

## СЕЙСМІЧНІСТЬ ОЛЕСЬКОЇ ПЛОЩІ: ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

Проаналізовано сейсмічність Олеської площі та прилеглих територій у межах Львівської області, зокрема, деякі особливості землетрусів у В.Мостах (1875 р.) і Комарно (2007 р.) а також вплив на дану територію землетрусів зони Вранча (зокрема, землетрусу 1838 р.). За зарубіжними даними про вплив методу гідророзриву пласта на сейсмічність зроблено висновки щодо можливих змін сейсмічного режиму цієї території і підвищення можливої загрози для водних ресурсів Львівщини при розробці покладів сланцевого газу.

**Ключові слова:** сейсмічність; Олеська площа; землетрус; ізосейсти; розлом; екологія.

### Вступ

Енергетична незалежність України в майбутньому буде тісно пов'язана з альтернативними джерелами енергії. До них, зокрема, належать поклади сланцевого газу, які в Україні розвідані на Юзівській і Олеській площах. Але у зв'язку з природною сейсмічністю і збільшенням техногенного навантаження, активне освоєння покладів сланцевого газу на цих територіях може загрожувати екологічними проблемами.

Олеська площа займає значну територію Львівської (рис. 1) а також частину Тернопільської та Івано-Франківської областей. Вивчення аспектів впливу землетрусів на дану територію з метою виявлення можливих додаткових екологічних ризиків є важливим науково-практичним завданням для науки. Оскільки, Олеська площа займає центральну частину Львівщини, то її сейсмічність та пов'язані з цим можливі екологічні виклики і є предметом досліджень.

Грунтуючись на даних нових геологічних та геофізичних досліджень, методик дослідження вогнищ землетрусів ([Дослідження..., 2005; Крупський, 2001; Горбунова, 1981] та ін.) і даних з розширеної мережі сейсмічних спостережень у регіоні, досліджено деякі характерні риси сейсмотектонічного процесу на території Львівської області, що стане основою для того, щоб проаналізувати екологічні ризики для сталого розвитку Львівської області при розробці тут покладів сланцевого газу.

### Аналіз літературних джерел

Експерти з університету Колумбії і Оклахоми вказують на прямий зв'язок між розробкою покладів сланцевого газу і збільшенням кількості землетрусів у ряді штатів США: так в 11 разів збільшилась кількість землетрусів силою до 5 балів у районі Скалистих гір, у 25 разів – у Оклахомі. Близько 50 землетрусів з  $M=3$  за 8 місяців розробки сланцевого газу зафіксовано у місті Блекпул (Англія). Фірма-розробник у своєму звіті вказала на очевидний зв'язок між процесами буріння і сейсмічністю [Geo-mechanical..., 2011]. Дослідники з університету Колумбії [Keranen et al., 2013] вважають, що довготривале використання методу гідророзриву пласта (ГРП) може негативно вплинути на розломи земної кори.

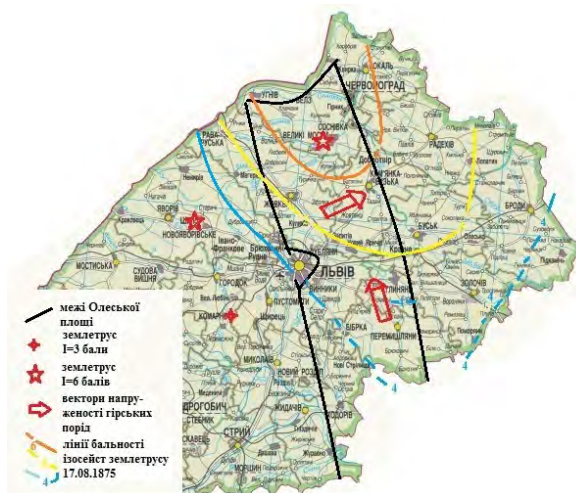
Карпатський регіон України, до складу якого входить Львівська область, відзначається нерівномірною сейсмічною активністю. Основна кількість землетрусів великих енергій ( $E=10^{12}$ ) відбувається

у Закарпатському прогині, ця сейсмічність має свої просторово-енергетичні особливості [Дослідження..., 2005; Мельничук, 1982; Назаревич А., Назаревич Л., 2004]. Трохи менша кількість землетрусів (і в основному невеликої енергії) відбувається у гірській частині Карпат та у Передкарпатті, аналіз розташування вогнищ цих землетрусів дав змогу виявити основні сейсмогенні зони та структури на цій території [Назаревич Л., Назаревич А., 2012], які певним чином кореспондуються з історією геодинамічного розвитку цього субрегіону. Сейсмічність західної платформної частини України (де розташована Олеська площа) слабкіша, ніж у Закарпатті, оскільки ця територія розташована на слабосейсмічних Східноєвропейській і частково на Західноєвропейській платформах, вона не покрита великою кількістю пунктів сейсмічних спостережень, а відтак немає змоги надійно фіксувати координати і глибини землетрусів класу  $K \leq 7$ . Історичні землетруси цієї території проаналізовані у ряді праць (наприклад, [Євсеев, 1961; Мельничук, 1982; Кендзера, Пронишин, 1997] та ін.).

### Геодинаміка і тектоніка територій

Сейсмічність досліджуваної території зумовлена як глобальними, так і локальними геодинамічними процесами. Глобальна складова пов'язана з процесами втягування Східноєвропейської платформи і зони її зчленування з молодією Західноєвропейською у деформаційні процеси, що відбуваються в Альпійсько-Середземноморському сейсмоактивному поясі і в прилеглих тектонічних структурах, які можуть спричинити сильні землетруси на цій території. Локальна – спричинена в основному процесами у мантиї, карстовими явищами. За даними GPS спостережень ця частина території, як і весь Карпатський регіон, зазнає стиску в напрямку, перпендикулярному до Карпат. Діаграми тріщинуватості порід у районі Бібрка-Винники Львівської області також вказують на таку обстановку. Вектори напружень у породах цього району мають напрямок з південного заходу на північний схід, і з південного сходу на північ [Крупський, 2001].

Тектонічно територія Олеської площі розташована у межах південно-західної Волино-Подільської окраїни Східноєвропейської платформи, по якій проходять Рогатинський, Сокальський, Белз-Балучинський, Рава-Руський, Ямпільський та інші розломи, що розбивають фундамент регіону на різноглибинні блоки [Харкевич, Місюра, 2011].



**Рис. 1.** Землетруси у зоні Олеської площі (Львівська область)

### Сейсмічність досліджуваної території

Аналіз історичних даних [Евсеев, 1961] показав, що на території Львівської області були зафіксовані місцеві землетруси з силою струшувань в епіцентрі  $I_0=6$  балів: Шкло, 1670; В. Мости, 1875. (рис. 1). За нашими дослідженнями тектонічна позиція вогнища землетрусу 1670 р. знаходилась у зоні впливу Городоцького і Андрушівського розломів на краю Шкло – Велико-Любінського морфо-структурного неотектонічного вузла, який характеризується підвищеною активністю сучасних рухів земної кори. Вогнище землетрусу охоплює зону найвищих сумарних амплітуд голоценових піднять (+16 м). У 1875 р. на  $H=15-30$  км з силою  $I_0=6$  відбувся землетрус у Великих Мостах. Тектонічна позиція вогнища складна: 6-, 5-, і 4-бальні ізосейсти витягнулись з півночі на південь і південний схід уздовж Великомоствівського розлому, а в районі с. Угнів – з північного сходу на захід (рис. 1), ця частина плестосейстової області розташована у зоні впливу Червоноградського і Белз-Балучинського розломів. Вогнищева зона землетрусу розташована в середині активного морфо-структурного неотектонічного вузла (сумарна амплітуда голоценових піднять +11 м), який оконтурюється Червоноградським, Андрушівським, Рогатинським, Бердо-Нароль розломами. По лінії Бердо-Нароль найвищі сумарні амплітуди голоценових піднять (+16 м) і вздовж неї у напрямку м. Чернівці даний землетрус відчувався як 4 бальний.

Ще один землетрус з магнітудою  $M=2.3$  відбувся у 2007 р. поблизу с. Комарно Львівської області. Його зареєстрували сейсмічні станції України і Словаччини. Тектонічна позиція вогнища цього землетрусу є такою – субвертикальний регіональний ступінчастий Городоцький розлом з впливом локального субвертикального розриву, який його перетинає на глибині приблизно  $6\div 7$  км, що добре узгоджується з глибиною гіпоцентру даного землетрусу ( $H=6,2$  км). Вогнище цього землетрусу розташоване в районі максимальних амплітуд голоценових опускань (-2 м). Для дослідження процесів розривоутворення у вогнищі цього землетрусу за відомою методикою [Горбунова,

1981] побудовано азимутальний годограф  $\tau=f(A_z)$  у різних щодо вогнища землетрусу азимутах. Отриманий годограф  $\tau=f(A_z)$  має два максимуми, що свідчить про два напрямки поширення розриву. Азимут першого максимуму  $A_z=120^\circ$ , а другого –  $A_z=260^\circ$ . Отже, напрямком поширення розривів: перший – в азимуті  $300^\circ \pm 10^\circ$ , другий –  $80^\circ \pm 10^\circ$ . Зіставлення цих даних і даних тектонічної карти району [Тектонічна..., 2004] вказує на те, що основний і більший за розміром розрив співпадає у плані з напрямком Городоцького розлому, а другий, меншої довжини, має напрямком одного з векторів напружень у гірських породах земної кори.

Територія Львівської області зазнає також впливу землетрусів зони Вранча [Кендзера, Пронишин, 1997]: 5-бальні ізосейсти від землетрусів 1838 та 1990 рр., 4-бальні від землетрусу 1986 та 1940 рр. 5-бальна ізосейта руйнівного землетрусу 1838 р., за даними цих авторів, пролягають на схід від Олеська. За архівними даними, цей землетрус був руйнівний для Олеського замку, який стоїть на великому пагорбі, довкола якого текла річечка Ліберція. Його фортифікаційні мури товщиною до 2,5 м і висотою до 7 м були дуже зруйновані зі східної сторони, звідки набігали сейсмічні хвилі від цього землетрусу. У 1890 р. у замку проводились ремонтні роботи, у тому числі щодо ліквідації наслідків вказаного землетрусу – були підперті контрфорсами вали та мури, перекриті дахи, тощо. Оскільки пошкодження були значні, є підстави вважати, що землетрус зони Вранча 1838 р. проявився в районі Олеського замку не 5-бальними струшуваннями, а не менш як 6-7-бальними за шкалою EMS-98. Очевидно, що тут також проявились певні особливості будови геосередовища (а можливо, і локальної геодинаміки), які на 1-1,5 бала посилювали сейсмічний ефект землетрусу 1838 р.

### Екологія

Вогнища землетрусів Львівської області знаходяться в зонах аномальних вертикальних неотектонічних рухів (піднять і опускань), їх вогнищеві зони оконтурюються системою тектонічних розломів. Відомо ([Geo-mechanical..., 2011: Keranen et al., 2013] та ін.), що розробка покладів сланцевого газу методом ГРП за рахунок зміни геомеханічних характеристик порід у районах розробок та їх напружено-деформованого стану може бути головним чинником збільшення кількості землетрусів силою від 3 балів і більше (у раніше асейсмічних районах США зареєстровані землетруси силою до 5 балів за шкалою Ріхтера (до 6 балів за шкалою EMS-98.), а також може стати тригером (спусковим механізмом) для тектонічних землетрусів відчутної сили, таких як згадані вище землетруси зони Олеської площі у Львівській обл. Враховуючи густу заселеність території а також наявність тут нафто- і газопроводів міжнародного значення, наслідки від збільшення кількості наведених сейсмічних подій і спровокованих відчутних тектонічних землетрусів можуть завдати значних матеріальних збитків цьому регіону і не тільки йому.

І ще один аспект – гідрогеологічний – Олеська ділянка розташована у двох артезіанських басей-

нах: Волино-Подільському і Передкарпатському. Тут на глибині 300-350 м сформувалась зона прісних вод, які є основними для водопостачання області, у глибших горизонтах наявні мінералізовані води хлоридного складу [Харкевич, Місюра, 2011], курорти Шкло, Любін Великий, Немирів та їх басейни мінвод безпосередньо прилягають до Олескої ділянки. А дослідники [Keranen et al., 2013] вказують, що у міру витиснення з порід сланцевого газу доводиться збільшувати тиск закачування води з хімічними реагентами, а у міру росту тиску води відбувається збільшення тріщинуватості середовища і виникає загроза прориву технологічних вод у розломи земної кори, які знаходяться у зоні родовищ сланцевого газу, і міграції по них у вертикальному та латеральному напрямках, що становить пряму загрозу прісноводним та мінеральним басейнам регіону.

### Висновки

Отже, тектонічна роздробленість земної кори регіону, існуюча природна і спричинена застосуванням методу ГРП додаткова тріщинуватість порід, активні неотектонічні рухи будуть сприяти інтенсивному водообміну між горизонтами питних і мінералізованих вод (основні резервуари питних і мінеральних вод регіону за [Харкевич, Місюра, 2011] лежать у безпосередній близькості від розломних зон) та забруднених хімічними реагентами технологічних вод при добуванні сланцевого газу, що несе загрозу для водних ресурсів Львівщини. Тому наведені тут дані досліджень необхідно враховувати для уточнень характеру та рівня сейсмічної небезпеки і екологічних загроз для даної території при розробці покладів нетрадиційних ресурсів а також сталого розвитку регіону.

## СЕЙСМИЧНОСТЬ ОЛЕСКОЙ ПЛОЩАДИ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Л.Е. Назаревич

Проанализированы землетрясения Олеской площади и прилегающих территорий в пределах Львовской области, в частности, некоторые особенности землетрясений в В. Мостах (1875 г.) и Комарно (2007 г.), а также влияние на данную территорию землетрясений зоны Вранча (в частности, землетрясения 1838 г.). По зарубежным данным о влиянии метода гидроразрыва пласта на сейсмичность сделаны выводы о возможных изменениях сейсмического режима этой территории и повышения возможной угрозы для водных ресурсов Львовщины при разработке залежей сланцевого газа.

**Ключевые слова:** сейсмичность; Олеская площадь; землетрясение; изосейсты; разлом; экология.

## SEISMICITY OF OLESKY AREA: ECOLOGICAL ASPECTS

L.Ye. Nazarevych

Earthquake of Olesky area and surrounding areas within the Lviv region and in particular some features of earthquakes in V. Mosty (1875) and Komarno (2007) as well as influence on a given territory from Vrancea zone earthquakes (in particular, the earthquake in 1838) are analyzed. According to foreign reports about the influence of the method of hydraulic fracturing on seismicity the conclusion about possible changes of seismic regime of the area and increase the possible danger to water resources of Lviv region from shale gas extraction were made.

**Key words:** seismicity; Olesky area; earthquake; isoseists; fault; ecology.

### Література

- Горбунова И.В. Определение протяженности очага и направление разрыва по волновой картине на сейсмограмме / ДАН СССР. – М.– 1981. – Т. 261, 3. – С. 836-839.
- Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат / Під ред. В.І. Старостенка. – К.: Наук. думка. – 2005. – 254 с.
- Евсеев С.В. Землетрясения Украины. – К.: Изд-во АН УССР. – 1961. – 76 с.
- Кендзера О., Пронишин Р., Бень Я. Сейсмічна небезпека Передкарпаття // Праці НТШ.– Львів. – 1997. – Т. 1. – С. 104-113.
- Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. – К.: Укр ДГРІ, 2001. – 144 с
- Мельничук М.И. О генетической связи сейсмических процессов с тектоникой Карпатского региона // Геофиз. журн. – 1982. – Т. 4, № 2. – С. 34-41.
- Назаревич А.В., Назаревич Л.Е. Геодинаміка літосфери заходу Закарпаття за комплексом даних // Геодинаміка. – 2004. – № 1(4). – С. 45-53.
- Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Сейсмічність і деякі особливості сейсмотектоніки Українських Карпат // Геодинаміка. – 2012. – № 1(12). – С. 145-151
- Тектонічна карта Західного нафтогазоносного регіону України. – К.: УкрДГРІ. – 1994.
- Geo-mechanical Study of Bowland Shale Seismicity. – Cuadrilla Resources, 02.10.2011.
- Keranen K.M., Savage H.M., Abers G.A. and Cochran E.S. Potentially induced earthquakes in Oklahoma, USA: Links between wastewater injection and the 2011 Mw 5.7 earthquake sequence // Geology. – 2013, v. 41. – P. 699-702.