

Сафронов О.Н.

Институт геофизики НАН Украины

## ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧНІ ТА СЕЙСМОТЕКТОНІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ СЕЙСМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ ПЛАНУВАННІ РОЗМІЩЕННЯ ОСОБЛИВО ВАЖЛИВИХ ОБ'ЄКТІВ В УКРАЇНІ

У роботі відображені геолого-геофізичні та сейсмотектонічні аспекти оцінки сейсмічної небезпеки перспективних місць розміщення особливо важливих об'єктів в Україні з урахуванням державних будівельних норм В 1.1-12:2006. Удосконалення методики виділення зон виникнення вогнищ землетрусів, із урахуванням вищесказаного, дозволить створити основу для оцінки сейсмічної небезпеки території України на новому науково-методичному рівні і більш обґрунтовано вибрати місця розміщення майданчиків для побудови особливо важливих об'єктів.

**Постановка проблеми.** В даний час основним нормативним документом, що визначає будівництво в сейсмічних регіонах України є ДБН В 1.1-12:2006., але цей документ не є нормативним при оцінці сейсмічної небезпеки АЕС та інших екологічно небезпечних і особливо важливих об'єктів. Для них оцінка сейсмічної небезпеки здійснюється як і для АЕС в часових термінах ПЗ (проектний землетрус 1 раз у 100 років) і МРЗ (максимально розрахований землетрус 1 раз в 10 000 років). На рис. 1 наведена Карта ЗСР-2004-С України з періодом повторюваності землетрусів 1 раз в 5000 років, на якій виділені зони з інтенсивністю струсів на середніх ґрунтах в балах шкали MSK-64 від 5 до 10 [1]. Як наголошувалося раніше, будівництво особливо важливих об'єктів в 9–10 бальній зоні заборонено, тому постає питання про оцінку сейсмічної небезпеки від місцевих зон ВВЗ (виникнення вогнищ землетрусів) в 5-ти 8-ми бальних зонах території України, які знаходяться в межах південно-західного краю Східноєвропейської платформи в державних межах України.

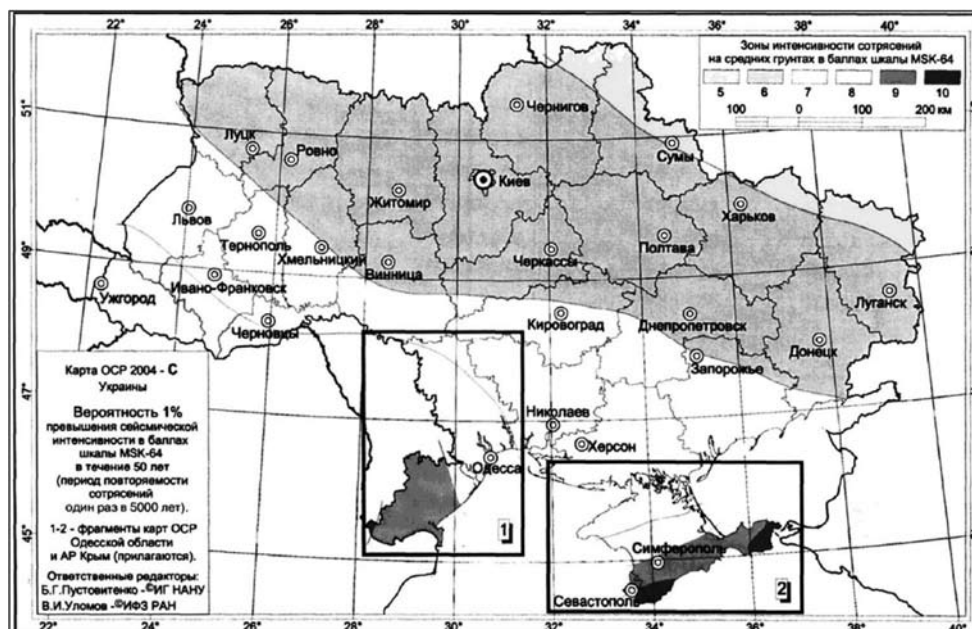


Рис. 1. Карта оцінки сейсмічного ризику території України на 2004 р.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Оцінка сейсмічної небезпеки для платформної території здійснюється таким чином:

1. На основі комплексного аналізу сейсмологічної інформації будується зведений каталог землетрусів для досліджуваної території і прилеглих регіонів.

2. Проводиться комплекс геолого-геофізичних і сейсмологічних робіт по складанню, на єдиній методичній основі, набору карт відповідного масштабу (1:200000–1:1000000), для подальших сейсмотектонічних побудов.

3. Створюється база геолого-геофізичних, сейсмологічних даних. На її основі виділяються геолого-сейсмологічними методами сейсмогенеруючі структури — потенційні зони ВВЗ. Будується карта сейсмотектоніки.

4. На базі карти сейсмотектоніки будується карта зон ВВЗ, а на основі формалізованих і геолого-сейсмологічних методів оцінюються сейсмологічні параметри виділених зон.

5. Складається карта сейсмічного районування досліджуваної території і оцінюється фонові сейсмічна небезпека для ПЗ один раз в 100 років, МРЗ 1 раз в 10000 років.

6. Виконуються дослідження по сейсмічному мікрорайонуванню майданчика і ближньої зони об'єкту в масштабі 1:10000, будується карта СМР. Згідно цієї карти, в межах досліджуваної території, виділяються зони з приростом сейсмічної інтенсивності  $\Delta I=0$  або  $\pm 1$  бал по відношенню до початкової сейсмічності. Оцінюється залишкова сейсмічна небезпека для ПЗ і МРЗ з урахуванням результатів СМР.

7. Для особливо важливих об'єктів на заключному етапі будується ансамбль розрахункових акселерограм, що моделюють сейсмічні дії для ПЗ і МРЗ від землетрусів зони Вранча (або від найближчої сейсмоактивної зони) і від потенційних місцевих зон ВВЗ на майданчик об'єкту [2, 3].

Подібна робота за оцінкою геолого-тектонічних умов і сейсмічної небезпеки АЕС та інших об'єктів, розташованих на платформній частині України, була виконана в Інституті геофізики. Вона виконувалася за вищезгаданою методикою з урахуванням досліджень по порівняльній сейсмотектоніці 7-ми давніх платформ Землі. В межах платформної частини України, на основі порівняльного сейсмотектонічного аналізу, по аналогії з іншими давніми платформами, було виділено 3 сейсмотектонічні провінції: Прикарпатсько-Дністровська ( $M_{\max}=5.5$ ); Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецька ( $M_{\max}=4.5$ ); Північноазовсько-Причорноморська ( $M_{\max}=4.0$ ). Усередині сейсмотектонічних провінцій було виділено 9 сейсмогенних зон ВВЗ (виникнення вогнищ землетрусів) та оцінено їх параметри: Рава-Руська ( $M_{\max}=5.0$ ); Белз-Балучинсько-Рогатинська ( $M_{\max}=5.5$ ); Подільська (Дністровська) ( $M_{\max}=5.0$ ); Північноазовсько-Сивашська і Азовська ( $M_{\max}=4.0$ ); Північносхідна прибортова ( $M_{\max}=4.5$ ); Чернігівсько-Полтавська (Центральна) ( $M_{\max}=3.5$ ); Прип'ятсько-Південнозахідна прибортова ( $M_{\max}=4.5$ ); Новошахтинська ( $M_{\max}$  до 4.5); Донецько-Дебальцівська ( $M_{\max}$  до 4.0) [3].

**Мета роботи.** Починаючи з 90-х років минулого століття за рахунок збільшення кількості сейсмічних станцій і оснащення їх більш якісною цифровою реєструючою апаратурою, з'явилася можливість реєстрації землетрусів більш низького енергетичного класу, ніж раніше. Динаміка сейсмічності платформної частини України і всієї Східноєвропейської платформи (СЄП) істотно змінилася у бік збільшення реєстрації числа сейсмічних подій не тільки в окраїнних частинах платформи, прилеглих до геодинамічно-активних структур, але і в центральній частині платформи. Тільки в межах південно-західного краю СЄП з 2000 року по теперішній час інструментально зареєстровано понад 200 землетрусів, деякі з них сейсмотектонічно пов'язані з геологічними структурами, і можуть становити геодинамічну небезпеку для особливо важливих об'єктів. Каталог землетрусів платформної частини України і прилеглих територій включає 417 землетрусів. Таким чином, сейсмотектонічна обстановка в межах платформної частини України в корені змінюється. В табл. 1 представлені найсильніші землетруси, що відбулися на платформній частині України із 2000 по 2007 рр., тому основною задачею є виявлення геолого-геофізичних і сейсмотектонічних аспектів виділення зон ВВЗ в платформних умовах.

**Таблиця 1.** Найбільш сильні землетруси, що відбулися на платформній частині України протягом 2000–2007 рр.

н/н	Дата	Час	Координати		M	MLH	tb	ML	Io	K	H, км	Джерела
			φ	λ								
1.	2000/01/19	23 09 37.9	47 64	26 72		3.9			-	11.1	0-33	СБУ
2.	2000/01/19	23 19 41	47 60	26 70		2.4			-	8.3	0-33	СБУ
3.	2000/01/19	23 23 39	47 60	26 70		2.4			-	8.4	0-33	СБУ
4.	2000/10/25	14 27 48.3	48 58	27 65		3.0			-	9.4	0-33	СБУ
5.	2001/09/14	14 03 35.2	50 16	26 07		2.4			-	8.3	10.0	СБУ
6.	2002/01/03	17 43 17	49 38	25 58		3.8			-	10.8	6.0	СБУ
7.	2004/05/11	01 37 16	48 16	39 10	3.4Mc	3.4			Ip=5-6	10.2	0.0	СБУ
	2004/05/11	01 37 12.1	48 09	39 34	3.8Ms	4.0		4.2	Ip=5-6	11.2	11.0	СБУ
8.	2005/08/17	06 32 43.8	49 88	27 95		2.7				8.9	5.9	СБУ
9.	2005/10/02	12 15 55.1	49 83	27 72		2.2				7.9	2.8	СБУ
10.	2005/10/04	12 01 22.2	49 17	28 20		2.3				8.1	3.6	СБУ
11.	2005/10/10	12 01 00.8	49 17	28 06		1.9				7.5	2.1	СБУ
12.	2005/10/29	11 44 28.9	49 27	28 02		1.9				7.4	1.6	СБУ
13.	2006/03/12	09 52 17.3	51 01	28 16		2.9				9.2	10.0	СБУ
14.	2006/03/14	15 07 01.3	49 17	26 88		1.4				6.5	6.0	СБУ
15.	2006/07/25	17 06 11.4	50 44	28 99		2.4				8.2	2.5	СБУ
16.	2006/07/28	13 47 38.1	49 20	27 15		2.0				7.6	6.4	СБУ
17.	2006/07/31	09 04 32.8	46 87	36 67		2.8	3.4	3.2	5.0	9.8	20.0	СБУ
	2006/07/31	09 04 32.8	47 00	36 62	3.2Mc	2.8	2.6		5.0	9.8	6-7.0	СБУ
18.	2006/08/04	10 02 10.1	48 92	28 01		1.8				7.2	5.0	СБУ
19.	2006/08/04	12 01 42.3	48 84	28 43		2.1				7.7	6.9	СБУ
20.	2007/04/26	08 27 24.6	50 76	28 55		2.0				7.6	2.0	СБУ
21.	2007/12/08	18 15 19.2	46 93	37 08		2.0				8.4	12.0	СБУ
22.	2007/12/25	04 09 00	47 99	33 54	3.2MSH	2.7	3.8	3.3	5.0	9.6	10.0	СБУ
	2007/12/25	04 09 00	48 03	33 44		3.0			5.0	10.1	~5.5	СБУ(по макрос. дан.)
23.	2007/12/29	16 28 51.5	46 87	36 67	3.0	2.2	1.8			8.8	20.0	СБУ

**Результати досліджень.** Основою для виділення зон ВВЗ в 8–5 бальних ділянках території України можуть бути дослідження по: виявленню геолого-геофізичних і сейсмотектонічних умов місць виникнення сильних землетрусів платформної частини України [4]; по розробці сейсмотектонічної концепції прояву землетрусів на платформній частині України [5]. А також заслуговує уваги методика, яка використовувалася при виділенні сейсмогенеруючих зон і потенційних зон ВВЗ південного заходу України і прилеглих областей [6], в дослідженнях за оцінкою сейсмічної небезпеки південно-західної частини України [6–8]. Можна навести як приклад карту сейсмотектоніки південного заходу України і прилеглих територій (рис. 2).

Роботи по виділенню зон ВВЗ стикаються з численними труднощами як об'єктивного, так і суб'єктивного плану, обумовленими відсутністю чітких уявлень про фізичну природу сейсмічного процесу, властивості реального геологічного середовища, нерівномірністю геолого-геофізичної вивченості окремих регіонів, відсутністю у ряді місць сейсмостатистики за тривалий період часу і представницьких матеріалів інструментальних спостережень, наявністю різних, часто діаметрально-протилежних поглядів на природу

тектонічних рухів тощо. Крім того, існуючі методи виділення зон ВВЗ різко розрізняються за своїми можливостями стосовно різних регіонів. Методи виділення зон ВВЗ можна розділити на дві великі групи: сейсмогеологічні (сейсотектонічні) методи і методи формалізованої обробки геолого-геофізичної і сейсмологічної інформації.

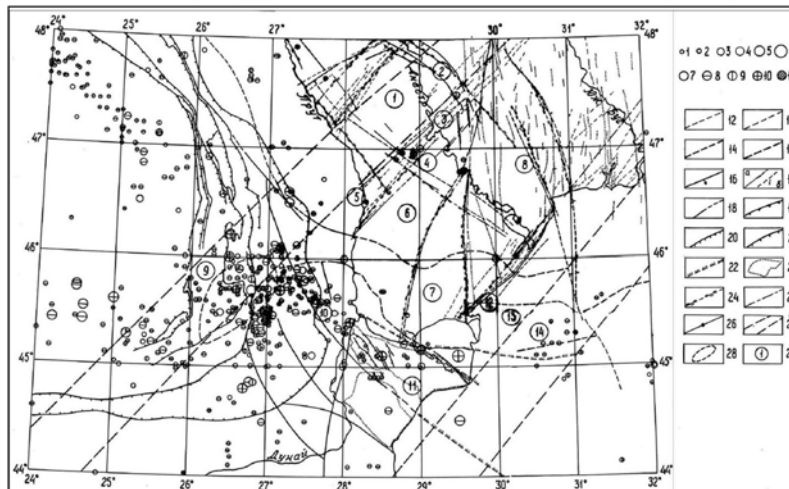


Рис. 2. Карта сейсотектоніки південного-заходу України і прилеглих територій

**Сейсмогеологічні методи.** Сейсмогеологічні методи дозволяють враховувати широкий комплекс геолого-геофізичних ознак: історико-геологічний розвиток регіону; загальну тектонічну обстановку, визначальну новітню геодинаміку; глибину до поверхні «Мохо»; гравітаційні і магнітні аномалії і т.д. В такій ситуації кожна ознака окремо не обов'язково служить свідомством підвищеної сейсмічності, але накладення ознак в межах однієї і тієї ж геологічної структури або регіону, а також прояв в ній сейсмічності, дає формальне право віднести даний регіон до сейсмонебезпечних, а структуру вважати зоною ВВЗ або, якщо за комплексом ознак вона повинна бути віднесена до зон ВВЗ, але в ній не відбулося землетрусів — то таку структуру вважати потенційною зоною ВВЗ.

**Формалізовані методи.** Методи формалізованої обробки геолого-геофізичних матеріалів в різних модифікаціях дають можливість зіставляти сейсмічність різних регіонів на кількісній основі. При формалізованому сейсотектонічному районуванні будь-яких, за сейсмічною активністю, територій набір геолого-геофізичних, сейсмологічних параметрів і їх кількість обумовлено: постановкою задачі; ступенем вивченої території (можливістю отримання різних первинних початкових даних з однаковою щільністю на всю територію) і можливостями самої методики.

Як попередня сейсотектонічна основа для виділення зон ВВЗ платформної частини України може бути використана карта (рис. 3).

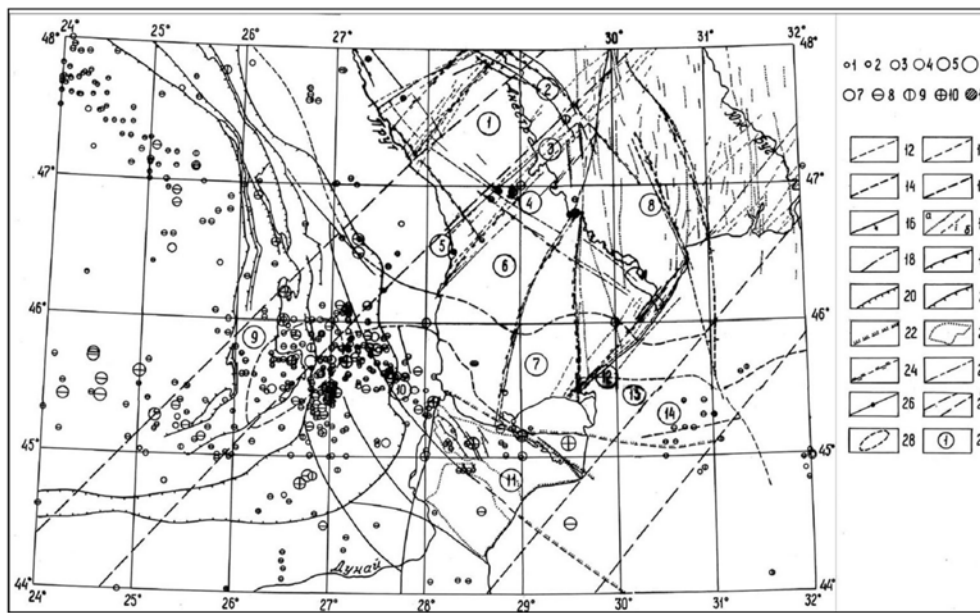
Зони ВВЗ, що виділяються в кожному сейсμοактивному регіоні за комплексом ознак, підпорядковані геометрії довгоживучих сейсμοактивних розломів і включають сейсμοгенеруючі структури трьох типів: сейсмолоінеаменти, домени і потенційні вогнища землетрусів.

Сейсмолоінеаменти — найкрупніші і чітко виражені сейсμοактивні структури, тобто зони ВВЗ в класичному розумінні цього терміну.

Домени — менш значні і менш вивчені сейсотектонічні структури, представляються у вигляді «квазіоднорідних сейсотектонічних областей». Домени, що пов'язані з сейсмолоінеаменами, є доменами першого ряду, а оконтурені за ознаками сейсотектонічної і сейсмічної близькості відносяться до другого ряду і відображають «фонову сейсотектоніку» і сейсмічність.

Потенціальна зона ВВЗ — тектонічно активне розривне порушення, виділене за комплексом геолого-геофізичних ознак, поблизу від якого виявлено і зафіксовано одне або декілька землетрусів, палеосейсморислокацій, а також розривне порушення, що

виділяється не як тектонічно активне, але в межах якого достатньо точно виявлено або зафіксовано одне або декілька землетрусів.



**Рис. 3.** Сейсмотектонічна карта південно-західного краю Східноєвропейської платформи, суміщена з картою сейсмотектонічних провінцій і зон виникнення вогнищ землетрусів

Розривні порушення виділені за комплексом геолого-геофізичних даних і матеріалів космічних зйомок (суцільна лінія — виділені упевнено, пунктиром — імовірно): 1 — краєві шви; 2 — регіональні мантийні, які обмежують крупні блоки докембрійського фундаменту складчастих і платформених структур; 3 — субрегіональні внутрішньокорові; 4 — покриви, насуви, підкиди; 5 — флексурно-розломна зона; 6 — локальні; 7 — межі скибово-насувної зони Передкарпатського прогину; 8 — межі Предкарпатського прогину; 9 — виходи дорифейської складчастої основи на поверхню або область її неглибокого залягання. Елементи структури геофізичних полів: 10 — гравітаційні східці; 11 — межі областей позитивних значень сили тяжіння (і відносних гравітаційних максимумів). Основні зони лінементів, виділені по космічним знімкам: 12 — (трансконтинентальні і регіональні, пов'язані із зонами мантийного закладання, неотектонічно активні): «древні», архейсько-протерозойського закладання; 13 — «молоді» з підвищеною тріщинуватістю з мезозою; 14 — те ж, з палеозою. Параметри землетрусів: 15 — епіцентри землетрусів, що відбулися на території південно-західного краю СЄП з 2001 по 2006 роки.; 16 — градація за магнітудою: 1 —  $M \leq 2.9$ ; 2 —  $3.0 \leq M \leq 3.9$ ; 3 —  $4.0 \leq M \leq 4.9$ ; 4 —  $5.0 \leq M \leq 5.9$ ; 5 —  $6.0 \leq M \leq 6.9$ ; 6 —  $7.0 \leq M \leq 7.0$ ; градація за глибиною: 1 —  $H$  до 8 км; 2 —  $8 \text{ км} \leq H \leq 60 \text{ км}$ ; 3 —  $60 \text{ км} \leq H \leq 300 \text{ км}$ ; 17 — проектування і будівництво АЕС припинено; 18 — діючі і АЕС, що будуються із межами району оцінки сейсмічної небезпеки; 19 — крупні гідроенергетичні споруди із межами району сейсмічної небезпеки, 20 — індекс сейсмогенних зон (зон ВВЗ): 1 — Рава-Руська; 2 — Белз-Балучсько-Рогатинська; 3 — Подільська (Дністровська); 4 — Північноазовсько-Сивашська і Азовська; 5 — Північносхідна прибортова; 6 — Чернігівсько-Полтавська (Центральна); 7 — Прип'ятсько-Південнозахідна прибортова; 8 — Новошахтинська.

### Висновки

Для виділення зон ВВЗ в умовах давньої платформи можна використовувати набір геолого-геофізичних і сейсмотектонічних параметрів, запропонований у роботах [1-8], але з урахуванням створення нової геолого-геофізичної основи масштабу 1:500 000 — 1:1 000 000. Провести ревізію всіх наявних даних про прояв сейсмічності на платформній частині України і скласти єдиний зведений каталог землетрусів.

Геолого-геофізична основа (база даних) для виділення зон ВВЗ повинна включати: дані про глибинну будову земної кори; елементи геофізичних полів, що відображають розломно-блокову будову кори; карту розломної тектоніки, неотектоніки і дані про тектонічну і неотектонічну активність розривних порушень з урахуванням геодинаміки і негеодинаміки території України.

Удосконалення методики виділення зон ВВЗ, із урахуванням вищесказаного, дозволить створити основу для оцінки сейсмічної небезпеки території України на новому науково-методичному рівні і більш обґрунтовано вибирати місця розміщення майданчиків для побудови особливо важливих об'єктів.

Аналіз співвідношення виділених на попередньому етапі досліджень зон ВВЗ і потенціальних зон ВВЗ з неотектонічно активними структурами показує, що сейсмічний потенціал регіону у загальних рисах закономірно зростає в південно-західному напрямі, що обумовлене впливом прилеглого регіону Альпійської складчастості і Чорноморської западини. Півний вплив на сейсмотектонічний потенціал платформної частини України надають неотектонічні процеси в межах Прип'ятсько-Донецької западини.

1. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво у сейсмічних районах України. ДБН В. 1.1-12:2006. — Київ. — 2006. — 84с.
2. Методические рекомендации по составу и методике оценки сейсмических и геодинамических условий действующих энергетических объектов с использованием геотехнологий / [Степанов В.В., Сувилова А.В., Стром А.Л. и др]; под ред. д-ра физ.-мат. н., академика А.И. Савича. — Москва: ЦСГНЭО, 1998. — 135с.
3. Сафронов О.Н. Сейсмотектонические условия и сейсмическая опасность платформенной части Украины. (Для целей размещения объектов атомной энергетики) /Диссертация. ИГФ НАН Украины. — Фонды ВАК Украины. — Симферополь-Киев. — 2005. — 135с.
4. Сафронов О.Н., Бушмакина Г.Н. Геолого-геофизические и сейсмотектонические условия мест возникновения сильных землетрясений платформенной части Украины //В сб. Материалов международной конференции «Уроки и следствия сильных землетрясений» к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму. Сентябрь 25–28. Ялта 2007. — 2007. — С.191–193.
5. Сафронов О.Н., Бушмакина Г.Н. Сейсмотектоническая концепция проявления землетрясений на платформенной части Украины//В сб. Материалы наукової конференції, присвяченої пам'яті фундаторів Карпатського відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України Тараса Зиновійовича Вербицького і Ярослава Станіславовича Сапужака 9–11 жовтня 2007р. — Львів. — 2007. — С.91–93.
6. Сафронов О.Н., Бушмакина Г.Н. Сейсмогенерирующие зоны и потенциальные зоны ВОЗ юго-запада Украины и прилегающих областей//В зб. Наук. Праць. «Будівельні конструкції» — Будівництво в сейсмічних районах України. Вип. 60. — Київ. НДІБК. — 2004. — С. 59–64.
7. Сафронов О.Н., Сейсмотектоника и сейсмичность краевых частей древних платформ на примере юго-запада Восточно-Европейской платформы//В зб. Наук. праць. «Будівельні конструкції» — Будівництво в сейсмічних районах України. Вип. 60. — Київ. НДІБК. — 2004г. — С. 56–58.
8. Сейсмическая опасность юго-западной части Украины / [Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Вольфман Ю.М. и др.] //В зб. Наук. Праць. «Будівельні конструкції» — Будівництво в сейсмічних районах України. Вип. 60. — Київ. НДІБК. — 2004. — С. 114–119.

#### **Сафронов А.Н. ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОСОБО ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В УКРАИНЕ**

*В работе отражены геолого-геофизические и сейсмотектонического аспекты оценки сейсмической опасности перспективных мест размещения особо важных объектов в Украине, с учетом государственных строительных норм В 1.1-12:2006. Совершенствование методики выделения зон возникновения очагов землетрясений, с учетом вышесказанного, позволит создать основу для оценки сейсмической опасности территории Украины на новом научно-методическом уровне и более обоснованно выбирать места размещения площадок для построения особо важных объектов.*

#### **Safronov A.N. GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL AND SEISMOTECTONIC ASPECTS SEISMIC RISK ON PLANNING OF SITING OF ESPECIALLY IMPORTANT OBJECTS IN UKRAINE**

*The work contains geological, geophysical and seismotectonic aspects of seismic hazard assessment for possible sites for extremely important objects in Ukraine, with respect to state construction regulations В 1.1-12:2006. In this connection, perfection of methods of identifying zones of appearing of earthquake focuses will allow to develop seismic hazard assessment in Ukraine and select the sites for extremely important objects on new scientific methodical basis.*