2000.
5. Ловчиков А.В. Контроль техногенной сейсмичности и горно-тектонических ударов в массиве Ловозерского редкометалльного месторождения // Ресурсы КНИЦ РАН. – 2008, 14 февраля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kolasc.net.ru/russian/innovacionksc.html>.
6. Шмандій В.М., Бредун В.І., Харламова О.В. Ре-

гіональні аспекти формування сейсмічної складової екологічної небезпеки // Науковий журнал „Екологічна безпека”. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 2. – С. 31–34.

7. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками / Под ред. проф. Н.П. Тихомирова. – М.: ЮНИТИ, 2003. – 350 с.

8. Аверьянова Н.В., Баулин Ю.И., Кофф Г.Л. и др. Комплексная оценка сейсмической опасности территории г. Грозного (Уточнение исходной сейсмичности. Сейсмическое микрорайонирование. Сейсмический риск). – М.: Минстрой России, 1996. – 107 с.

9. Капустян Н.К. Техногенные механические вибрации: параметры воздействий и наведенные процессы в земной коре // Электронный научно-информационный журнал «Вестник ОГПТГН РАН». – 2001. – № 4 (19) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2001/kapustian.htm#begin.

PROSPECTS FOR RESEARCH OF TECHNOGENIC SEISMICITY AS A COMPONENT OF REGIONAL ECOLOGICAL HAZARD

V. Bredun

The «Kremenchuk» branch of «NIBULON», LTD
vul. Flotska, 2-B, Kremenchuk, 39630. Ukraine. E-mail: bvi37h@gmail.com

For the recent century the regions where technogenic seismic activity is one of the prevailing hazardous factors were formed. On the basis of analysis of previous researches of technogenic seismicity as a forming factor of regional ecological hazards and managing measures for regions safety the promising directions for further development of both theory and practice of ecological safety management of regions with technogenic seismic load are selected and their feasibility is substantiated. The research methodology improvement, theoretical base development, technogenic seismic zonation of territories are the background for design of effective ecological safety control system.

Key words: technogenic seismicity, region, hazard forming, ecological safety management.

REFERENCES

1. Vakhrushev B.O. Seismic ecology or management seismic ecological risk // *Geographic Information Society*. – Kyiv: Obriy, 2008. – PP. 37–40. [in Russian]
2. Karapetyan A.I. Seismic ecology - the most important branch of Geoecology, stage of its manifestation // *Proceedings of the Armenian earth sciences*. Vol. XLIII. – Armenian Academy of Sciences Publishing House, 1990. – № 2. – PP. 50–55. [in Russian]
3. Yuri Izrael, *Ecology and environmental control*. – Gidrometeoizdat, 1984. – 555 p. [in Russian]
4. *Operational Limits and Conditions and Operating procedures for Nuclear Power Plans: Safety Standards Series No. NS-G-2.2.* – Vienna; IAEA, 2000.
5. Lovchikov A.V. Technological control seismicity and mining-tectonic impacts in Lovozero array of rare metal deposits // *Resources Biological Institute*. – 2008, 14 February [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.kolasc.net.ru/russian/innovacionksc.html>. [in Russian]
6. Shmandiy V.M., Bredun V.I., Charlamova O.V. Regional aspects of the seismic component of

environmental danger // *Ecological safety*. – Kremenchuk: KSPU, 2008. – Iss. 2. – PP. 31–34. [in Ukrainian]

7. *Methods of analysis and management of environmental and economic risks* / Ed. by N.P. Tihomirova. – Moscow: UNITY, 2003. – 350 p. [in Russian]

8. Averyanova N.V. Baulin J.I., Koff G.L. and others. *Comprehensive assessment of seismic hazard STI in Grozny* (Refinement of initial seismicity. Seismic micro. Seismic risk). – Moscow: Russian Ministry of Construction, 1996. – 107 p. [in Russian]

9. Kapustian N.K. Technogenic mechanical vibrations: parameters and effects induced processes in the Earth's crust [electronic resource] / *Electronic Scientific Information Journal "Herald of the Russian Academy of Sciences DGGGMS."* – 2001. – № 4 (19). [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2001/kapustian.htm#begin. [in Russian]

Стаття надійшла 24.10.2012.

Рекомендована до друку
к.т.н., доц. Бахарєвим В.С.