

**УТОЧНЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
ДІЛЯНКИ ЗА РАХУНОК ВРАХУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ҐРУНТОВИХ УМОВ
ТА ЙМОВІРНИХ МЕХАНІЗМІВ ВОГНИЦЬ ЗЕМЛЕТРУСІВ**

Шинкаренко А.В., аспірант,
Алексєєнко О.В., аспірант,
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка
Olusya2006@bigmir.net

Анотація. Авторами статті було зроблено огляд та проаналізовано існуючих матеріалів з приводу проведення сейсмічного районування і встановлено необхідність удосконалення підходів до сейсмічного мікрорайонування (СМР) будівельних майданчиків в Україні. Була визначена необхідність внесення уточнення оцінок приросту сейсмічної інтенсивності, а також встановлено шляхи вирішення поставленої задачі за рахунок ґрунтових умов, зокрема водонасичення ґрунтів, та врахування діаграм направленості сейсмічного випромінювання з вогнища землетрусу. Також зазначається необхідність внесення змін до нормативних документів, що регулюють методику проведення сейсмічного мікрорайонування в Україні.

Ключові слова: сейсмічне мікрорайонування, землетрус, водонасичення ґрунтів, діаграми направленості.

**УТОЧНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМИЧЕСКОЙ
ОПАСНОСТИ УЧАСТКА ЗА СЧЕТ УЧИТЫВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ГРУНТОВЫХ
УСЛОВИЙ И ВЕРОЯТНЫХ МЕХАНИЗМОВ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Шинкаренко А.В., аспірант,
Алексєєнко О.В., аспірант,
Киевский национальный университет им. Тараса Шевченка
Olusya2006@bigmir.net

Аннотация. Авторами статьи был сделан обзор и были проанализированы существующие материалы по поводу сейсмического районирования и установлена необходимость совершенствования подходов к сейсмическому микрорайонированию (СМР) строительных площадок в Украине. Была определена необходимость внесения уточнений оценок прироста сейсмической интенсивности, а также установлен путь решения поставленной задачи за счет грунтовых условий, а именно водонасыщения грунтов, а также обоснована важность учета диаграмм направленности сейсмического излучения из очага землетрясения. Также указана необходимость внесения изменений в нормативные документы, которые регулируют проведение сейсмического микрорайонирования в Украине.

Ключевые слова: сейсмическое микрорайонирование, землетрясение, водонасыщенность грунтов, диаграммы направленности.

**SPECIFICATION OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF SEISMIC HAZARD
AREA CONSIDERING LOCAL SOIL CONDITIONS AND PROBABLE EARTHQUAKE'S
FOCUS MECHANISMS**

Shinkarenko A.V., post-graduate student,
Aleksieienko O.V., post-graduate student,
Taras Schevchenko National University, Kyiv
Olusya2006@bigmir.net

Abstract. Prediction of place and power of possible destructive earthquakes is one of the most complex and urgent problems of modern seismology. The seismic micro zoning is one of the main elements, which allow predicting correctly settings of seismic hazard from near and distant focal areas on construction sites. The authors overviewed and analyzed existing materials associated with seismic zoning and established the necessity for improvement approaches to seismic micro zoning (SMZ) of construction sites in Ukraine. The way to specify the assessment of seismic activity's rise at the area due to soil conditions, including water saturation of soil as well as was substantiated the importance of considering directional diagrams of seismic waves from the earthquake's focus was also found. The necessity of changes to the regulation governing the method of seismic micro zoning in Ukraine is noted in the paper. The account of improvements, mentioned in the paper, which affect the growth of seismic intensity at construction sites, will improve the ratio between security and cost of anti-seismic measures.

Keywords: seismic micro zoning, earthquake, water saturation of soils, directional diagram.

Вступ та актуальність проблеми. Прогнозування місця та сили можливих руйнівних землетрусів відноситься до найбільш складних та актуальних проблем сучасної сейсмології, а сейсмічне мікрорайонування є одним з його головних елементів, що дає змогу правильно прогнозувати параметри сейсмічної небезпеки від близьких і віддалених вогнищевих зон на будівельних майданчиках. Сейсмічна небезпека території України визначається як глобальною, так і локальною тектонічною активністю, яка обумовлена складним розподілом напружено-деформованого стану тектонічних структур.

У даній роботі розглянуто необхідність врахування водонасиченості ґрунтів та діаграм направленості випромінювання сейсмічних хвиль з небезпечних сейсмоактивних зон при СМР будівельних майданчиків в Україні.

Історія досліджень та стан проблеми. Численні спостереження вітчизняних та зарубіжних науковців, зокрема С.В. Медведева, О.О. Гусєва, О.С. Альошина, Ф.Ф. Аптікаєва, В.В. Штейнберга, О.М.Скляра, Т.Г. Sitharam, С. Cornell [1], С.Lacave та ін., показали, що локальний прояв сейсмічного ефекту тісно пов'язаний з інженерно-геологічними, гідрогеологічними, геоморфологічними умовами, тобто, прояви сейсмічного ефекту різні для різних умов геологічного середовища. Удосконалення теоретичних та експериментальних основ СМР показує, що об'єктивна оцінка сейсмічної небезпеки окремих ділянок може бути отримана лише в результаті комплексного застосування різних методів та оцінок інженерно-геологічних умов ділянки. Зокрема, особливої уваги потребує врахування впливу локальних ґрунтових умов та діаграм направленості сейсмічного випромінювання від близьких та віддалених землетрусів.

Цілі і завдання. Головною метою даної роботи було виявити неточності у методиці сейсмічного мікрорайонування на території України і проаналізувавши саму методику, нормативні вимоги та досвід закордонних вчених запропонувати можливі варіанти уточнення. Для досягнення цієї мети необхідно було опрацювати літературу та знайти можливі варіанти уточнення даних, що отримуються при сейсмічному мікрорайонуванні. В подальшому планується розширювати спектр і розробляти практичні варіанти застосування теоретичних відомостей.

Аналіз проблеми. СМР використовується для одержання кількісних оцінок сейсмічної небезпеки конкретного населеного пункту або будівельного чи експлуатаційного майданчика. На території України основними документами, що регламентують проведення СМР для будівельних майданчиків, є: 1) Державні будівельні норми В.1.1-12:2014 [2] та 2) «Республиканские строительные нормы» РСН 60-86 та РСН 65-87 [3].

Для розуміння механізмів вогнищ землетрусів важливими є роботи Г.Ф. Рейда, К. Акі, У. Лі, О.В. Вороніної, Д.В. Малицького, Б.В. Кострова та інших. В чинних на території України нормативних документах немає вимоги про необхідність врахування діаграм направленості сейсмічного випромінювання при СМР майданчиків. Однак, багатьма дослідженнями встановлено необхідність їх врахування.

Усереднені механізми будуються за даними реєстрування ряду слабких землетрусів з небезпечних для досліджуваного будівельного майданчика вогнищевих зон. Для врахування сейсмічних впливів від локальних землетрусів необхідно виділити активізовані на сучасному етапі геологічного розвитку тектонічні структури і встановити їх сейсмотектонічний потенціал. Ці дані дадуть можливість оцінити кінематику розломних структур і пов'язані з ними ймовірні механізми потенційних землетрусів, які можна буде використати для теоретичного встановлення параметрів діаграми направленості випромінювання з вогнища на досліджуваний майданчик.

Коефіцієнт, який відповідає за направленість сейсмічного випромінювання для конкретного майданчика, може змінюватися від 0 до 1. Необхідно для кожного конкретного об'єкту, при визначенні параметрів сейсмічної небезпеки від віддалених і локальних землетрусів, враховувати найбільш імовірний механізм вогнищ, який може реалізуватися, та обґрунтовано обирати наведений вище коефіцієнт (рис. 1-3).

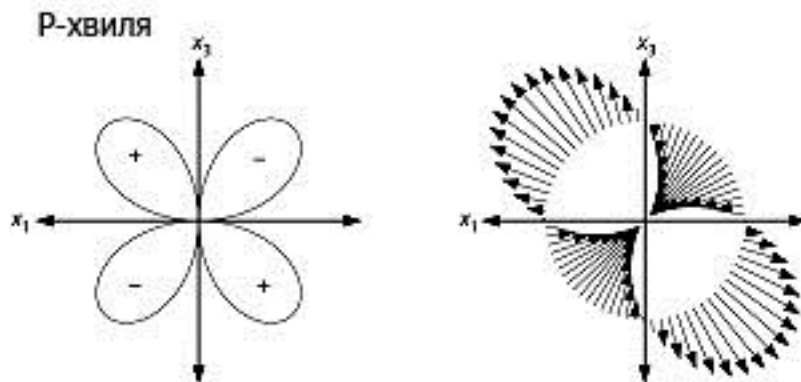


Рис. 1. Графічний вигляд функцій направленості випромінювання для повздовжніх (P) хвиль [4]

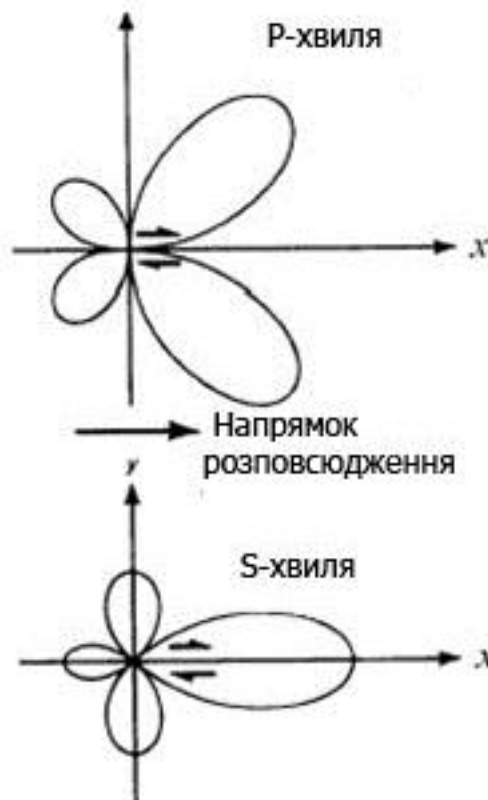


Рис. 2. Зміна функції направленості випромінювання при однонаправленому «спаруванні» для спостережень в ближній зоні [5]

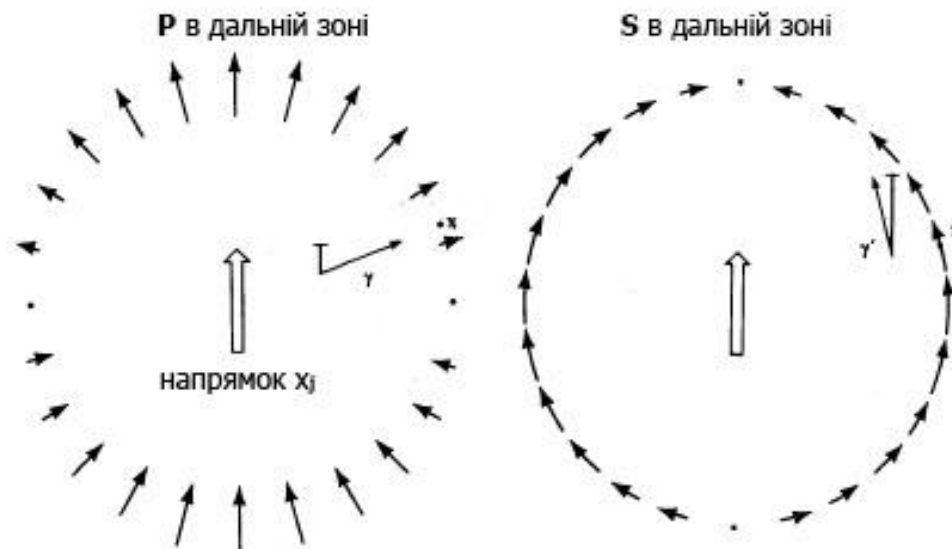


Рис. 3. Динаміка направленості випромінювання P і S хвиль в дальній зоні від джерела типу «точкової сили» [5]

Для оцінки впливу локальних ґрунтових умов на приріст сейсмічної інтенсивності проводиться вивчення літологічного складу, стану, фізико-механічних властивостей ґрунтів, оцінка частотної характеристики ґрунтової товщі під запланованим об'єктом та визначення положення рівня ґрунтових вод. Руйнівний ефект від землетрусів часто визначається частотним складом та інтенсивністю коливань ґрунтової товщі. При чому потрібно враховувати лінійність чи нелінійність поведінки ґрунтів, оскільки під час землетрусів можуть спостерігатися явища ущільнення, просідання, течіння ґрунтів тощо, що призводить до зміни форми та спектру сейсмічних коливань, що проходять крізь ґрунтовий шар.

Для оцінки впливу водонасиченості на сейсмічність майданчика методика СМР в Україні передбачає використання формули Медведєва, яка визначає приріст сейсмічної інтенсивності за рахунок погіршення сейсмічних умов ґрунтів (ΔJ_e) при водонасиченні [6, 3] наступним чином: $\Delta J_e = K e^{-0,04h^2}$, де K – коефіцієнт, що залежить від літологічного складу ґрунтів; h – розрахункове положення рівня ґрунтових вод (РГВ). При цьому коефіцієнт K приймається рівним: 1 – для піщаних ґрунтів, пластичних і текучих супісків, м'якопластичних, текучопластичних та текучих суглинків і глин; 0,5 – для твердих супісків, твердих, напівтвердих і тугопластичних суглинків і глин, великоуламкових ґрунтів з вмістом піщано-глинистого заповнювача не менше 30% і сильно вивітрених скельних порід; 0 – для щільних великоуламкових ґрунтів з магматичних порід з вмістом піщано-глинистого заповнювача до 30% і слабо вивітрених скельних та інших ґрунтів.

Обмеженість у варіантах вибору коефіцієнта K може призводити до заниження або завищення оцінок ΔJ_e . Для того, щоб отримати коректні оцінки ΔJ_e , слід будувати модель досліджуваного ґрунту за даними інженерно-геологічних вишукувань і аналізувати, як будуть змінюватися властивості кожного з його шарів при різному обводненні. На основі такої моделі можна буде знаходити значення коефіцієнту K , як середньозважене для конкретної товщі ґрунту під будівельним майданчиком.

Давно помічено, що інтенсивність землетрусу зростає зі зменшенням щільності ґрунту та збільшенням його водонасичення (рис. 4-7).

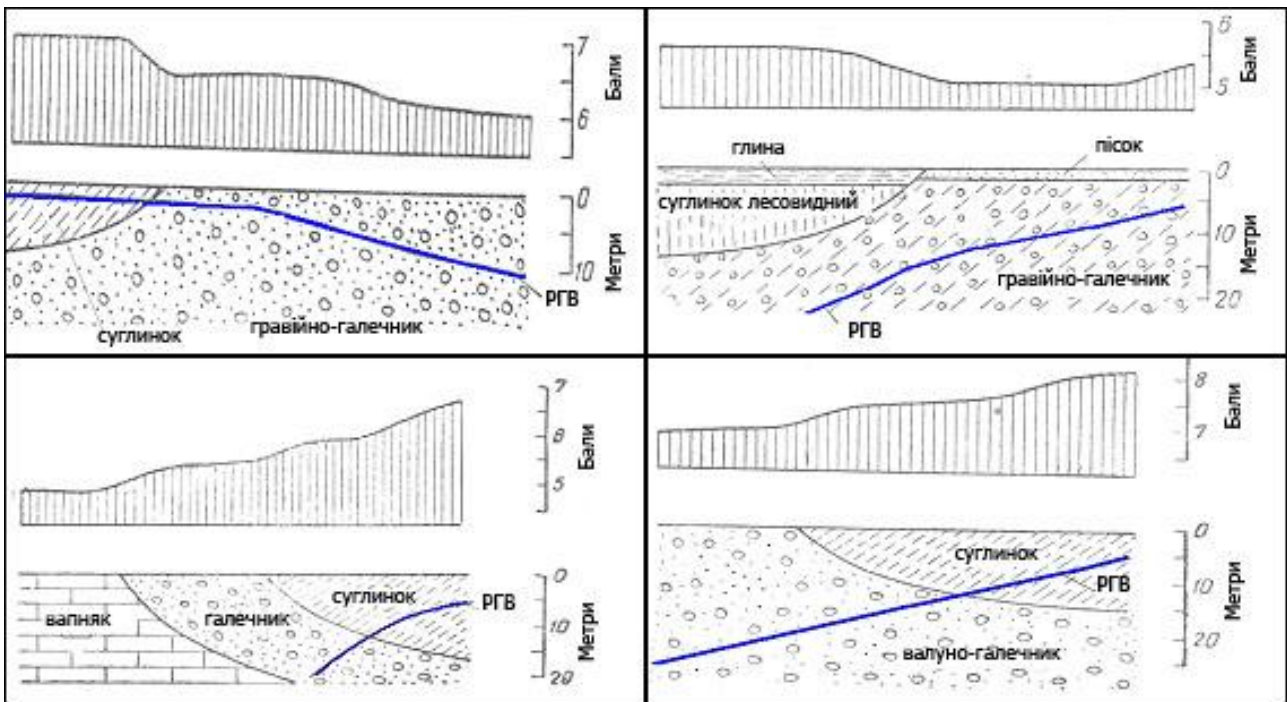


Рис. 4-7. Вплив положення рівня ґрунтових вод та літології ґрунтів на сейсмічну інтенсивність [6]

Одною з причин великих усадок на нахилів будівель під час землетрусів є можлива втрата зв'язності та набуття текучості водонасиченими ґрунтами в основі будівлі. У результаті сейсмічне розрідження ґрунту може супроводжуватися складними аваріями навіть сейсмостійких споруд [7]. Для прогнозу сейсмічного розрідження ґрунтів можуть будуватися карти «розрідження» ґрунтів (рис. 8).

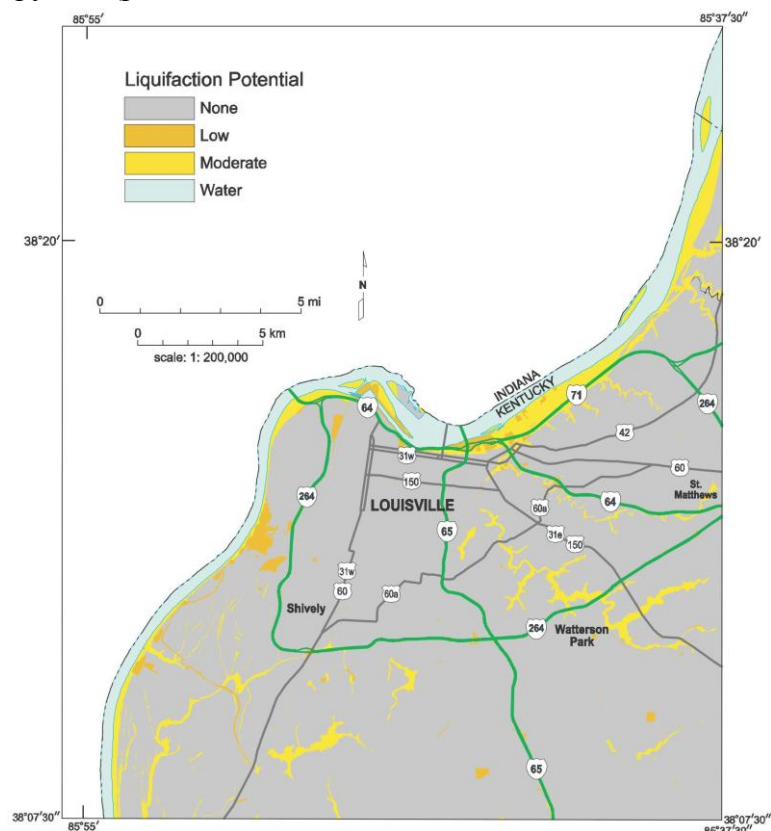


Рис. 8. Карта загрози «розрідження» ґрунтів (Луїзвіль, Кентуккі) [8]

Суттєвою проблемою є також те, що більшість рихлих водонасичених ґрунтів (піски, глини, суглинки тощо) можуть змінювати свої механічні властивості під час проходження крізь них пружних хвиль, що призводить до зниження стійкості ґрунту та руйнувань будівлі.

Результати досліджень. На основі аналізу численних наукових праць та розробок авторами встановлено, що існуюча методика СМР будівельних майданчиків в Україні містить положення, які потребують уточнення та удосконалення. Зокрема, методика визначення сейсмічної небезпеки від локальних землетрусів може бути удосконалена шляхом використання діаграм направленості випромінювання сейсмічної енергії з їх вогнищ. Таких вимог на даний час нема в чинних на території України Державних будівельних нормах. Однак, як видно з рис. 2, не врахування діаграми направленості сейсмічного випромінювання з вогнища може багатократно змінювати оцінку сейсмічної небезпеки на майданчику, в залежності від його положення відносно вогнища землетрусу.

При визначенні приросту сейсмічної інтенсивності будівельного майданчика за рахунок погіршення сейсмічних умов ґрунтів при водонасиченні потрібно замінити пропонований у нормативному документі РСН 65-87 [3] дискретний коефіцієнт K , на його середньозважену величину, розраховану для моделі ґрунтової товщі з урахуванням обводнення кожного шару.

Окрім того, методи визначення частотних характеристик ґрунтів, що рекомендуються чинними Державними будівельними нормами, не враховують нелінійних явищ в ґрунтах та базуються на уявленнях про лінійну поведінку ґрунтів при сейсмічних впливах.

Висновки. Підвищення надійності СМР є важливою задачею сучасної сейсмології. Розвиток методики СМР має на меті вирішення та уточнення існуючих у ній проблемних положень. Врахування діаграм направленості сейсмічного випромінювання з вогнищевих зон та удосконалення способів визначення впливу водонасиченості на приріст сейсмічної інтенсивності при СМР будівельних майданчиків дозволить покращити співвідношення «рівень безпеки і вартість антисейсмічних заходів» під час проектування сейсмостійких споруд в сейсмічних зонах країни.

Література

1. Cornell C.A. Engineering seismic risk analysis, Bulletin of the Seismological Society of America / C.A. Cornell. – V58, 1968. – Pp. 1583-1606.
2. ДБН В.1.1-12:2014. Державні будівельні норми України. Будівництво в сейсмічних районах України. – Київ: Мінрегіонбуд України, Укрархбудінформ, 2014. – 110 с.
3. РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. – М: Госстрой РСФСР, 1987. – 12 с.
4. Алешин А.С. Основы континуальной теории сейсмического микрорайонирования / А.С. Алешин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2015. – № 5. – С. 18-26.
5. Воронина Е.В. Механика очага землетрясения / Е.В. Воронина. – М.: Физический факультет МГУ, 2004. – 25-26с., 61с.
6. Медведев С.В. Инженерная сейсмология / С.В. Медведев. – М: Госстройиздат, 1962. – 284 с.
7. Масленников В.В. Безопасность жизнедеятельности: учебник / В.В. Масленников. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 509 с.
8. Z. Wang A technical note on seismic microzonation in the central United States. – J. Earth Syst. Sci. 117, S2, October 2008. – Pp. 1–8.

Стаття надійшла 30.11.2016