

УДК 550.34

doi: 10.15407/ugz2015.03.009

**О.В. Кендзера***Інститут геофізики імені С.І. Субботіна Національної академії наук України, Київ***СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА І СЕЙСМІЧНИЙ ЗАХИСТ В УКРАЇНІ**

На території України існує небезпека від місцевих землетрусів і сильних підкорових землетрусів зони Вранча (Румунія). Інститут геофізики НАН України проводить дослідження з вивчення будови і динаміки земних надр, розвитку методики визначення кількісних характеристик реальної сейсмічної небезпеки, необхідних для захисту населення та економіки країни від землетрусів. Результати науково-дослідних робіт використано при формуванні державних нормативних документів у галузі сейсмології й сейсмостійкого будівництва, при визначенні сейсмостійкості житла, АЕС, ГЕС та інших важливих об'єктів.

**Ключові слова:** землетрус; сейсмічна небезпека; загальне і детальне сейсмічне районування; сейсмічне мікрорайонування; розрахункові акселерограми; сейсмостійкість.

**O.V. Kendzera***Institute of Geophysics after S.I. Subbotin of the Ukraine National Academy of Sciences, Kyiv***SEISMIC HAZARD AND SEISMIC PROTECTION IN UKRAINE**

On the territory of Ukraine there is a danger of local earthquakes and severe sub crustal earthquakes in Vrancea zone (Romania). Institute of Geophysics of Ukraine NAS carries out studies on structure and dynamics of Earth's interior, development of quantitative methods for determining the actual seismic hazard characteristics necessary to protect the population and the economy from earthquakes. Results of the research were used in the government regulations development in the area of seismology and earthquake-resistant construction when determining earthquake-resistance of housing, nuclear power stations, hydroelectric stations and other important facilities.

**Key words:** earthquake; seismic hazard; general and detailed seismic zoning; seismic micro zoning; design accelerograms; seismic resistance.

**Актуальність теми**

До 70-х років ХХ ст. помилково вважалося, що на більшій частині території України, розташованій на давній Східноєвропейській тектонічній платформі, не можуть відбуватися значні землетруси. З огляду на це, більшість будинків і споруд на цій території будували без сейсмічного захисту. Нині відомо, що сейсмічна небезпека території України визначається тісним сусідством її західних, південно-західних і південних областей з потужним сейсмоактивним поясом планети, який утворився внаслідок колізії Африканської, Арабської та Євразійської материкових плит. Більшість пружної енергії, яка виділяється в поясі, реалізується у вигляді землетрусів різної інтенсивності безпосередньо в ньому, але значна частина пружної енергії передається в тектонічні структури відносно спокійної Східноєвропейської платформи. В цих структурах можуть виникати небезпечні місцеві землетруси. Світовий досвід показує, що внутрішньоплитові землетруси відбувалися в межах усіх давніх тектонічних платформ світу, хоча і набагато рідше, ніж в сейсмоактивних поясах [12]. На жаль, землетруси на відносно стабільних тектонічних платформах призводять до значних економічних втрат через непередбаченість будинків і споруд до їх впливів.

По всій території України відчувуються сильні підкорові землетруси зони Вранча (Румунія). Останні сильні землетруси відбулися у 1940, 1977, 1986 і 1990 роках. Загалом до 40% території Украї-

ни можуть бути охоплені безпосереднім впливом небезпечних сейсмічних подій і до 70% - спільним впливом землетрусів із підтопленням, зсувами, просадками та іншими інженерно-геологічними процесами, які негативно впливають на стійкість споруд [9].

Сейсмонебезпечні райони України, з прогнозованою інтенсивністю сейсмічних струшувань 6-9 балів, займають близько 20% території (≈120 тис.км<sup>2</sup>), на якій проживає понад 10 млн людей. Райони з інтенсивністю 7-9 балів займають біля 12% території і включають близько 80 населених пунктів, в яких проживає понад 7 млн людей [9].

**Спостереження – основа сейсмічного захисту**

Згідно українських нормативних документів, забезпечувати захист від сейсмічної загрози повинні власники (розпорядники) будинків і споруд. Але інформацію про те, від чого слід захищатися, в країні можна отримати лише на основі даних режимних сейсмологічних спостережень, які здійснюються сейсмологічними станціями НАН України та інтегровані в неї локальні сейсмологічні мережі. Сучасну конфігурацію мережі сейсмічних станцій НАН України відображено на рис. 1. До її складу входять 38 режимних сейсмічних станцій, два регіональних (м. Львів і м. Сімферополь) і Національний (м. Київ) сейсмологічні центри.

Щороку станції сейсмічної мережі України фіксують сотні сейсмічних подій як на її території, так



Рисунок 1. Мережа сейсмічних спостережень НАН України

і на території суміжних районів. На рис. 2 показано положення вогнищ землетрусів Карпатського регіону, зареєстрованих мережею сейсмічних станцій НАН України в 2013 р.

В Інституті геофізики (ІГФ) НАН України розроблено проект подальшого розвитку сейсмологічної мережі, орієнтований на отримання матеріалів, необхідних для забезпечення оптимального сейсмостійкого проектування і будівництва важливих і екологічно небезпечних об'єктів, житлових будинків і громадських споруд.

Для вирішення проблеми сейсмічного захисту України наукові дослідження проводять у таких **н а п р я м а х** :

- розроблення теорії розв'язання прямих і обернених завдань геофізики;
- вивчення глибинної будови, динаміки та енергетики земної кори окремих регіонів і локальних структур;
- вивчення сейсмічності території країни і суміжних районів;
- розроблення програмних засобів збору та обробки геолого-геофізичної інформації;
- створення банків даних;
- вивчення характеристик спостережних геофізичних явищ, параметрів зареєстрованих полів та характеристик їх джерел;
- побудова комплексних геофізичних моделей геологічного середовища;

- інтерпретація результатів геофізичних досліджень;
- створення апаратно-програмних комплексів для геофізичних спостережень;
- вирішення практичних інженерно-геологічних завдань;
- дослідження динаміки напружено-деформованого стану геологічного середовища;
- розроблення методики дослідження кількісних параметрів сейсмічної небезпеки для встановлення сейсмостійкості особливо важливих будівель і споруд;
- сейсмічне мікрорайонування територій населених пунктів, майданчиків нетипових та експериментальних будинків і споруд, проєктованих у сейсмічних районах країни.

Роботи проводяться відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 11.09.1996 року № 728, Постанови Кабінету Міністрів України від 28.06.97 року № 699, Закону України від 22.02.2000 року № 1487-III і Закону України від 8.06.2000 р. № 1809-III.

Внаслідок виконання ІГФ НАН України фундаментальних і прикладних досліджень у галузі вивчення глибинної будови та еволюції Землі геолого-геофізичними методами, геофізичних досліджень геодинаміки та пов'язаних з нею загрозливих природних і природно-техногенних явищ, узагальнення досягнень світової геофізичної

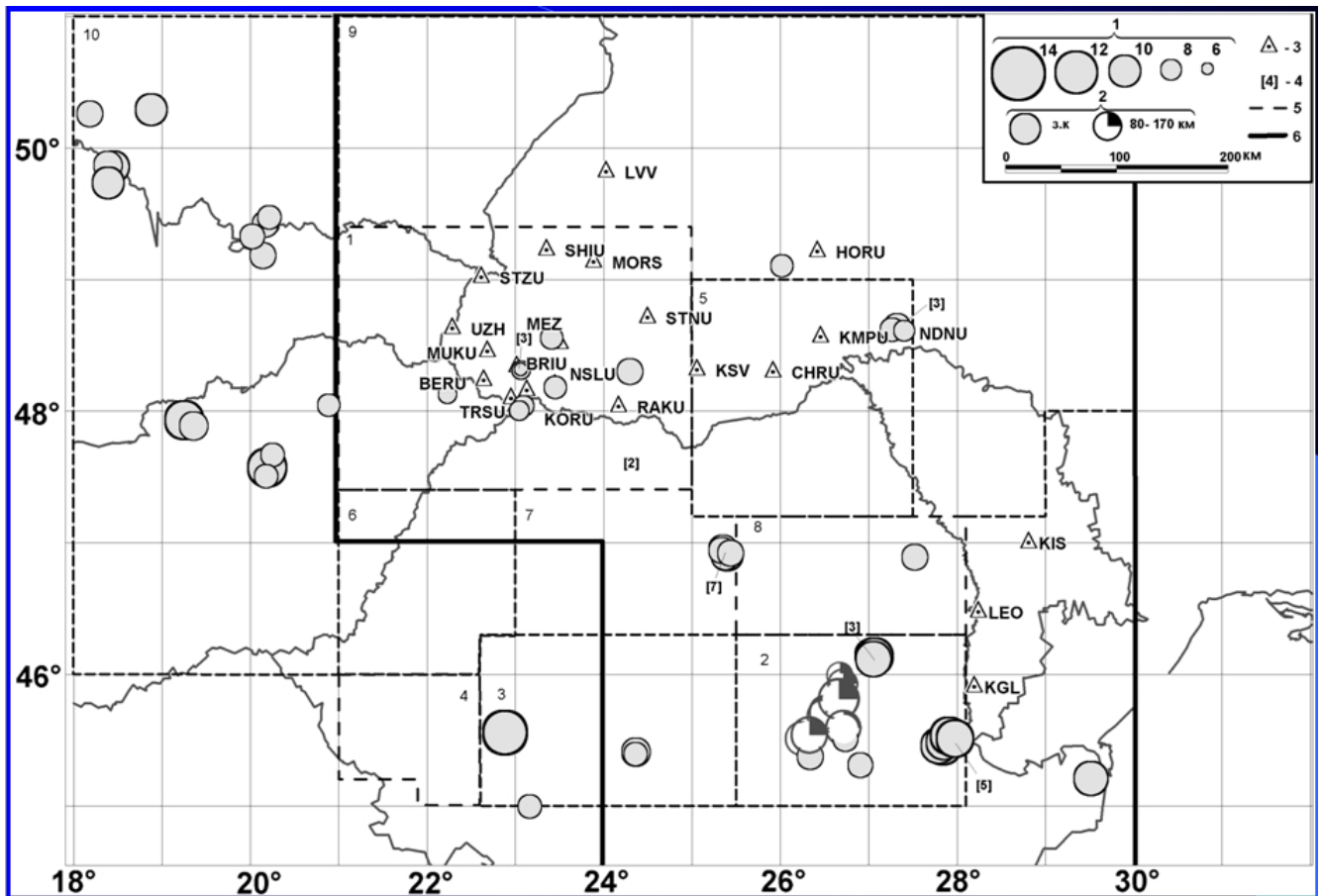


Рисунок 2. Вогнища землетрусів Карпатського регіону, зареєстрованих мережею сейсмічних станцій НАН України в 2013 році

**Позначення:** 1 – енергетичний клас землетрусу; 2 – глибина вогнища: корові та підкорові події; 3 – сейсмічні станції Карпатської мережі ІГФ НАН України та опорні сейсмостанції Молдови; 4 – номери районів підвищеної сейсмічної активності (рої землетрусів); 5 – межі умовних районів сейсмічних досліджень згідно міжнародного поділу; 6 – межі сейсмічного регіону, контрольованого Карпатською мережею сейсмологічних станцій

науки подальшого розвитку і удосконалення набули різні методи сейсмічного районування: загального (ЗСР), детального (ДСР) та мікрорайонування (СМР) для потреб сейсмостійкого проектування і будівництва житла, важливих і екологічно небезпечних споруд (АЕС, ГЕС, хвостосховищ небезпечних відходів, продуктопроводів тощо).

#### Локальна сейсмічність української частини Східноєвропейської платформи

На платформній частині України відомо кілька відчутних місцевих землетрусів. Їх вогнища знаходилися у межах земної кори, внаслідок чого сейсмічний ефект мав локальний характер. Інтенсивність сейсмічних струшувань в епіцентральної зоні досягала 6-7 балів за шкалою MSK-64. За історичними даними, наведеними в [5,6], такі землетруси проявилися на межі Кіровоградської та Черкаської областей - 7 балів (1873 р.); у Донецькій області (район Костянтинівки) -  $6 \pm 1$  бал (1937 р.); Харківській - 5-6 балів (1858 і 1913 рр.); Чернігівській -  $5 \pm 1$

бал (1905 р.); Тернопільській - 6 балів (2002 р.) і в інших місцях. Рідкісні сейсмічні події природного характеру в умовах давньої платформи викликають підвищений інтерес сейсмологів навіть у разі невеликої магнітуди, особливо якщо їх відчувало населення.

Наприклад, 3 лютого 2015 в 05 год. 56 хв. за Гринвічем на межі Сумської та Полтавської областей відбувся землетрус з магнітудою  $m_b = 4,6$ . Він був зареєстрований усіма сейсмологічними станціями країни та десятками станцій глобальної сейсмічної мережі. За історичними даними безпосередньо в цій частині України ще не спостерігалися землетруси такої величини. Епіцентр землетрусу знаходився в зоні, де з ймовірністю не перевищення 95% за найближчих 50 років можливі землетруси з інтенсивністю струшувань 5 балів, а з ймовірністю не перевищення 99% - 6 балів [2].

Епіцентр землетрусу знаходився в зоні зчленування двох великих структурних елементів Східноєвропейської платформи - північного крила Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) і південного

схилу Воронезького кристалічного масиву (ВКМ).

Для вивчення сейсмічних проявів співробітники ІГФ НАН України провели макросейсмічне обстеження його наслідків. За даними візуального спостереження та обробки інформації, отриманої шляхом опитування населення в районах, де відчувався землетрус, побудовано картосхему його макросейсмічних проявів. Показано, що в епіцентральної зоні землетрусу на ґрунтах 2-ї категорії за сейсмічними властивостями спостерігалися 6-ти бальні сейсмічні ефекти. На відкритій місцевості відчувалися два потужні поштовхи, в будинках падали незакріплені предмети, пересувалися і падали меблі, в резервуарах сильно коливалася вода. В окремих будинках утворилися тріщини в стінах. Землетрус відчувався в радіусі 50 км від макросейсмічною епіцентру.

За результатами обстежень визначено координати макросейсмічною епіцентру цього землетрусу: широта 50,49°N, довгота 34,22°E. Максимальні спостережувані сейсмічні ефекти загалом відповідають інтенсивності, показаній на карті загального сейсмічного районування ЗСР-2004-С, яка є складовою частиною Державних будівельних норм ДБН-В.1.1:12-2014 «Будівництво в сейсмічних районах України» [2].

### Сейсмічність Криворізького басейну

Дослідження катастроф у районах інтенсивного видобування корисних копалин показало, що в них відбуваються незворотні зміни в напружено-деформованому стані геологічного середовища, які призводять до активізації небезпечних природно-техногенних процесів (зсуви, обвали порід, підтоплення, землетруси, гірські удари тощо). На даний час, як правило, основні кошти Державного бюджету і місцевих громад спрямовуються виключно на ремонтно-захисні заходи локального характеру при ліквідації наслідків негативних природних і природно-техногенних явищ, а не на їх запобігання. Нові об'єкти проєктують, споруджують і експлуатують без урахування реального стану геологічного середовища і процесів, які відбуваються в ньому.

Зокрема, в районі Кривого Рогу протягом останніх років відбулися декілька землетрусів, причини і природа яких потребують подальшого дослідження. Сучасна активізація тектонічних розломів у цьому районі супроводжується розвитком підземних порожнин, карстових утворень, зсувних ділянок та іншими загрозливими явищами. Найсильніший з криворізьких землетрусів відбувся 7.05.2008 р. з  $M=4,9$ ;  $h=10$  км, останній з відчутних - 24.06.2013 р. Його інтенсивність в епіцентрі досягала 3 балів за шкалою MSK-64.

На території платформної частини України створено і включено в режимну роботу нову сейсмологічну станцію ІГФ НАН України «Кривий Ріг»,

яка забезпечує можливість краще вивчати сучасну сейсмічність західної частини Східноєвропейської платформи в межах території центральної і східної України та суміжних з нею районів.

На основі вивчення записів місцевих сейсмічних подій в районі м. Кривий Ріг, які відбулися в 2006 - 2015 рр. і були зареєстровані мережею сейсмологічних станцій ІГФ НАН України, та узагальнення геолого-геофізичних даних про будову земної кори в досліджуваному районі і, зокрема, про будову шовної зони на межі Інгільського та Середньопридніпровського мегаблоків Українського щита, було встановлено основні параметри вогнищ криворізьких землетрусів і висунуто гіпотезу про їх природно-техногенне походження. Встановлено, що при масштабних розробках покладів корисних копалин із застосуванням потужних вибухів у шахтах (на глибинах 440 – 1300 м), в районі Криворізької залізничної структури не можна виключати виникнення землетрусів з магнітудою вищою 5,0.

### Вплив землетрусів зони Вранча

На значній частині території України проявляються сильні підкорові землетруси зони Вранча [1, 4, 6]. Зона розташована на крутому згині гірської дуги в місці зчленування Східних і Південних Карпат, на території Румунії. Вона є частиною Середньоморсько-Альпійсько-Гімалайського сейсмоактивного поясу планети. Під значним впливом землетрусів зони Вранча перебувають південний захід (аж до Буковини включно) і центр України. Останні сильні землетруси в зоні Вранча відбувалися в 1940, 1977, 1986 і 1990 роках. У Румунії й сусідній Молдові вони спричинили значні руйнування, а події 1940 і 1977 років – навіть людські жертви.

Особливістю сильних землетрусів Вранча є значна глибина вогнищ (70 – 190 км). Встановлена тенденція до заглиблення вогнищ із збільшенням магнітуди землетрусів. Основна частина підкорових землетрусів виникає в локальній області об'ємом 75 x 50 x 25 км. Більшість землетрусів мають ізосейсти, витягнуті на північний схід від зони Вранча. Істотні відмінності в їх конфігурації зумовлені особливостями будови середовища на шляхах поширення сейсмічних хвиль і механізмів вогнищ (діаграмами випромінювання сейсмічної енергії). Для зони Вранча характерним є підкидозсувний тип переміщення у вогнищах землетрусів при діагональній орієнтації головних стискуючих напружень.

Завдяки великим магнітудам і значним глибинам вогнищ землетруси зони Вранча відчуються населенням на величезній території: від Греції на півдні - до Фінляндії на півночі і від європейської частини Росії на сході до Німеччини на заході. Сильні підкорові землетруси зони Вранча відчуються практично на всій території України. По-

будовані в результаті макросейсмічних обстежень карти ізосейст підкорових землетрусів зони Вранча показують, що інтенсивність сейсмічних струшувань на території південно-західного регіону Східноєвропейської платформи плавно змінюється від 7-8 балів на південному заході Одеської області до 3-4 балів у північно-східних районах України.

### **Методика прогнозування кількісних параметрів сейсмічної небезпеки**

За матеріалами обробки сейсмологічних записів постійно поповнюється комп'ютерна база даних про світові землетруси та сейсмічні події, які відбулися в ближній зоні та безпосередньо на території України. Поповнюються бази цифрових сейсмограм сейсмічних подій і мікросейсмічних коливань, спостережених на сейсмічних станціях. Дані про параметри сейсмічності й сейсмічної небезпеки території України, результати оперативного визначення параметрів вогнищ землетрусів з  $M > 6$  на планеті та з  $M > 3$  на території України й інформація про їх макросейсмічні прояви надаються Державній службі надзвичайних ситуацій, Мінрегіонбуду, Мінприроди, обласним держадміністраціям, прокуратурі, слідчим МВС України, засобам масової інформації та іншим зацікавленим установам для використання в їх діяльності. Сейсмологічні дані публікуються в щорічних «Сейсмологічних бюлетенях України», у фахових журналах і міжнародних збірниках.

В ІГФ НАН України розроблено і впроваджено в практику методику прогнозування кількісних параметрів сейсмічної небезпеки для потреб сейсмічного захисту, яка базується на результатах аналізу сейсмологічних спостережень, виконуваних мережею сейсмічних станцій НАН України та локальними сейсмологічними мережами, на сучасних методах обробки цифрових сейсмічних записів та нових апаратурно-програмних засобах контролю метрологічних параметрів реєструючих сейсмологічних трактів.

Оцінку сейсмостійкості важливих споруд та їх окремих конструкцій проектувальники сейсмостійких об'єктів здійснюють з використанням розрахункових акселерограм і спектрів реакції (на акселерограми) систем одиничних осциляторів із різними періодами власних коливань і різними значеннями загасання [1, 2, 11].

Розрахункові акселерограми є функціями часу, які моделюють компоненти вектора прискорень в прогнозованих сейсмічних рухах поверхні ґрунту на будівельному (експлуатаційному) майданчику при землетрусах, які можуть реалізуватися на ньому один раз на 1000 років для проектного землетрусу (ПЗ) і один раз на 10000 років для максимального розрахункового землетрусу (МРЗ).

Особлива увага має приділятися сейсмостій-

кості таких об'єктів як АЕС та ГЕС, в районах розташування яких необхідна організації локальних мереж сейсмічних станцій.

В ІГФ НАН України розроблено методику побудови розрахункових акселерограм, яка відповідає вимогам МАГАТЕ [11] і базується на максимальному використанні інформації, що міститься в зареєстрованих сейсмічних подіях з небезпечних для об'єкта сейсмоактивних зон. Для генерування розрахункових акселерограм застосовується напівемпіричний підхід, який базується на використанні емпіричних аналогів функції Гріна, у вигляді записів слабких землетрусів (вибухів), зареєстрованих безпосередньо на майданчику, і на регіональних закономірностях формування амплітудних спектрів сейсмічних коливань [3, 7, 8, 10-13].

Мінпаливенерго України разом з ДП НАЕК «Енергоатом» прийняли «План заходів з оцінки сейсмічної небезпеки і перевірки сейсмостійкості діючих АЕС», затверджений Постановою Колегії Державного комітету з ядерного регулювання України №7 від 19.02.2009 р. На реалізацію цього плану ІГФ НАН України розробив проекти локальних мереж для моніторингу сейсмічної ситуації навколо всіх українських АЕС.

Основні завдання локальних мереж сейсмологічних спостережень навколо важливих об'єктів:

- Отримання об'єктивної інформації про наявність (або відсутність) зміни геодинамічної ситуації в районі розташування об'єкта шляхом реєстрації слабких землетрусів, які виникають на активізованих тектонічних структурах.

- Отримання даних про резонансні властивості ґрунтів на майданчику, які дозволяють ефективно (відносно дешево) захищатись від майбутніх максимальних землетрусів шляхом внесення змін у власні періоди коливань об'єктів і відповідальних конструкцій для уникнення резонансних ефектів.

- Визначення кількісних параметрів проектного (ПЗ) і максимального розрахункового (МРЗ) землетрусів із місцевих і віддалених сейсмоактивних зон для побудови розрахункових акселерограм і спектрів реакції.

- Отримання об'єктивної інформації про параметри сейсмічних впливів на будівлі та відповідальні конструкції при реалізації сильних місцевих і віддалених землетрусів, необхідної для прийняття рішень про необхідність (або відсутність необхідності) додаткової перевірки надійності споруд і обладнання, яке зазнало сейсмічних впливів.

- Отримання інформації, необхідної для оптимального налагодження параметрів датчиків вібраційного захисту.

### **Розробка нормативних документів**

Протягом 2006-2014 років, які минули з часу розробки Державних будівельних норм ДБН

В.1.1.12:2006 «Будівництво в сейсмічних районах України» [2], від проектних і наукових установ було отримано низку зауважень та пропозицій щодо удосконалення деяких його положень. З огляду на це і з метою гармонізації українських будівельних норм з міжнародними стандартами визначення параметрів сейсмологічної небезпеки та сейсмічного захисту будівель і споруд, на замовлення Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, співробітники ІГФ НАН України працювали над удосконаленням сейсмологічної частини ДБН В.1.1.12:2006 [2].

У новій редакції ДБН внесено такі зміни:

- удосконалено підхід до використання карт загального сейсмічного районування (ЗСР) території України відповідно до класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд, проєктованих в сейсмічних районах країни;

- уточнено вимоги до сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків;

- удосконалено методи визначення кількісних параметрів сейсмічної небезпеки для спектрального і динамічного підходів у розрахунках сейсмостійкості будинків і споруд;

- удосконалено методи визначення сейсмостійкості проєктованих і наявних об'єктів.

Нову редакцію ДБН В.1.1-12:2014 [1] затверджено Наказом Мінрегіонбуду України № 143 від 16 травня 2014 р. Норми стали чинними з 1.10.2014 р. і регламентують усі проєктні та будівельні роботи в сейсмічних районах країни.

Важливою складовою частиною Державних будівельних норм (ДБН В.1.1-12:2014) є набір карт загального сейсмічного районування території України [1, 2, 4] з розподілом прогнозованої інтенсивності сейсмічних струшувань (сейсмічної бальності), яка не буде перевищена за найближчі 50 років з ймовірністю: 90, 95 та 99 відсотків для карт А, В і С - відповідно. Набір карт ЗСР для території України розробляли ІГФ НАН України спільно з Кримською експертною радою з оцінки сейсмічної небезпеки і прогнозу землетрусів.

Порівняльний аналіз карт ЗСР, представлених в ДБН В.1.1-12:2014 [1, 2] з картою СР-78, яка була чинна на території країни до 2007 р., разом з Будівельними нормами СНІП 2-7-81, показує, що до 2007 р. багато важливих і екологічно небезпечних об'єктів на території України (в сейсмічних зонах з прогнозованою інтенсивністю сейсмічних струшувань 6 і більше балів) було побудовано у несейсмостійкому варіанті. Для багатьох з них ризик руйнування при максимальних можливих землетрусах залишається невизначеним.

Для гармонізації з Європейськими стандартами (EUROCODE 8), розроблено сейсмологічні розділи до проєкту Національного стандарту України

ДСТУ-Б-В.1.1-28:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів. Шкала сейсмічної інтенсивності», введений в дію Наказом Мінрегіонбуду України від 23 грудня 2010 року N 539.

### Висновки

- В НАН України зосереджена мережа сейсмічних станцій, яка забезпечує роботи з визначення кількісних параметрів реальної сейсмічної небезпеки і створює наукову основу для діяльності у сфері сейсмічного захисту населення та економіки країни. Ряд аспектів розробленої методики проведення сейсмічного та геофізичного моніторингу впроваджено при забезпеченні функціонування мережі сейсмічних та геофізичних станцій в Центральному, Карпатському і Кримському регіонах країни.

- Матеріали сейсмічних і геофізичних спостережень використовувалися в підрозділах Мінпаливвугілля України та Мінрегіонбуду України, НАЕК «Енергоатом» і у ВАТ «УКРГІДРОЕНЕРГО» при розробці організаційних заходів щодо забезпечення безаварійної експлуатації будівель, споруд, важливих і екологічно небезпечних об'єктів, які знаходяться у їх відомчому підпорядкуванні.

- Теоретичні розробки, програмне забезпечення, методики та результати сейсмічних спостережень використовуються профільними підрозділами центральних та місцевих органів влади, організаціями, що ведуть планування, проєктування і геолого-геофізичні вишукування в сейсмічних районах, при розробці заходів для захисту населення і важливих господарських об'єктів від землетрусів.

- Методику проведення сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків та методику побудови розрахункових акселерограм і спектрів реакції використано для отримання кількісних параметрів прогнозованих сейсмічних впливів, необхідних будівельним організаціям Криму, Одеської області, Закарпаття, Києва та інших міст для проєктування висотних і експериментальних будинків.

- Карти загального, детального сейсмічного районування та сейсмічного мікрорайонування, розрахункові акселерограми і спектри реакції одиничних осциляторів із заданими власними періодами і загасаннями, пікові прискорення та інші параметри сейсмічних впливів при максимальних прогнозованих землетрусах використано при проведенні Державним підприємством НАЕК «Енергоатом» на вимогу МАГАТЕ «стрес-тестів» атомних реакторів, для динамічного розрахунку сейсмостійкості існуючих і проєктованих споруд Чорнобильської, Рівненської, Хмельницької, Південно-Української, Запорізької АЕС, Каховської ГЕС, Київської і Новодністрівської ГЕС і ГАЕС.

**Література**

- ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, «Укразхбудінформ». - 2014. – 110 с.
- ДБН В. 1.1-12:2006. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво в сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, «Укразхбудінформ». - 2006. – 84 с.
- Кендзера А.В. Моделирование расчетных акселерограмм вранчевских землетрясений для промышленной площадки ЧАЭС // Проблемы Чернобыльской зоны відчуження. – К.: «Наукова думка». – 1996. – Вип.3.– С.29-38.
- Національний атлас України / Під ред. Л.Г. Руденка – К.: ДНВП «Картографія». – 2007. – 640 с.
- Новодарьевское землетрясение 11 мая 2004 г. с  $M_w=3,8$ ,  $I_0=5-6$  (Украина) / И.П. Габсагарова, А.В. Кендзера, В.А. Свидлова, Р.С. Пронишин, Е.И. Поречнова, З.Н. Сычкина, Е.А. Бабкова, Р.С. Михайлова // Землетрясения Северной Евразии 2004 г. – Обнинск: ГС РАН. – 2010. – С.289-296.
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времен по 1975 г.) / Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. – М.: Наука, 1977. – 535 с.
- О возможности использования эмпирических передаточных функций среды при микрорайонировании территорий со сложным геологическим строением / А.В. Кендзера, А.М. Скляр, А.А. Роман, Е.С. Исичко, И.И. Илиеш, Г.Р. Стародуб, В.С. Князева // Оценка эффекта сильных землетрясений. – М.: Наука. – 1989. – С.82-89. (Вопросы инженерной сейсмологии. – Вып.30).
- О некоторых аспектах сейсмического районирования слабоактивных территорий / А.В. Кендзера, Г.Р. Стародуб, А.М. Скляр, А.А. Роман // Изучение сейсмических колебаний грунтов и сооружений. – М.: Изд-во МГК при Презид. АН СССР. – 1989. – С.76-82. («Сейсмические исследования», №11).
- Практичні питання динаміки будівель / Ю.І. Немчинов, О.К. Хавкін, М.Г. Мар'єнков, Л.О. Жарко, В.А. Дунін, К.М. Бабік, К.В. Єгупов, О.В. Кендзера, В.К. Єгупов, А.Ф.Булат, В.І. Дирда, М.І. Лисиця // Науково-виробничий журнал «Будівництво України». – 2013. – №6. – С.6-21.
- Розвиток методів прогнозування кількісних характеристик сейсмічних впливів для території України. Кінцевий звіт по темі № д.р. UA01004860P / О. Кендзера, Р. Пронишин, С. Вербицький, Ю. Вербицький. – Львів: ІГФ НАН України. – 1997. – 129 с.
- Guide No. SSG-9. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. – Vienna: IAEA. - 2010. – 62 p.
- Kagan Y.Y. Universality of the seismic moment-frequency relation // Pure and Appl. Geoph. - Vol.155. – 1999. – P. 537-573.
- Ohsaki Y. On the significance of phase content in earthquake ground motions // International Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics. – 1979. –V.7.– P.427-439.

**References**

- State Building Codes B.1.1-12:2014. *Building in seismic regions of Ukraine* (2014). Kyiv: Minregionbud of Ukraine, Ukrarhbudinform. (In Ukrainian).
- State Building Codes B.1.1-12:2006. *Protection from dangerous geological processes, operational harmful effects and of fire. Building in seismic regions of Ukraine* (2006). Kyiv: Minregionbud of Ukraine, Ukrarhbudinform. (In Ukrainian).
- Kenzdera A.V. (1996). The Design Accelerograms Modelling for Vrancea Earthquakes Simulation on the ChNPP Industrial Site. *The Problems of Chernobyl Subtraction Zone*. Kiev: Naukova Dumka. Vol. 3, 29-38. (In Russian).
- National Atlas of Ukraine*. Editor L.H. Rudenko (2007). Kyiv: State Research and Production Enterprise Cartography. (In Ukrainian).
- Gabsatarova I.P., Kenzdera A.V., Svidlova V.A., Pronyshyn R.S., Porechnova E.I., Sychkina Z.N., Babakova E.A., Mikhailova R.S. (2010). Novodariievsk Earthquake 2004, 11 Mai with  $M_w=3.8$ ,  $I_0=5-6$  (Ukraine). *Earthquakes of Northern Eurasia in 2004*. Obninsk: Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences, 289-296. (In Russian).
- New catalog of strong earthquakes on the territory of the USSR (from ancient times to 1975)*. Ed. N.V. Kondorskaya, N.V. Shebalin (1977). Moscow: Sciences. (In Russian).
- Kenzdera A.V., Sklar A.M., Roman A.A., Isichko E.S., Iliesh I.I., Starodub G.R., Kniazeva V.S. (1989). On the possibility of using of the empirical environment transfer functions for the micro zoning of the areas with complex geology. *Evaluation of the effect of strong earthquakes*. Moscow: Sciences, 82-89. The Questions of Earthquake Engineering. Vol. 30. (In Russian).
- Kenzdera A.V., Starodub G.R., Sklar A.M., Roman A.A. (1989). Some aspects of the seismic zoning of low activity areas. *Study of the seismic ground and structures motion*. Moscow: IGC Press of the Presidium of the Ac. of Sc. of USSR. 76-82. (Seismic studies, 11). (In Russian).
- Nemchnynov Yu.I., Havkin O.K., Marienkov M.G., Jarko L.O., Dunin V.A., Babik K.M., Egupov K.V., Kenzdera O.V., Egupov V.K., Bulat A.F., Dyrda V.I., Lysycia M.I. (2013). Practical questions of dynamics of buildings. Scientific Production Journal: *The Building in Ukraine*, 6, 6-21. (In Ukrainian).
- Kenzdera O., Pronyshyn R., Verbycky S., Verbycky Yu. (1997). *Development of the methods for the seismic effects quantitative characteristics forecasting for the territory of Ukraine*. The final report of the theme № s.r. UA01004860P. Lviv: IGPh of NAS of Ukraine. (In Ukrainian).
- Guide No. SSG-9. *Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations* (2010). Vienna: IAEA.
- Kagan Y.Y. (1999). Universality of the seismic moment-frequency relation. *Pure and Appl. Geoph.* Vol.155, 537-573.
- Ohsaki Y. (1979). On the significance of phase content in earthquake ground motions. *International Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. Vol.7, 427-439.