

section, where the influence of pressure differences is excluded;

- forecast of the medium stressed state on values of elastic parameters calculated according to geophysical data.

Conclusions. Thus, new theoretical investigations and software had allowed to create new possibilities to interpret the seismic information taking into account the geodynamic conditions of medium, and to get new results on synthetic 2D models of medium. For further assessment of effectiveness of the software the acoustic model of medium is preparing according to results of inversion of the real seismic records.

The work had been performed within the Science and Technology Center in Ukraine grant # 3647.

1. Akee K., Richards P. Quantitative seismology / Ed. by K. Akee. – M., 1983.
2. Aleksandrov K.S., Prodayvoda G.T., Maslov B.P. Method of definition of the non-linear elastic properties of the rocks // Reports of the Russian Academy of Sciences. – 2001. – Vol. 380, №1. – P. 109–112.
3. Babayev D.H., Hajiyev A.N. Deep structure and prospects of oil-and-gas content of the Caspian Sea basin / Ed. by D.H. Babayev. B., 2006.
4. Cambois G. AVO inversion and elastic impedance // SEG Expanded Abstracts. – 2000. – Vol. 19.
5. Castagna J.P., Backus M.M. Offset-dependent reflectivity: theory and practice of AVO analysis / Investigations in Geophysics Series, Soc. Expl. Geophys. – T., 1995. – Vol. 8.
6. Gogonenkov G.N. Study of the detail structure of sedimentary series

- using the seismic survey / Ed. by G.N. Gogonenkov. – M., 1987.
7. Goodway B., Chen T., Downton J. Rock parameterization and AVO fluid detection using Lamé petrophysical factors – λ , μ and λ/μ , μ/λ . / EAGE Expanded Abstracts. – 1999.
8. Guliyev H.H. Non-linear actions of elastic medium and their influence upon the velocity of distribution of the elastic waves // Proceedings of ANAS. Earth Sciences. – 2009. – №2. – P. 31–39.
9. Guz' A.N. Elastic waves in bodies with initial stresses. General issues, I. Regularities of distribution, II / Ed. by A.N. Guz. – L., 1986.
10. Kuliev G.G. Definition of Poisson coefficient in the stressed media // Reports of the Russian Academy of Sciences, Geophysics. – 2000. – Vol. 370, №4. – P. 534–537.
11. Kuliev G.G. Non-classic linearized theory of deformations in geophysics // Proceedings of ANAS. Earth Sciences. – 2005. – №2. – P. 41–51.
12. Kuliev G.G., Shirinov N.M. On definition of the second order of modulus of elasticity of the stressed non-linear isotropic media // Proceedings of ANAS. Earth Sciences. – 2005. – №3. – P. 10–16.
13. Maslov B.P., Prodayvoda G.T., Vizhva S.A. Mathematical modeling of influence of pressure and temperature upon the velocity of distribution of the elastic waves in cracked rocks // Geophysical journal. – 2000. – Vol. 22, №3. – P. 113–118.
14. Puzirev N.N., Trigubov A.V., Brodov L.Yu. et al. Seismic survey by method of transverse and converted waves / Ed. by N.N. Puzirev. – M., 1985.
15. Veeken P.C.H., Silva M. Seismic inversion methods and some of their constraints // First Break. – 2004. – Vol. 22, №6. – P. 47–70.
16. Verm R., Liang L., Hiltermann F. Significance of geopressure in predicting lithology // The Leading Edge. – 1998. – Vol. 17, №2. – P. 227–234.
17. Vizhva S.A. Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів / Ed. by S.A. Vizhva. – K., 2004.
18. Whitcombe D.N., Connolly P.A., Reagan R.L., Redshaw T.C. Extended elastic impedance for fluid and lithology prediction // SEG Expanded Abstracts. – 2000.

Надійшла до редколегії 25.11.09

УДК 550.34

О. Кендзера, канд. фіз.-мат. наук, О. Скляр, н. с., Ю. Лісовий, м.н.с.,
Є. Корнієнко, інж. I кат. Ю. Семенова, геофізик I кат.

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ СЕЙСМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА НСК "ОЛІМПІЙСЬКИЙ" В М. КИЄВІ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Інститутом геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України проведені вишукувальні роботи з встановлення рівня сейсмічної небезпеки (уточненого значення сейсмічної бальності, з урахуванням впливу ґрунтових умов) майданчика НСК "Олімпійський" у м. Києві. На території майданчика виділено три відносно однорідні (в сейсмічному відношенні) таксонометричні одиниці. Для кожної з них було встановлено рівень сейсмічної небезпеки в балах шкали сейсмічної інтенсивності MSK-64.

The research work by establishment of seismic hazard level (the improved value of seismic intensity taking into account the influencing of soil conditions) for National Sports Complex "Olimpiyskiy" site in Kyiv is conducted by S.I. Subbotin Institute of geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine. Three relatively homogeneous (in the seismic relation) taxonomic units on the territory of site are selected. The level of seismic safety in the balls of MSK-64 seismic intensity scale was set for each of this taxonomic units.

Інститутом геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України проводилися роботи з встановлення рівня сейсмічної небезпеки (уточненого значення сейсмічної бальності, з урахуванням впливу ґрунтових умов) будівельного майданчика НСК "Олімпійський" в м. Києві.

Мета робіт – кількісна оцінка розрахункової інтенсивності сейсмічних струшувань в балах шкали MSK-64 на основі комплексного аналізу уточнених даних загального сейсмічного районування (ЗСР) і робіт з сейсмічного мікрорайонування (СМР) будівельного майданчика методами: інженерно-геологічних аналогій, сейсмічних жорсткостей і реєстрації мікросейсм.

Майданчик НСК "Олімпійський" розташований на території Печерського району м. Києва, біля підніжжя Черепанової гори, в місці зчленування Хрещатого яру з долиною річки Либідь. З результатів аналізу фондових і опублікованих матеріалів [1, 2] відомо, що на території м. Києва неодноразово спостерігалися сейсмічні струшування від потужних підкорових землетрусів зони Вранча (Румунія) і можуть проявитися локальні сейсмічні ефекти від потенційно можливих землетрусів з місцевих сейсмо-

активних зон [3 – 9], які пов'язані з сейсмоактивними розломами Східноєвропейської платформи (СЄП). Вогнища потужних підкорових землетрусів зони Вранча розташовані на відстані 600 км від Києва [10 – 12].

При руйнівних землетрусах в зоні Вранча, магнітуда (M) яких знаходилася в межах значень 6,8–7,4, інтенсивність сейсмічних струшувань в балах шкали MSK-64 в м. Києві складала 5–6 балів (26.10.1802, $M=7,4$), 5 балів (17.11.1821, $M=6,7$; 6.11.1908, $M=6,8$; 10.11.1940, $M=7,3$) та 4–5 балів (22.01.1838, $M=6,9$; 22.10.1940, $M=6,2$) [13–15]. Під час землетрусів, які спостерігалися в Києві наприкінці 20 століття інтенсивність струшувань дорівнювала 4–5 балам (4.03.1977, $M=7,2$) та 4 балам (30.08.1986, $M=6,8$) [11, 15, 16].

Лише за останні 200 років зафіксована на території м. Києва інтенсивність землетрусів зони Вранча досягла 5 балів у 1802 році і 5 балів у 1940 році [12, 13, 17]. На рис. 1 представлені ізосейсти цих землетрусів. Слід зазначити, що енергія всіх зазначених вище землетрусів була значно меншою від максимально можливої для зони Вранча (з імовірністю 1 раз в 5000 років) [18 – 20].

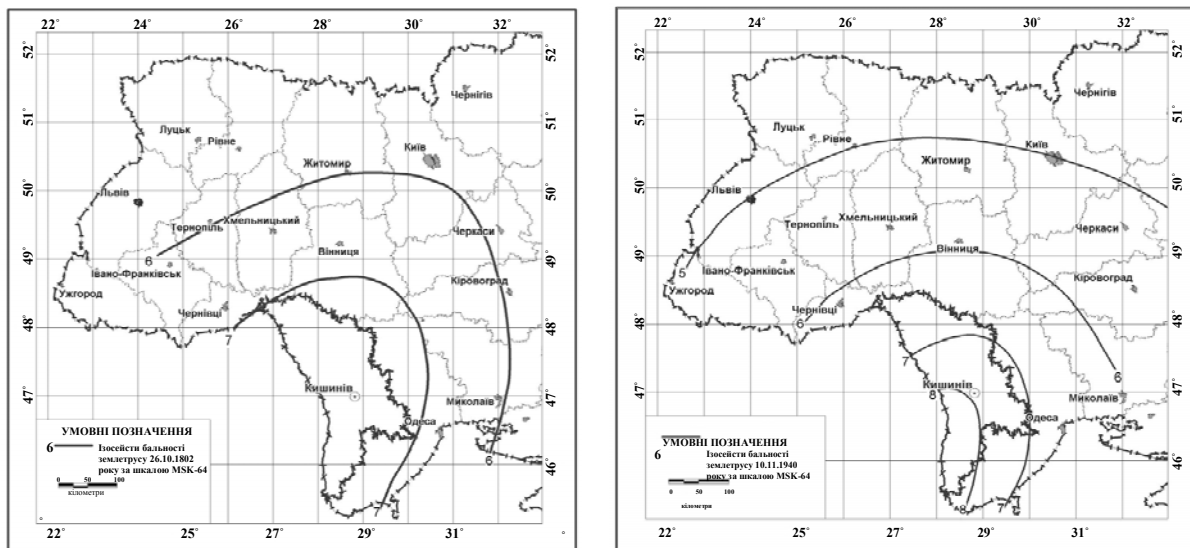


Рис. 1. Карта-схема ізосейст землетрусів зони Вранча 1802 р. (а) [21] і 1940 р. (б) [22]

В результаті проведення макросейсмічних обстежень наслідків останніх із сильних підкорових землетрусів із зони Вранча, які відбулися у 1990 р. 30 травня (в денний час, $M = 6,8$) і 31 травня (вночі, $M = 6,3$), було показано [17], що на території міста макросейсмічні ефекти розподілилися нерівномірно. Будинки в центрі міста на схилах пагорбів та в новобудовах на околицях біля заток р. Дніпро зазнали інтенсивніших коливань. Зроблено висновки, що на таких ділянках інтенсивність перевищила 4 бали. Крім того, на величину спостереженої інтенсивності сейсмічних струшувань вплинув стан цегляних будинків в центральній частині Києва, декілька з них були побудовані ще в кінці 19-го, а деякі – на початку 20-го століття. В 25 % надісланих населенням анкет відмічалось, що після землетрусу в помешканнях з'явилися легкі пошкодження – головним чином "тонкі тріщини в штукатурці", а менш ніж в 10 % випадків спостерігалось "відпадання шматочків штукатурки". В той же час, з південно-західної частини міста надійшло лише декілька повідомлень про незначні прояви землетрусу, з яких випливає, що там сила поштовхів не перевищувала 4 балів.

Документально підтверджених даних про вогнища місцевих землетрусів поблизу Києва нема, але, базуючись на існуючих сейсмологічних, геолого-геофізичних, тектонічних, геодинамічних даних та даних розшифровки космознімків, можна стверджувати, що на сучасному етапі геологічного розвитку регіону існує реальна сейсмічна загроза, пов'язана з місцевими (локальними) активізованими тектонічними порушеннями у фундаменті Східноєвропейської платформи [1, 3 – 9, 39].

До 70-х років минулого століття сейсмічна небезпека, взагалі, пов'язувалася лише з територіями, приуроченими до серединно-океанічних хребтів, окраїн континентальних плит, гірських масивів і островних дуг. Сучасні сейсмологічні дані свідчать про те, що древні платформи, які раніше вважалися асейсмічними, також зазнають тектонічних деформацій, хоча і значно повільніших, ніж їх окраїни. За даними [3], в XX сторіччі катастрофічні землетруси (далі наведені лише найбільші події) відбулися на наступних платформах: Північно-Американській (Канадський щит) $M=6,8$, 16.11.1920 р.; Північно-Африканській, $M=7,0$, 19.04.1935 р.; Індостанській, $M=6,5$, 10.12.1967 р.; Австралійській, $M=6,8$, 14.10.1968 р.; Пів-

денно-Китайській, $M=7,8$, 16.08.1976 р.; Туранській плити (Туркменія), $M=7,0 - 7,3$, 1976 і 1984 рр.

На Східноєвропейській платформі зафіксовано ряд вогнищ місцевих землетрусів. Їх магнітуда, в основному, була невеликою і дорівнювала 3,0-4,0, рідше 5,0-5,5; а інтенсивність струшувань в епіцентрі при найсильніших подіях не перевищувала 7 балів за шкалою MSK-64. У 2004 році, 29 вересня, семібальний землетрус відбувся на Східноєвропейській платформі в районі Калінінграду на узбережжі Балтійського моря. Необхідність врахування, при проектуванні важливих споруд, можливості виникнення землетрусу такого рівня в районі Калінінграду була передбачена російськими і українськими сейсмологами [5 – 7].

У зв'язку з цим, при оцінці сейсмічної ситуації відповідальних об'єктів, розташованих на платформних ділянках, не можна не враховувати потенційної можливості виникнення на них сейсмічних подій високого енергетичного рівня (хоча вони і відбуваються тут значно рідше, ніж в активних районах) і слабких місцевих землетрусів з неглибокими вогнищами, які на невеликих ділянках можуть викликати інтенсивні коливання поверхні ґрунту, які спостерігалися, наприклад, на платформній частині території України при землетрусі 3.01.2002 р. в смт. Микулинці Тернопільської області [23].

Потенційну місцеву сейсмічність в районі Києва пов'язують з розломами в зоні зчленування північно-східного схилу Українського кристалічного щита та південно-західного борту Дніпрово-Донецької западини. Границею між ними є Київський розлом Дніпровської розломної зони, який має північно-східне простягання. Потенційну місцеву сейсмічність пов'язують також з, так званою, розсіяною (доменною) сейсмічністю [19, 24].

Відповідно до положень розділу 5 ГОСТ 27751-88(2003) "Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету", для проектування відповідальних об'єктів НСК "Олімпійський" доцільно використовувати прогнозовану інтенсивність сейсмічних струшувань, вказану на нормативній карті ЗСР-2004–С, яка є частиною Державних будівельних норм В.1.1-12:2006. Згідно цієї карти нормативна (фоновна або вхідна) інтенсивність сейсмічних струшувань будівельного майданчика дорівнює $I_N = 6$ балів за шкалою MSK-64. Землетруси з такою інтенсивністю на території Києва можуть відбуватися 1 раз в 5000 років

(сейсмічний ризик 1 %). Інтенсивність сейсмічних струшувань з імовірністю 99 % не буде перевищувати 6 балів за найближчі 50 років. Вказана інтенсивність є усередненою для міста і заокругленою до цілого числа. Вона відноситься до ґрунтів 2-ї категорії за сейсмічними властивостями (табл. 1.1 ДБН В.1.1-12:2006) і не враховує можливого впливу місцевих ґрунтових умов.

На території майданчика НСК "Олімпійський" присутні ґрунти 3-ї і, навіть, 4-ї категорії за сейсмічними властивостями, з огляду на що необхідно було уточнити рівень прогнозованої сейсмічної інтенсивності (I_{RN}) з урахуванням геолого-геофізичних умов району розташування Києва і сейсмічного мікрорайонування майданчика.

В тектонічному відношенні Київ знаходиться у межах Білоцерківського (Фастівського) блоку [25] на півні-

чному схилі Українського щита [26, 27]. Кристалічний фундамент розбитий серією розломів субмеридіонального, субширотного, північно-східного і північно-західного простягання. В районі ділянки вишукувань виділяють кілька крупних розломів, неотектонічна активність яких підтверджується геолого-геоморфологічними даними. До них відносяться: *Київський розлом* субмеридіонального простягання, кінематичним типом якого є скидо-зсув; *Святошинський* і *Пирогівський* розломи субширотного простягання та *Пуца-Водицький* розлом північно-західного простягання. Також виділяються розломи (рис. 2), наявні у кристалічному фундаменті, неотектонічна активність яких не підтверджується, або підтверджується за геолого-геоморфологічними даними [28].

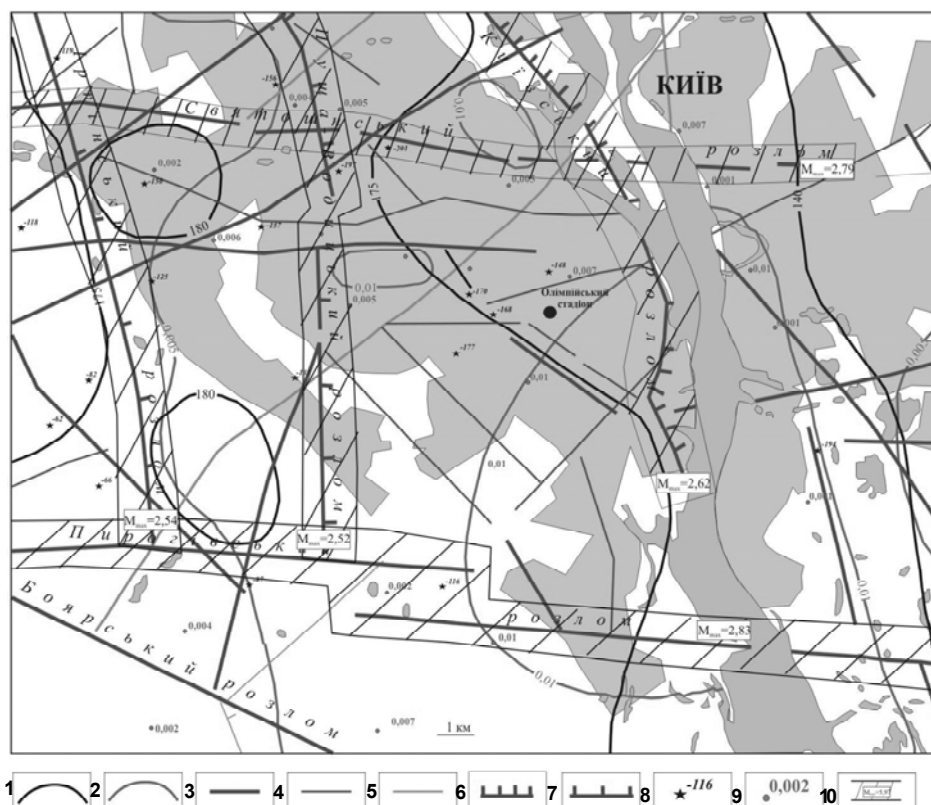


Рис. 2. Фрагмент карти неотектоніки Київського геодинамічного полігону (за даними Палієнко В.П., Спиці Р.О. Інститут географії НАН України)

- Ум. позначення: 1 – ізобазы сумарних амплітуд неотектонічних рухів земної кори (м);
 2 – ізографи середніх швидкостей неотектонічних рухів земної кори ((см/км)/тис.років); Розломи:
 3 – розломи, виявлені у кристалічному фундаменті, неотектонічна активність яких підтверджується за геолого-геоморфологічними даними; 4 – розломи, виявлені у кристалічному фундаменті, неотектонічна активність яких на даний час не підтверджена за геолого-геоморфологічними даними;
 5 – розломи, неотектонічна активність яких підтверджується геолого-геоморфологічними даними; Кінематичні типи розломів:
 6 – скидо-зсув, 7 – зсув; 8 – абсолютна відмітка поверхні кристалічного фундаменту;
 9 – градієнт середньої швидкості неотектонічних рухів земної кори; 10 – максимальна прогнозована магнітуда [28]

Найбільш вираженим за різними даними є Київський розлом, який відокремлює в кристалічному фундаменті тектонічні ступені з різницею абсолютних відміток 70 – 80 м. В неотектонічному плані найбільш активними є регіональні неоструктури (Київська ступінь, Деснянська сідловина) з різницею показників сумарних амплітуд рухів до 60 м. Зоні впливу Київського розлому відповідає значне підвищення середніх градієнтів швидкостей неотектонічних рухів земної кори (більше 0,01 (см/км)/тис.років в ареалах, які супроводжують вказаний розлом) [28], що характеризує зміну амплітуди неотектонічних рухів (в см) на відстані 1 км за період 1 тис. років.

Інші розломи з точки зору неотектонічної і сучасної тектонічної активності є менш вираженими. Активними за геоморфологічними і неотектонічними показниками серед субмеридіональних розломів в правобережній частині міста є Пуца-Водицький (у кристалічному фундаменті відмічена різниця абсолютних відміток 40-45 м, у сучасному рельєфі і будові осадової товщі – 10-15 м). Серед субширотних розломних порушень за геолого-геоморфологічними ознаками активними можна вважати Святошинський і Пирогівський розломи [28].

В геоморфологічному відношенні ділянка вишукувань розташована в місці примикання Хрещатого яру до долини р. Либідь. В районі Бессарабки до Хрещатого

го яру примикає Кловський яр. Нижче впадіння Хрещатого яру весь лівий берег древньої долини Либіді сильно помережений ярами та балками. На даний час схили Хрещатого яру та підніжжя Черепанової гори є сплановані та перекриті насипними ґрунтами.

Абсолютні відмітки поверхні землі в межах ділянки вишукувань коливаються в межах 127,0 – 138,5 м.

Геологічний розріз до розвіданої глибини 40,0 м складений:

- Техногенними ґрунтами: асфальтом, щебенем, насипними ґрунтами, які представлені пісками пилюватими та мілкими, середньої щільності, від вологих до насичених водою, супісками пластичними, суглинками та глинами напівтвердими, загальною потужністю 0,3-15,2 м, з включеннями будівельного сміття та щебеню 10-30 %. Згідно Таблиці 1.1. ДБН В.1.1-12:2006, на ділянках території НСК "Олімпійський" де цей шар має потужність понад 5 м, його ґрунти, формально, повинні бути віднесені до 4-ої категорії за сейсмічними властивостями.

- Сучасними делювіально-пролювіальними пісками пилюватими, середньої щільності, від маловологих до насичених водою, супісками піщанистими, пластичними, з лінзами та прошарками текучих, суглинками легкими піщанистими, м'якопластичними та глинами важкими, напівтвердими та тугопластичними, загальною потужністю 0,8-19,3 м. Згідно Таблиці 1.1. ДБН В.1.1-12:2006, цей шар може бути віднесений до 3-ї категорії за сейсмічними властивостями.

- Верхньочетвертинними та сучасними алювіально-делювіальними пісками пилюватими, середньої щільності, насиченими водою, з включенням гравію до 10 %, супісками піщанистими, пластичними, з включенням гравію 5-10 %, суглинками легкими піщанистими, тугопластичними та текучими, з включенням гравію 5-10 % та глинами легкими пилюватими, тугопластичними, загальною потужністю 0,7-12,2 м. Згідно табл. 1.1. ДБН В.1.1-12:2006, цей шар може бути віднесений до 2-ї категорії за сейсмічними властивостями.

- Неогеновими "полтавськими" пісками з прошарками мілких, щільними, насиченими водою, потужністю 13,6 м. Згідно табл. 1.1. ДБН В.1.1-12:2006, цей шар може бути віднесений до 2-ї категорії за сейсмічними властивостями.

- Верхньопалеогеновими "харківськими" пісками пилюватими, з прошарками супісків пластичних, щільними, насиченими водою, потужністю шару 2,5-8,8 м. Згідно табл. 1.1. ДБН В.1.1-12:2006, цей шар може бути віднесений до 2-ї категорії за сейсмічними властивостями.

- Середньопалеогеновими ґрунтами "київської" свити, представленими суглинками (наглинками) від твердих до м'якопластичних, потужністю 2,4-6,7 м та глинами ("київський мергель") твердими та напівтвердими, розкритою потужністю шару 5,2-13,2 м. Згідно табл. 1.1. ДБН В.1.1-12:2006, цей шар може бути віднесений до 2-ї категорії за сейсмічними властивостями.

Розрахункова інтенсивність сейсмічних впливів (розрахункова сейсмічність або бальність) визначається сумою уточненої нормативної інтенсивності сейсмічних струшувань (бальності) I_{RN} і її приросту ΔI за рахунок впливу ґрунтових умов на майданчику: $I_R = I_{RN} + \Delta I$. При розрахунку уточненої нормативної бальності і її приросту з точністю до 0.01 бала, оцінка розрахункової сейсмічної бальності може відрізнятися від їх заокруглених до цілого бала значень I_0 , представлених на картах загального сейсмічного районування [29]. У зв'язку з

цим, при оцінці сейсмічної небезпеки конкретних будівельних майданчиків, із залученням методів загального (ЗСР) і детального (ДСР) сейсмічного районування виконують уточнення значення нормативної бальності I_{RN} , а методами сейсмічного мікрорайонування (СМР) – значення її приросту ΔI . Підсумкову оцінку слід округляти до цілого бала.

Для уточнення рівня прогнозованої сейсмічної інтенсивності (I_{RN}) для території м. Києва використовувалися:

- уніфіковані дані про землетруси, які представляють потенційну сейсмічну небезпеку для території м. Києва;

- геолого-геофізичні, сейсмотектонічні, геодинамічні дані про структури, які можуть спричинити сейсмічну небезпеку на будівельному майданчику;

- прогнози значення максимальних магнітуд імовірних землетрусів, які можуть генеруватися в цих структурах;

- дані про характер загасання інтенсивності сейсмічних струшувань з відстанню від епіцентрів сильних землетрусів;

- фондові та опубліковані матеріали макросейсмічних та інструментальних сейсмологічних досліджень, проведених ІГФ НАН України в м. Києві;

- дані інженерно-геологічних досліджень, проведених у 2008 році на майданчику НСК "Олімпійський" Інститутом по вишукуванню та проектуванню автомобільних шляхів та мостів (АТЗТ Київсоюзшляхпроект) і представлених в документі "Технічний звіт за результатами інженерно-геологічних вишукувань для складання проекту, робочого проекту функціонування НСК "Олімпійський" (471/08-ІГ-ТЗ) – Київ: Фонди Інституту по вишукуванню та проектуванню автомобільних шляхів та мостів, 2008".

Уточнення нормативної бальності майданчика виконувалося з використанням методики розрахунку сейсмічної небезпеки, представленої в тематичних наукових збірниках "Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии" [30].

При розрахунках використовувалося модернізоване програмно-математичне забезпечення "BOCTOK-97" (Earthquake Adequate Sources Technology – EAST-97), розроблене на основі зазначеної методики в рамках Міжнародної програми з оцінки глобальної сейсмічної небезпеки (Global Seismic Hazard Assessment Program – GSHAP) [31].

У результаті виконаних розрахунків уточнене фонове значення сейсмічної бальності будівельного майданчика I_{RN} виявилось рівним 5,95 бала (середній період повторення 1 раз в 5000 років, умовний сейсмічний ризик 1 %). Вказана оцінка I_{RN} відноситься до ґрунтів 2-ї категорії за сейсмічними властивостями і не враховує можливого впливу ґрунтових умов досліджуваного майданчика. В той же час відомо, що інженерно-геологічні, геоморфологічні, гідрогеологічні і геотектонічні особливості будівельного майданчика можуть мати значний вплив на величину локальних сейсмічних проявів.

Для оцінки розрахункового значення інтенсивності сейсмічних струшувань I_R , що враховує вплив локальних умов під майданчиком НСК "Олімпійський", проводилося його сейсмічне мікрорайонування з урахуванням вимог нормативних документів і методичних рекомендацій [29, 32 – 35].

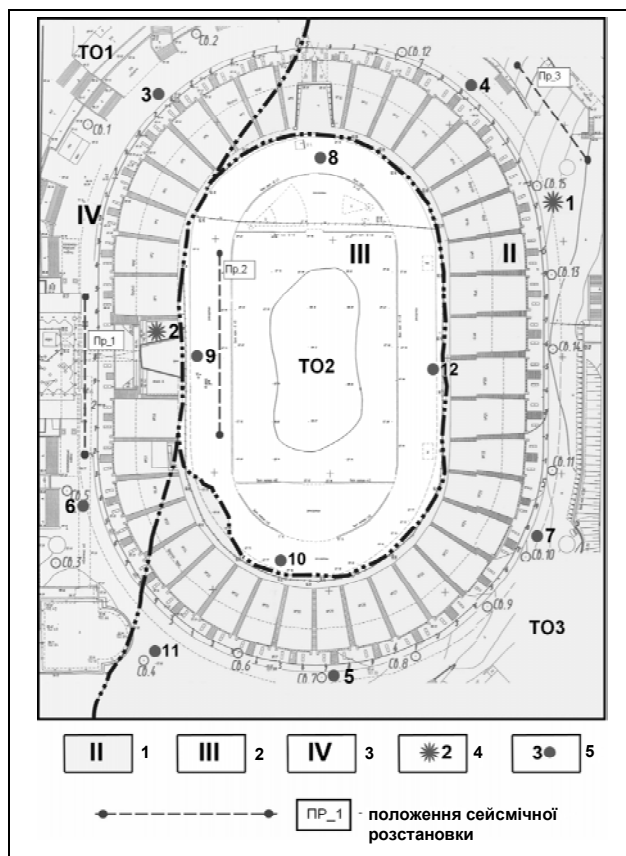


Рис. 3. Схема районування будівельного майданчика НСК "Олімпійський" за сейсмічними властивостями ґрунтів.

(Склали: О.М. Останін, О.М. Скляр)

Ум. позначення: 1 – район з переважанням у верхній 10-метровій частині геологічного розрізу ґрунтів II категорії за сейсмічними властивостями; 2 – район з переважанням у верхній 10-метровій частині геологічного розрізу ґрунтів III категорії за сейсмічними властивостями; 3 – район з переважанням у верхній 10-метровій частині геологічного розрізу ґрунтів IV категорії за сейсмічними властивостями; 4 – пункти цілодобової реєстрації мікросейсм; 5 – пункти з 3-ох годинними інтервалами реєстрації мікросейсм.

ПР_1 – положення сейсмічних профілів

Найбільш ефективним методом при вирішенні задач сейсмічного мікрорайонування є реєстрація максимальних можливих для даної території землетрусів. У зв'язку з тим, що подібні події відбуваються досить рідко, навіть у високосейсмічних регіонах, а також, враховуючи обмеженість термінів робіт і низьку сейсмічну активність території древньої платформи, для сейсмічного мікрорайонування (СМР) ділянки проекрованої реконструкції НСК "Олімпійський" використано методи сейсмічних жорсткостей і реєстрації високочастотних мікросейсм.

За гідрогеологічними умовами, літологічним складом і фізико-механічними властивостями ґрунтів у верхній 10-ти метровій товщі інженерно-геологічного розрізу, який спричиняє основний вплив на приріст сейсмічної інтенсивності, в межах досліджуваного майданчика групою сейсмологів під керівництвом О.М. Склєра виділено три таксонометричні одиниці (ТО) (рис. 3):

ТО1 займає західну частину майданчика і відповідає площі розповсюдження насипних ґрунтів, які згідно Табл. 1.1. ДБН В.1.1-12:2006 відносяться до 4-ої категорії за сейсмічними властивостями. Згідно табл. 1 ДБН В.1.1-12:2006 "Будівництво в сейсмічних районах України" [29] приріст сейсмічної інтенсивності для ґрунтових умов подібного типу визначається на підставі спеціальних досліджень.

ТО2 збігається з межами футбольного поля в центральній частині майданчика. Вона складена насипними ґрунтами та обводненими пісками і супісками, які згідно Таблиці 1.1. ДБН В.1.1-12:2006 відносяться до 3-ої категорії за сейсмічними властивостями. Згідно табл.

1 ДБН В.1.1-12:2006: "Будівництво в сейсмічних районах України" [29] приріст сейсмічної інтенсивності, відносно початкової, для ґрунтових умов подібного типу складає $\Delta I = 0$ балів.

Згідно з вимогами нормативних документів ДБН В.1.1-12:2006 [29], РСН 60-86 [34] та РСН 65-87 [35], обов'язковим методом оцінки приросту сейсмічної бальності при СМР майданчиків є метод сейсмічних жорсткостей, розроблений С.В. Медведєвим [36]. Застосування методу ґрунтується на емпіричній залежності між приростами сейсмічної інтенсивності і сейсмічними жорсткостями порід (добуток швидкості сейсмічних хвиль на густину порід) на досліджуваному і еталонному пунктах. Враховується також вплив глибини залягання рівня ґрунтових вод і резонансні ефекти у верхній частині геологічного розрізу.

При переході з середовища, яке характеризується більшою сейсмічною жорсткістю, в середовище з меншою сейсмічною жорсткістю амплітуда сейсмічних хвиль збільшується [37] і навпаки. Середньому значенню сейсмічної жорсткості по регіону відповідає фонові сейсмічності, визначена нормативними документами. Місцеві відхилення сейсмічної жорсткості від середньої визначають основний приріст сейсмічної інтенсивності. Для врахування цього ефекту на зміну (збільшення або зменшення) сейсмічної бальності майданчиків використовуються емпіричні формули Медведєва [32, 35, 36, 38].

Відповідно до РСН 60-86 [34], для оцінки приросту сейсмічності необхідно вибрати еталонний ґрунт, близький за сейсмічними властивостями до ґрунту 2-ої

категорії, до яких відноситься встановлене в розділі 2 уточнене значення оцінки сейсмічної небезпеки території НСК "Олімпійський". Параметри еталонного ґрунту необхідні для СМР майданчика методами сейсмічних жорсткостей і реєстрації короткоперіодних мікросейсм.

В якості **еталонних ґрунтів** прийняті ґрунти в районі розміщення пункту сейсмологічних спостережень № 1 поблизу інженерно-розвідувальної свердловини № 15 на території таксонометричної одиниці ТО3 майданчика проектного будівництва НСК "Олімпійський". В складі еталонного ґрунту переважають не обводнені глини, важкі, жовто-сірі, коричнево-сірі, тверді та напівтверді з тонкими прошарками піску пілуватого та супісків. Згідно з табл. 1 ДБН В.1.1-12:2006 [29], вони відносяться до 2-ї категорії за сейсмічними властивостями. Встановлене за допомогою методу заломлених хвиль, з урахуванням даних Київського інституту інженерних вишукувань і досліджень "Енергопроект" та матеріалів інституту АТЗТ "Київсоюзшляхпроект", значення середньої швидкості поширення поперечних хвиль на ділянці з еталонними ґрунтами дорівнює $V_{se} = 260$ м/с, а середнє значення питомої густини ґрунту – $\rho_e = 1,93$ г/см³.

Розрахунок приростів інтенсивності сейсмічних струшувань (бальності) за методом сейсмічних жорсткостей з урахуванням впливу рівня ґрунтових вод та резонансних ефектів здійснювався по формулі з пункту 3.4.2 РСН 65-87 [36]:

$$\Delta I = \Delta I_{сж} + \Delta I_{гв} + \Delta I_{рез}.$$

де $\Delta I_{сж} = 1,67 \lg(V_e \rho_e / V_i \rho_i)$; V_e , ρ_e , V_i і ρ_i – середньозважені (для 10-метрового шару) швидкості поширення поперечних хвиль і густини порід на еталонному (е) і досліджуваному (і) пунктах, відповідно.

Очевидно, що для таксонометричної одиниці ТО3, ґрунти якої були прийняті за еталонні, приріст сейсмічної бальності $\Delta I = 0$.

Для узагальнених ґрунтових умов таксонометричної одиниці ТО2 в центральній частині території стадіону, складеної в основному супісками пластичної консистенції, тугопластичними глинами і водонасиченими пілуватими пісками – $V_s = 247$ м/с, густина $\rho = 1,99$ г/см³.

Для ґрунтових умов таксонометричної одиниці ТО3, виділеної в західній частині досліджуваної території і складеної насипними ґрунтами (пісок з домішками будівельного сміття) – $V_s = 169$ м/с, $\rho = 1,63$ г/см³.

Результати розрахунку $\Delta I_{сж}$ подані в табл. 1 рядок 1.

Приріст сейсмічної бальності за вплив глибини залягання рівня ґрунтових вод (h) визначався за формулою з пункту 3.4.7 нормативного документу РСН 65-87 [35]:

$$\Delta I_{гв} = \alpha e^{-0,04 h/h}.$$

Коефіцієнт α залежить від літологічного складу порід. Для досліджуваної території $\alpha \approx 1$.

За даним інженерно-геологічних досліджень глибина залягання рівня підземних вод в східній і західній частинах досліджуваної території (райони ТО1 і ТО3) змінюється від 8,4 до 12,0 м, в центральній частині (район ТО2) складає, в середньому, 1,9 м. Результати розрахунку $\Delta I_{гв}$ представлені в таблиці 1 рядок 2.

У зв'язку з відсутністю чітких границь відбивання сейсмічних хвиль у верхній частині геологічного розрізу, значення величини поправки $\Delta I_{рез}$ за вплив резонансних ефектів для досліджуваної території прийнято рівним нулю.

Таблиця 1. Прирости інтенсивності сейсмічних струшувань, визначені за різними методами

№ п.п.	Метод визначення	Приріст інтенсивності сейсмічних струшувань на таксонометричних одиницях майданчика в балах макросейсмічної шкали MSK-64		
		ТО1 – ґрунти IV категорії	ТО2 – ґрунти III категорії	ТО3 – ґрунти II категорії
1	За сейсмічними жорсткостями $\Delta I_{сж}$	0,43	0,01	0
2	За рівнем ґрунтових вод $\Delta I_{гв}$	0,06	0,87	0
3	Сума приростів за сейсмічними жорсткостями і рівнем ґрунтових вод ΔI	0,49	0,88	0
4	За методом реєстрації мікросейсм ΔI_r	0,23	0,74	0,14
5	За усіма методами (консервативна оцінка) ΔI_M	0,49	0,88	0,14

Загальний приріст сейсмічної інтенсивності, відносно початкової, для ґрунтових умов території реконструкції НСК "Олімпійський" за методом сейсмічних жорсткостей ΔI представлений в табл. 1 рядок 3.

Виконання практичних робіт із сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків передбачає також використання методу реєстрації короткоперіодних мікросейсм [29, 32-35], який вважається одним з найбільш ефективних і об'єктивних інструментальних методів СМР при малих термінах проведення польових сейсмологічних вишукувань. Застосування методу ґрунтується на порівнянні параметрів мікроколивань ґрунтів, які збуджуються джерелами природного і техногенного походження на досліджуваній і еталонній ділянках. Ґрунт при цьому розглядається як фільтр, який може змінювати амплітудний і фазовий спектри коливань в сейсмічних хвилях, падаючих на підшву осадового чохла. Прирости сейсмічної інтенсивності визначаються за результатами порівняння амплітуд коливань ґрунтів в пунктах реєстрації на різних ділянках майданчика і на еталонному пункті.

При проведенні робіт виконувалися вимоги розділу 3 РСН 60-86 "Инженерные изыскания для строитель-

ва. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ" [34].

Визначений за методом реєстрації мікросейсм прогнозований приріст сейсмічної інтенсивності для різних таксонометричних одиниць ґрунтів на майданчику представлений в табл. 1 рядок 4.

При оцінці сейсмічної небезпеки території прийнято застосовувати "консервативний" підхід [33], при якому приріст сейсмічної інтенсивності для виділених таксонометричних одиниць необхідно приймати рівним максимальному значенню, визначеному різними методами. З огляду на це, приріст сейсмічної інтенсивності для таксонометричних одиниць ґрунтів на майданчику буде мати значення представлені в табл. 1 рядок 5.

З урахуванням вищенаведеного, розрахована з точністю до сотої долі бала, уточнена з урахуванням впливу локальних ґрунтових умов, сейсмічна інтенсивність для майданчика НСК "Олімпійський" в м. Києві складає

$$I_{RM} = I_{RN} + \Delta I_M:$$

$$\text{для ТО1} - I_{RM} = 5,95 + 0,42 \text{ бала} = 6,37 \text{ бала},$$

$$\text{для ТО2} - I_{RM} = 5,95 + 0,87 \text{ бала} = 6,82 \text{ бала},$$

$$\text{для ТО3} - I_{RM} = 5,95 + 0,14 \text{ бала} = 6,09 \text{ бала}.$$

Оцінка I_{RM} повинна заокруглюватися до цілого числа, так як чинний ДБН В.1.1-12:2006 не передбачає

дробових значень сейсмічної бальності. Він базується на шкалі сейсмічної інтенсивності MSK-64, яка оперує цілими значеннями балів, так само як і її пізніші модифікації, в т.ч. і європейська шкала EMS-98.

Отже, уточнена з урахуванням впливу локальних ґрунтових умов прогнозована інтенсивність сейсмічних струшувань території НСК "Олімпійський" в м. Києві складає:

6 балів за шкалою MSK-64 з допустимим сейсмічним ризиком – 1 % (період повторюваності землетрусу 5000 років) для всієї території розміщення трибун стадіону (ТО1 і ТО3);

7 балів – для території футбольного поля (ТО2). Підвищена сейсмічна бальність тут, в першу чергу, пов'язана з високим рівнем ґрунтових вод.

1. Старостенко В.И., Баран П.И., Барцевский Н.Е., Горлицкий Б.А. та ін. Киев: геология и геофизика окружающей среды и факторы, неблагоприятно на нее влияющие. – Геофиз. журн. Том 23, № 4, 2001. 2. Харитонов О.М., Костюк О.П., Кутас В.В., Пронишин Р.С., та ін. Сейсмичность территории Украины. – Геофиз. журн. – 1996. – 18, № 1. 3. Рейснер Г.И. Очередной урок сейсмическому районированию. – Физика Земли, № 3, 1993. 4. Старостенко В.И., Рыбин В.Ф., Джебо С.В., Звольский С.Т., та ін. Национальный заповедник "София Киевская": геолого-геофизический мониторинг и его результаты. – Геофиз. журн., № 3, Т.27, 2005. 5. Сафронов О.Н. Сейсмоструктурные условия и сейсмическая опасность платформенной части Украины. – Автореф. дис. ... канд. геол. наук – К., 2003. 6. Гарецкий В.Г., Айзберг Р.Е., Аронов А.Г., Карабанов А.К., та ін. Общее сейсмическое районирование Белорусско-Прибалтийского региона // Доклады АН Беларуси. – М., – 1997. – Т. 41. – № 1. 7. Айзберг Р.Е., Аронов А. Г., Гарецкий Р. Г., Карабанов А.К., та ін. Сейсмоструктура Беларуси и Прибалтики. – Литосфера. Науковий часопис. – М., № 7, 1997. 8. Кендзера О.В., Скляр О.М., Гурова І.Ю., Квачук Л.А. – Сейсмічна небезпека території гідрозузла Київської ГЕС. – Вісн. Київ ун-ту. Сер. Геологія. Вип. 26-27. – К., 2003. – С.13-17. 9. Адушкін В.В., Айзенберг Р.Е., Аронов А.Г., Кендзера А.В., та ін. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1 – Петрозаводск, 2007. 10. Ризниченко Ю.В., Друма А.В., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. Сейсмичность и сейсмическая опасность Карпатского региона // Доклады АН Беларуси. – М., – 1997. – Т. 41. – № 1. 11. Кутас В.В. Уровень сейсмической сотрясаемости территории Киева // Геофиз. журн. – 2000. – 22, № 3. 12. Кутас В.В., Омельченко В.Д. Сейсмическая сотрясаемость Киева // Будівельні конструкції. – 2004. – К. Вип. 60. 13. Есеев С.В. Землетрясения Украины. – К. – 1961. 14. Карпатское землетрясение 4 марта 1977 г. и его последствия. – М. – 1980. 15. Пустовитенко Б.Г., Королев В.А., Князева В.С. и др. Распределение интенсивности сотрясений на территории Украины от Карпатского

землетрясения 30 августа 1986 г. // Сейсмол. бюл. западной территориальной зоны единой системы сейсмических наблюдений СССР в 1986 г. – К., 1989. 16. Чекунов А.В., Кутас В.В., Харитонов О.М. Сейсмичность Киева // Геол. журн. – 1991. – № 2. – С. 24-33. 17. Кутас В.В., Омельченко В.Д. Интенсивность сотрясений в ранних районах Киева при карпатском землетрясении 30 мая 1990 г. – Геофиз. журн., т.30, № 3, 2008. – С.34-48. 18. Алказ В.Г. Научно методические основы прогноза сейсмической опасности и сейсмического риска территории Республики Молдова. Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – Кишинев, 2006. 19. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А. Новые карты сейсмического районирования территории Украины. Особенности модели сейсмической опасности // Геофиз. журн. – 2006. – 28, № 3. – С. 54 – 77. 20. Constantinescu L., Enescu D. Cutremurele din Vrancea in cadrul stiintific si tehnologic. – Bucuresti: Editura Academiei Republicii Socialiste Romania, 1985. 21. Сейсмическое районирование территории СССР. (Методические основы и региональное описание карты 1978 г.). /Отв. ред. В.И.Бунз, Г.П., Горшков. – М.: 1980. 22. Сагалова Е.А. Землетрусы Буковины. /В кн.: Каталог карпатских землетрусов, N.7-8 (10-11), 1961-1962. – К., 1964. 23. Кендзера О.В., Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Пронишин Р.С., та ін. Землетрус 3 січня 2002 року у Тернопільському районі Тернопільської області. – Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геологія. Вип. 23-24. 2002. 24. Улюмов В.И. Сейсмогеодинамика и сейсмическое районирование Северной Евразии. – Вестник ОГН РАН, № 1, 1999. – С.1-32. 25. Карта разломно-блоковой тектоники Украинского щита. М-б 1:000000 /Под ред. Г.И. Каляева. – К., 1984. 26. Бондарчук В.Г. Геология Украины. – К., 1959. 27. Рябенко В.А. Особенности тектоники докембрия Украинского щита. Дис. д-р. геол.-мин. наук. – К., 1974. 28. Старостенко В.И., Баран П.И., Барцевский Н.Е., Горлицкий Б.А. и др. Киев: геология и геофизика окружающей среды и факторы, неблагоприятно на нее влияющие // Геофиз. журн. № 4, Т.23, 2001. 29. Державні будівельні норми ДБН В.1.1-12:2006 "Будівництво в сейсмічних районах України". – К., 2006. 30. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – М., 1995. – Вып. 1, 2-3. 31. Annali di geofisica /The Global Seismic Hazard assessment Program (GSHAP), 1992-1999. 32. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства. – М., 1985. 33. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию /Отв.ред. О.В.Павлов – М., 1988. 34. РСН 60-86. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. Госстрой РСФСР. – М.: Мос ЦТИСИЗ Госстроя РСФСР. 1987. 35. РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. Госстрой РСФСР. – М.: Мос ЦТИСИЗ Госстроя РСФСР. 1987. 36. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. – М., 1962. 37. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология, Т1, Т2. – М., 1983. 38. Ляховицкий Ф.М. и др. Инженерная геофизика. – М., 1989. 39. Сафронов О.Н., Симова В.И. Каталог землетрясений и потенциальные сейсмогенные зоны платформенной части УССР // Сейсмологический бюллетень сейсмических станций "Минск" (Плещеницы) и "Нарочь" за 1986 г. ОНТИТИ. – Минск, 1989.

Надійшла до редколегії 27.12.09

УДК 550.552.53.553

І. Безродна, канд. геол. наук

ВИВЧЕННЯ ПЛОЩАДНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ЄМНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ ЗА ДАНИМИ КОМПЛЕКСУ МЕТОДІВ ГДС

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Досліджені можливості визначення площадних закономірностей змін структури пустотного простору складно-побудованих теригенних порід-колекторів за даними ГДС. Визначені концентрації пустот розрахованих форматів, виділені пласти-колектори, оцінені типи колекторів. На картах та об'ємних зображеннях виділені зони розвитку перспективних колекторів по кожному з продуктивних горизонтів.

The possibilities of the determination of areal regularities of the transformation of empty space of composite terrigenous reservoirs are under study on the data of geophysical investigation of the bore holes. Concentration emptiness calculated of formats are defined, roc-collectors beds, the types of reservoirs evaluated. On the maps and three-dimensional images of selected areas of advanced collectors for each of the productive horizons.

Вступ. Приріст видобутку нафти та газу України є однією із важливіших умов поліпшення стану паливно-енергетичного комплексу країни. Його перспективи на території основних нафтогазоперспективних провінцій України пов'язані із пошуками і розвідкою складнобудованих колекторів. У зв'язку із збільшенням глибин досліджень, температур і тисків в інтервалах пошуку та розвідки, присутності складнобудованих типів порід-колекторів наявний комплекс геофізичних досліджень при стандартних методах інтерпретації даних ГДС, особливо при площадних узагальненнях, не дає надійних результатів. Підвищення ефективності геофізичних досліджень в

таких умовах можливе за рахунок застосування нових методичних прийомів інтерпретації даних ГДС.

Постановка проблеми. Площадні дослідження за даними ГДС проводяться в Україні на основі сучасних інтегральних систем інтерпретації ("Геопошук", "Petrel" тощо) [1, 2], але можливості кількісної оцінки структури пустотного простору, оцінка типу пористості в масштабах площі в цих системах обмежені і не завжди дають необхідні результати для визначення закономірностей змін таких властивостей колекторів на площах, що досліджуються.