

УДК 550.348(477)

ШАПАР А.Г., чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., директор Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна

ПІГУЛЕВСЬКИЙ П.Г., д-р геол. наук, головний науковий співробітник відділу антропогенних змін геологічного середовища Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна

СВИСТУН В.К., директор Дніпропетровської геофізичної експедиції “Дніпрогеофізика”, м. Дніпропетровськ, Україна

ТЯПКІН О.К., д-р геол. наук, заступник директора з наукової роботи Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна

КИРИЛЮК О.С., здобувач Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна

ВИВЧЕННЯ АКТИВІЗАЦІЇ ПРИРОДНОЇ СЕЙСМІЧНОСТІ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ (НА ПРИКЛАДІ КРИВБАСУ)

Показано розвиток системи реєстрації та аналізу неординарних сейсмічних подій в межах техногенно навантаженого Кривбасу. Виконано аналіз та узагальнення даних про сучасні місцеві сейсмічні події в цьому районі для встановлення їх природи.

Ключові слова: природна сейсмічність, сейсмічний моніторинг, техногенні землетруси, тектонічні рухи.

Вступ

Зростання масштабів господарської діяльності людини, бурхливий розвиток науково-технічної революції посилюють негативний вплив на природу та призводять до порушення екологічної рівноваги на планеті. З одного боку, природне середовище, його географічні, геологічні, геофізичні, кліматичні та інші особливості, виявляють значний вплив на суспільний розвиток людства. Ці чинники можуть прискорювати або уповільнювати темпи розвитку країн і народів, впливати на суспільний розвиток праці. З іншого боку, суспільство впливає на природне середовище. Історія людства свідчить як про благотворний вплив діяльності людей на природу, так і про згубні її наслідки. І зараз у суспільстві все більше зростає розуміння – що єдиним безальтернативним шляхом є перехід на засади сталого розвитку. Такий розвиток передбачає створення повноцінного життєвого середовища для сучасного та наступних поколінь на основі його

соціально, економічно та екологічно збалансованого розвитку шляхом раціонального використання ресурсів (природних, трудових, виробничих, науково-технічних, інтелектуальних тощо), технологічного переоснащення і реструктуризації підприємств, удосконалення соціальної, виробничої, транспортної, комунікаційно-інформаційної, інженерної, екологічної інфраструктури, поліпшення умов проживання, відпочинку та оздоровлення, збереження і збагачення біологічного різноманіття та культурної спадщини [1]. З огляду на це, швидке зростання навантаження на природне середовище і споживання природних ресурсів, збільшення обсягу відходів, що викидаються, та деградація довкілля зумовлює різке підвищення уваги, зокрема, до геолого-геофізичних аспектів цих проблем. Встановлено, що розвиток біосфери в цілому та її компонентів – біологічних таксонів, зокрема – людини, узгоджується зі змінами геолого-геофізичних умов на Землі, тобто корелюється з природними циклами. Це підтверджується результатами конкретних досліджень, наприклад – одночасність критичних подій у суспільстві

© Шапар А.Г., Пігулевський П.Г.,
Свистун В.Г., Тяпкін О.К.,
Кирилюк О.С., 2014

(революцій, епідемій та інших) і геолого-геофізичних явищ (північних сьвів у південних районах, землетрусів, вивержень вулканів та інших), а також у ході численних планованих багаторічних досліджень синфазності і синхронності різних біологічних, фізико-хімічних і геофізичних явищ, що відбуваються в різних частинах Землі [2].

Геологічне середовище нелінійне та мінливе не тільки у просторі, а й у часі. Зокрема його нелінійність полягає в тому, що воно здатне потужно і неадекватно реагувати на відносно слабкі впливи. Про це свідчать численні факти зв'язку ендегенних і екзогенних геологічних процесів з припливами (пружно-в'язкими деформаціями Землі, викликаними гравітаційним впливом Місяця і Сонця) і з антропогенними впливами. Останнє особливо важливо у світлі оцінки сучасного розвитку виробничих сил, у т.ч. концентрації промислових об'єктів, інтенсифікації енергомасообміну між природними і техногенними системами і відхилення від норми деяких геоекологічних параметрів.

Але зараз участь геологів і геофізиків у вирішенні проблем раціонального природокористування та екологічної безпеки має свої специфічні особливості, пов'язані з тим, що вивчення небезпечних природних і техногенних явищ і процесів (зсуви, просадки, скидання відходів великих підприємств, викиди та ін.) відбувається, як правило, вже після того, як вони стають реальністю. Тому ці роботи носять здебільшого констативний, постфактний характер і полягають у вивченні обставин небезпечних подій, їх причин і

видаванні рекомендацій по виключенню (мінімізації) їх наслідків. В той же час можливість участі геологів і геофізиків не тільки у вирішенні, але і в попередженні проблем техногенної безпеки може бути, як більш широкою, так і більш прогностичною.

Основна мета роботи полягає в вивченні за даними започаткованих інструментальних спостережень активізації природно-техногенної сейсмічності, яка може мати небезпечні соціо-еколого-економічні наслідки в умовах техногенно-навантажених територій (на прикладі Криворізького залізрудного басейну). Останній є надзвичайно техногенно навантаженою територією. І тут дуже важливе визначення спроможності конкретних геосистем витримувати те або інше техногенне навантаження. При цьому важливо знати – які зміни (в першу чергу, геодинамічні) будуть відбуватись стрибкоподібно (та чи мають вони циклічний характер), а які зміни мають стабільно еволюційний характер. Тут процеси інтенсивного видобутку руди супроводжуються широкомасштабними екологічно небезпечними подіями геомеханічної природи, що призводить до утворення підземних техногенних порожнин, провальних-зсувних та інших явищ. Крім того підвищився рівень місцевої сейсмічності, пов'язаний з геодинамічними процесами в зонах тектонічних порушень земної кори та потужними вибухами в шахтах та кар'єрах. Визначення природи та дослідження розвитку сучасних сейсмічних подій на цій території неможливо без організації відповідної системи моніторингових спостережень.

Повільні та швидкі сучасні тектонічні рухи

Одними з найбільш руйнівних та небезпечних є катастрофи тектонічного походження. У зв'язку з цим при вирішенні проблем раціонального природокористування та екологічної безпеки кардинальне і ключове значення, для розуміння всіх процесів в надрах Землі і на її поверхні, має проблема вивчення тектонічних рухів, які створюють різноманітні структури в земній корі і викликають різні за масштабом катастрофи і катаклізми: землетруси, вулканічні явища, зсуви та ін. У силу історично сформованої наявності на деяких з цих ділянок екологічно небезпечних об'єктів (підприємств військово-

промислового та ядерно-паливного комплексів, продуктопроводів токсичних речовин, ставків-нагромаджувачів (накопичувачів) і відстійників підприємств гірничодобувної й обробної промисловостей), природні і техногенні аварії і катастрофи можуть викликати тут нові, ще більш важкі екологічні катастрофи. Тому в основі вирішення будь-яких проблем раціонального природокористування та екологічної безпеки повинно бути попереднє геолого-геофізичне вивчення екогеодинамічних особливостей (тектонічної будови і рухів) досліджуваних територій [3, 4]. При цьому, на відміну від традиційної

геодинаміки, яка вивчає прояви ендегенної діяльності Землі, основними питаннями екогеодинаміки є екологічні наслідки природних і техногенних катастроф.

Прояви сучасних тектонічних рухів різноманітні по своєму типу, кінематичним формам, механізму виникнення; їх інтенсивність і спрямування можуть змінюватися за дуже короткі проміжки часу. Ці рухи зумовлюють зміни в напруженому стані земної кори, вертикальних і горизонтальних переміщеннях неоморфоструктур, формах рельєфу та рельєфоутворюючих процесах, ландшафтах, осадконакопиченні, геофізичних полях, геохімічних процесах та ін. На ділянках підвищеної тектонічної активності сучасний рельєф характеризується інтенсивною розчленованістю та частою яровобалочною мережею. Сучасні рухи відбивають здебільшого розломно-блокову будову земної кори. Зчленування блоків відбувається по розломах, що виділяються високими градієнтами рухів. При цьому в полях сучасних тектонічних рухів знаходять своє відображення блоки, що вимірюються як сотнями й тисячами км², так і кілометрами й сотнями м². Встановлено, що ділянки земної кори, розташовані навіть в безпосередній близькості одна від одної, неоднаково реагують на процеси деформації та зміни напруженого стану [5].

Важливим рельєфоутворюючим чинником є тісний взаємозв'язок горизонтальних і вертикальних рухів земної кори. Зміна інтенсивності та знаку цих рухів відбувається часто за дуже короткі проміжки часу (5-7, 12-15, 30-36, 50-60, 100-150 років). Причому по наявним інструментальним даним, швидкість горизонтальних переміщень часто на порядок вище вертикальних [5-6].

Існує тісний взаємозв'язок проявів повільних (вікових) і швидких (сейсмічних) рухів [5]. Накопичування напружень в земній корі супроводжується зміною інтенсивності або знаку сучасних рухів у вигляді аномального ходу на тлі низькочастотної вікової тенденції. Землетруси звичайно випереджаються аномальним прискоренням вертикальних підіймань, а нерідко й горизонтальних зміщень. Між розмірами цих аномалій, їх амплітудою та інтенсивністю землетрусів

існує взаємозв'язок [7]. Період підготовки землетрусів для великих морфоструктур вимірюється роками, для локальних зон він може скорочуватися до декількох місяців і навіть днів.

Підвищення частоти небезпечних процесів, що спостерігається в теперішній час, пов'язано, з одного боку, з удосконаленням реєстраційно-інформаційного забезпечення, а з іншого боку – з ростом освоєння і заселеності раніше менш придатних для проживання районів, збільшенням потужності техносфери й ускладненням її елементів, зміною природного фону «провокування» небезпечних подій. Так зокрема відомо, що за останні 200 років в межах Східноєвропейської платформи (СЄП) відбулося більш 120 землетрусів: від досить сильних, параметри яких визначені макросейсмічними даними, до порівняно слабких, що реєструвалися в останні десятиріччя сейсмічними станціями України, Молдови та Росії. Як правило, землетруси на СЄП характеризуються $M \leq 3-5$ та інтенсивністю (бальністю) до 4-5. В той сам час на цій платформі зареєстровані сейсмічні події з $M > 5$ [8-10]. В межах території підвищеної сейсмічної небезпеки півдня України знаходяться об'єкти ядерно-паливного циклу України, металургійні та хімічні комбінати, шахти, водосховища, великі міські агломерації, що розвивалися без врахування можливої місцевої сейсмічності [11]. Суміщення в часі макро- та мікросейсмічних процесів із різноманітними техногенними або природними явищами можуть стати спусковим механізмом як локальних, так і регіональних катастроф. Наприклад, відомо [12], що за 16 секунд до першого вибуху 26.04.1986 р. на Чорнобильській АЕС відбулася сейсмічна подія з $M=1,4$ з епіцентром поблизу станції (~10 км). В результаті вібраційнонезахищена система IV блоку станції під час технологічного випробування зазнала сейсмічного впливу, що з урахуванням резонансних ефектів призвело до неможливості введення графітових стрижнів-поглиначів в реактор, зупинки процесу розгону реакції й відвертання інтенсивного виділення газів та їх вибуху.

Сучасна геодинамічна характеристика Східноєвропейської платформи та Криворіжжя

Надзвичайно неоднорідна глибинна геологічна будова і роздробленість земної кори південного заходу ССП визначається інтенсивним розвитком глибинних розломів, що йдуть у верхню мантію, виявлених за даними сейсморозвідки і гравіметрії, підтверджених матеріалами електророзвідки – як зони аномально високої провідності на всю товщу земної кори. Характерною рисою цієї території є зона підвищеної потужності літосфери й аномального підняття поверхні хвилеводу у верхній мантії діагонального напрямку приблизно по лінії Бухарест-Кишинів-Кіровоград-Харків (за даними Сологуба В.Б., 1985). Ця зона знаходить своє відображення й у даних про сучасні вертикальні рухи земної кори. Середнє значення швидкості підймань і опускань ССП складає 2-4 мм/рік. Максимальні значення швидкості підймань досягають 8-10 мм/рік. Зазначеній вище зоні, в межах України, відповідає зона відносного опускання зі швидкістю 1-2 мм/рік, що розділяє великі зони підймань: Естоно-Карпатську (що тягнеться від узбережжя Фінської затоки до Молдови) і Середньоруську (яка охоплює височину тієї ж назви, а також райони Донецького кряжа і Приазовського масиву). Кривбас знаходиться на південно-східній межі цієї зони. Точніше геотектонічне положення Кривбасу можна визначити як середню частину Західно-Інгулецько-Криворізько-Кременчуцької шовної зони (ЗІККШЗ), для якої характерна підвищена тектонічна активність у сучасну епоху. Напруги, що обмірювались в гірничих виробках центральної частини цієї зони методом повного розвантаження показали, що тектонічні розломні зони характеризуються підвищеними напругами, які пов'язані із сучасними рухами земної кори. У сучасній активізації цієї зони основну роль грає Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом (ККГР). Для інструментального вчення сучасних рухів земної кори уздовж його, в 1960-і роки був створений стаціонарний геодинамічний полігон. Дослідження показали, що розломові відповідає зона аномально високих значень швидкості цих рухів – до 10 мм/рік (що в певні роки є практично абсолютним максимумом для південно-західної частини

ССП). Причому, по різні сторони від ККГР земна поверхня піднімається з різною швидкістю: на захід від р. Інгул – до 11 мм/рік, а на схід – до 5 мм/рік. Встановлено, що значення швидкості сучасних вертикальних рухів, отримані за різні проміжки часу уздовж однієї лінії спостережень (вимірів), розрізняються за величиною і навіть за знаком. Зміна знаку рухів виникає за короткі проміжки часу (5-15 років), а у вертикальних рухах земної кори присутня компонента зміни напрямку з періодичністю близькою до одного року та амплітудою до 12 мм/рік. Значні зміни модулів і напрямків векторів зсувів указують на диференційований характер горизонтальних рухів по всій площі району (до 3-10 мм/рік), що у свою чергу свідчить про наявність зон стискання і розтягнення, пов'язаних з розривними порушеннями і блоковими рухами.

Разом з проявами відносно повільних сучасних рухів тут також зафіксовано прояви швидких (сейсмічних) сучасних рухів. В зоні впливу ККГР [11,13] та ЗІККШЗ [14] упродовж останніх двох десятиліть було зареєстровано ряд землетрусів [15-17], М для більшості з них не перевищує значення 4,0. Епіцентри землетрусів: 24.05.1996 р. (08 год. 59 хв., (UTC) $M = 3,3$); 21.05.2001 р. (01 год. 53 хв., $M = 3,7$); 12.02.2002 р. (12 год. 12 хв., $M = 3,7$) відповідно до координат, приведених в різних каталогах (EMSC, ISC), знаходяться в межах ЗІККШЗ. Вогнище землетрусу, який стався 9.12.2000 р. (12 год. 20 хв., $M = 3,9$) у районі Кривого Рогу, розташоване у верхній частині земної кори на глибині 10 км і, згідно з приведеними координатами епіцентру (дані ISC), знаходиться на відстані 3 км від ККГР.

Також слід зазначити, що разом із сейсмічними подіями природного (тектонічного) походження в Кривбасі останнім часом неодноразово фіксувались сейсмічні події, припустимо техногенного походження. Так, зокрема, ще не з'ясовано походження землетрусів 25.12.2007 р. і 14.01.2011 р. – техногенне, техногенно-тектонічне чи суто тектонічне. Ці сейсмічні події виникли в ранковий час доби, коли проводяться найбільш потужні вибухи на гірничих підприємствах.

Але даних відносно проведення вибуху о 04 годині (час в форматі UTC) 25.12.2007 р. немає, а інформація щодо вибуху 14.01.2011 р. о 05 годині (UTC) неоднозначна [18-19]. Підставою для припущення про тектонічну природу цих землетрусів в районі м. Кривий Ріг став останній, який відбув-

ся 23.02.2013 р. в 21 год. 16 хв. (UTC) [15,19,20], а також дані про механізм землетрусу 25.12.2007 р. [16,21]. Крім того записи сейсмічних подій 25.12.2007 р., 14.01.2011 р. [17] та 23.06.2013 р. [15,19] майже однакові і відрізняються від записів вибухів.

Організація локального сейсмічного моніторингу в Кривбасі

Повторюваність сейсмічних подій в даному районі поставила перед сейсмологами задачу про необхідність постійного спостереження за напружено-деформаційним станом середовища території Кривбасу. Для забезпечення оптимальної і надійної системи реєстрації та аналізу сейсмічних подій, а також для з'ясування їх природи Інститутом геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (ІГФ НАНУ) і Дніпропетровською геофізичною експедицією «Дніпрогеофізика» (ДГЕ «Дніпрогеофізика») в м. Кривий Ріг (вул. Геологічна, 2а) в жовтні 2012 року була організована оперативна служба сейсмічних спостережень в безперервному он-лайн режимі із використанням сейсмічної станції UK15 розробки ІГФ НАНУ [20,22]. За своїми технічними властивостями вона розроблена саме для реєстрації сейсмічних подій

такої природи. Для її розміщення був обладнаний постамент і підведена мережа Інтернет для безперервної передачі цих сейсмічних записів в Національний центр сейсмологічних даних ІГФ НАН України.

За термін роботи станції в Кривому Розі вже зареєстровано декілька локальних сейсмічних подій різної геомеханічної природи [23,24]. Так за період з жовтня 2012 р. по квітень 2014 р. було зафіксовано 2 сейсмічні події 28.11.2012 р. (рисунок 1) і 23.06.2013 р. (рисунок 2), а також - ряд сильних вибухів, як наприклад 31.03.2013 р. (рисунок 3). Основні результати їх обробки наведено в таблиці 1. Зокрема аналіз запису сейсмічної події 28.11.2012 р. та його математична обробка дозволили віднести її до місцевого землетрусу з магнітудою 3,1.

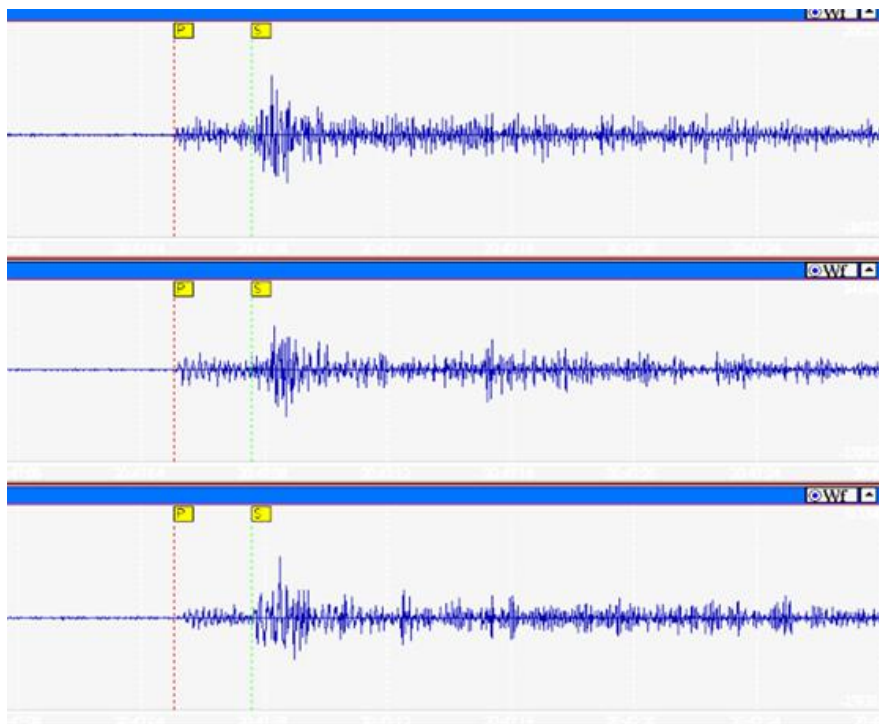


Рисунок 1 - Запис сейсмічної події 28.11.2012 р. на станції UK15

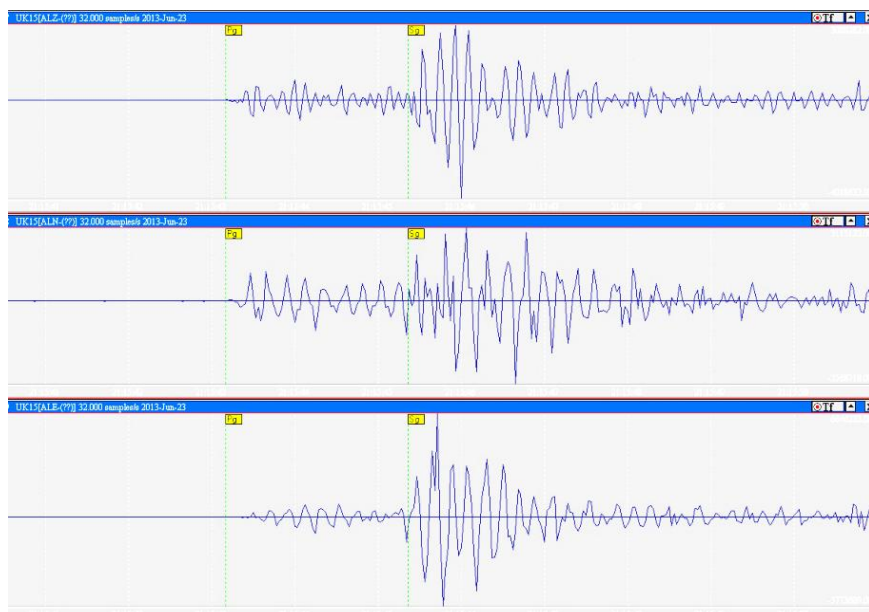


Рисунок 2 - Запис сейсмічної події 23.06.2013 р. на станції UK15

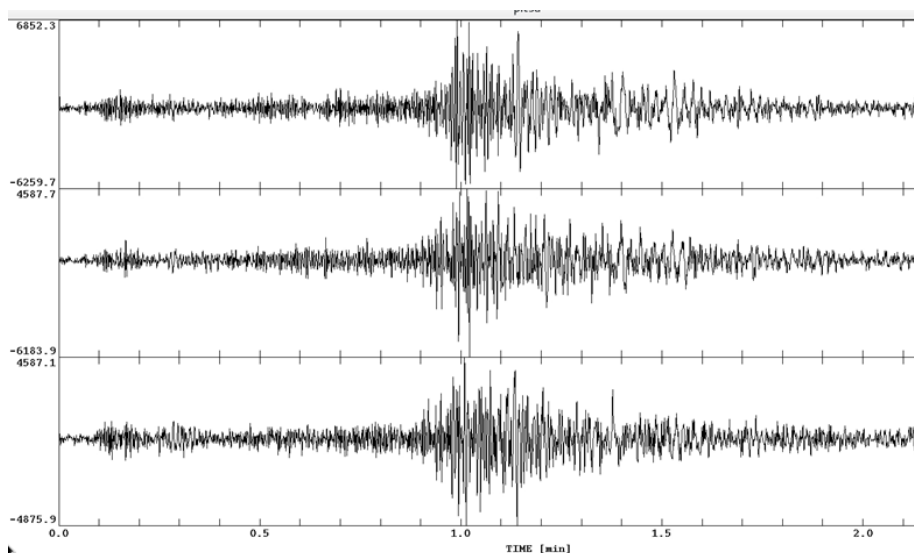


Рисунок 3 - Диференційований відфільтрований запис вибуху 31.03.2013 р. в 07 год. 31 хв. (за київським часом)

Таблиця 1. Сейсмічні події в районі м. Кривий Ріг за даними UK15 [24]

Час події	Координати		Магнітуда	Глибина, метри
28.11.2012 20:47:43	48,10	33,00	3,1	0
23.06.2013 21:16:33	48,04	33,42	4,6	2000

Результати аналізу природи сучасних землетрусів в межах Кривбасу

Аналіз часу цих землетрусів дозволяє зробити припущення що час доби, в якому зареєстрована сейсмічна подія, в деякій мірі вказує на їх генезис. Що стосується землет-

русів 25 грудня 2007 р. та 14 січня 2011 р., то дотепер продовжує обговорюватися питання їх можливого техногенного походження в наслідок потужних вибухів в

кар'єрах і шахтах Кривбасу. В той же час відносно землетрусу 23 червня 2013 р. не виникає сумнівів про його тектонічну природу. На це вказують наступні фактори: по-перше, землетрус відбувся вночі – в 00 год. 16 хв. за Київським часом (з 23 на 24 червня 2013 р.) і в Державному Комітеті України по промисловій безпеці, охороні праці і гірничому нагляду заперечують факт проведення будь-яких вибухових робіт на підприємствах Кривого Рогу в такий час доби; по-друге, за даними різних сейсмологічних центрів значення магнітуди цього землетрусу знаходиться в межах 4,5-4,7 (таблиця 2), тоді як при інших подіях значення m_b була значно нижчими – 3,5-4,0; по-третє, при вивченні хвильової картини землетрусу

23 червня 2013 р. на записі станції UK-15 «Кривий Ріг» (рисунок 3) виділено час реєстрації вступу хвилі pP , згідно з яким встановлено, що вогнище цієї події знаходиться на глибині 2 км [24].

В зв'язку з тим, що сейсмічні станції [15] мережі Головного центру спеціального контролю відносно епіцентру землетрусу знаходяться в вузькому інтервалі відстаней (435-520 км) та в невеликому діапазоні азимутів (280-315°), то для остаточного вирішення питання про його природу та встановлення механізму вогнища автори продовжують збір записів землетрусу 23 червня 2013 р. станціями, розташованими на різних відстанях і в різних азимутах.

Таблиця 2. Дані сейсмологічних центрів про землетрус 23 червня 2013 р. [15]

t_0 , год. хв. сек.	φ °N	λ °E	h, км	Магнітуда	Центр даних
21 16 34,1	48,05	33,54	10	$M_L=4,9$	BUC
21 16 35,2	48,05	33,37	14	$m_b=4,5$	NEIC
21 16 34,0	48,19	33,43	10	$M_L=4,5$	GFZ
21 16 33,0	48,08	33,50	10	$m_b=4,5$	AKASG
21 16 33,0	48,12	33,45	2	$m_b=4,6$	INFO
21 16 32,8	48,01	33,37	15	$m_b=4,7$	GSRC
21 16 33,5	48,20	33,60	20	$M_L=5,0$	BGS
середнє значення: 21 16 33,67	48,10	33,47	11,6	$m_b=4,6$ $M_L=4,8$	

За результатами аналізу знаків першого вступу, фахівцями Геофізичної служби РАН та відділу сейсмічної небезпеки ІГФ НАНУ [19] було встановлено, що Р-хвилі на 28 сейсмічних станціях, розташованих рівномірно по азимутах щодо епіцентру землетрусу 23.06.2013 р., мають на 8 станціях хвилю стиску, на 20 – розтягування. Отриманий для нього механізм вогнища показує, що й цей землетрус (як і попередній, 25.12.2007 р.) відбувся під дією близьких горизонтальних стискаючих напруг, однак орієнтація їх наближена до субмеридіональної ($AZ = 28^\circ$).

Ці припущення підтверджують і дані гідрогеодинамічного моніторингу, які з грудня 2007 р. проводить ДГЕ «Дніпрогеофізика» [25] в свердловині, що розташована на лівому березі р. Саксагань (рисунки 4, 5). Вони дозволяють уточнити час стискання.

На рисунку 4 і в збільшеному зображенні рисунку 5 бачимо, що максимум основного (миттєвого) стискання приходився на 4 години ранку, тобто за 17 годин до землетрусу.

Слід відзначити, що перед землетрусом 23 червня 2013 р. не було зареєстровано вибухів з $m_b \geq 3,0$ [15,17]. Середні значення глибини вогнища за даними різних центрів відповідають інтервалу 11,6 (від 2 до 20) км, що дозволило зробити припущення про нестабільність на території Кривбасу верхнього шару земної кори потужністю до 20 км, яке виникло в наслідок сильних вибухів в шахтах та виймання і переміщення великої кількості геологічного матеріалу за період проведення гірничодобувних робіт з XIX століття.

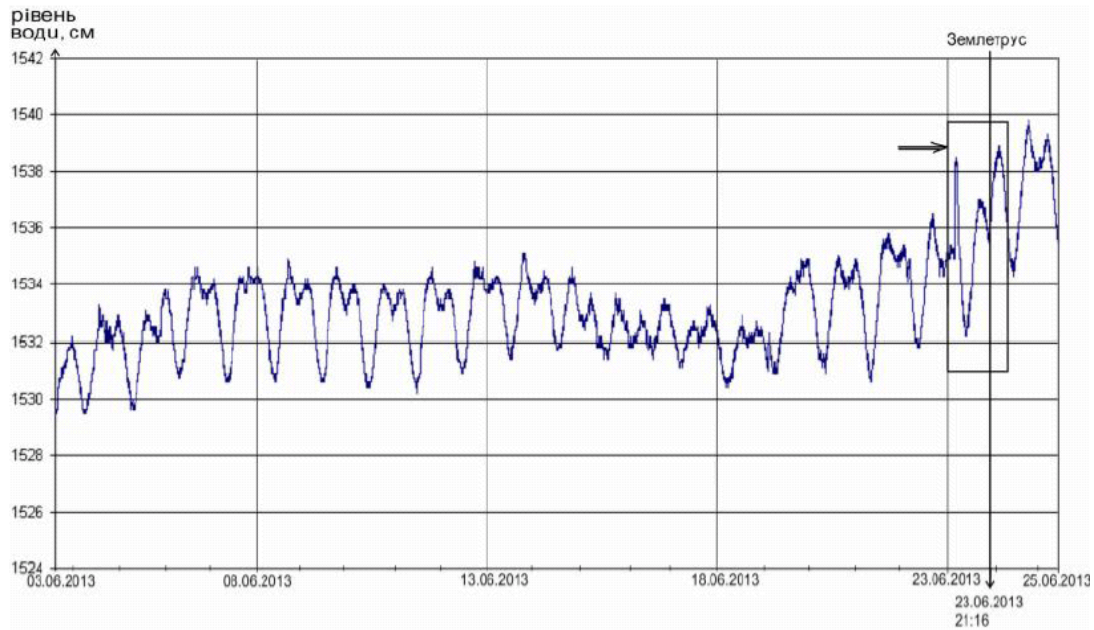


Рисунок 4 - Результати спостережень варіацій гідрогеодеформаційного поля в свердловині Кривого Рогу з 3 до 26 червня 2013 р.

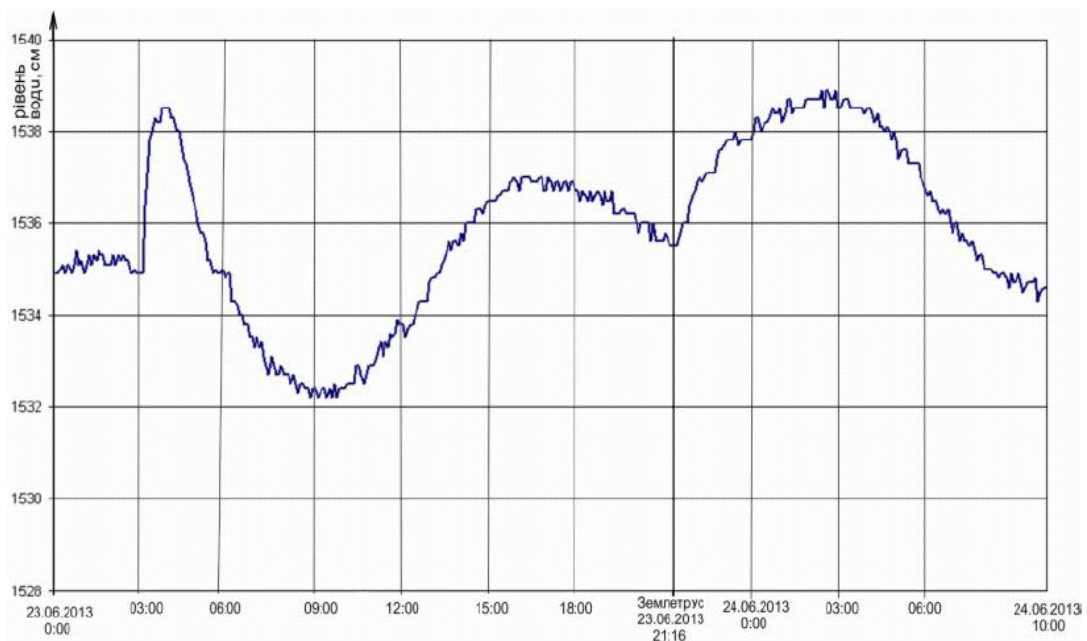


Рисунок 5 - Результати спостережень варіацій гідрогеодеформаційного поля в свердловині Кривого Рогу за 23 та 24 (частково) червня 2013 р. (UTC)

Висновки

Виконані роботи – це перший крок для забезпечення безперервного режимного функціонування сейсмічних станцій на території Кривбасу, в результаті якого одержано нові дані інструментальних спостережень за сейсмічними проявами цієї території, розроблено сучасне програмне забезпечення для функціонування сейсмічної станції UK15

«Кривий Ріг» та передачі в он-лайн режимі сейсмологічних даних до єдиного національного центру, створено систему збору і збереження зареєстрованої інформації.

Результати сейсмічної обробки місцевих землетрусів, які за останнє десятиліття сталися в межах Кривбасу і ЗІККШЗ в цілому, показують, що платформенна частина тери-

торії України стала більш сейсмоактивною. В першу чергу, ці землетруси почастишали в місцях зосередження інтенсивного видобування і переробки корисних копалини. Отже, в сучасних гірничо-геологічних умовах устаткування пунктів спостереження за сейсмічною активністю найбільшого в країні гірничодобувного регіону – Кривбасу є актуальним завданням для забезпечення екологічної і техногенної безпеки регіону і країни в цілому.

Створення локальних пунктів для ресестрації місцевих землетрусів з використанням

спеціальних датчиків гідрогеодеформаційних спостережень і сейсмологічної апаратури (з он-лайн включенням в єдиний національний центр) дозволить значною мірою удосконалити короткочасний прогноз можливих катастрофічних явищ природного та техногенного характеру, більш детально оцінити стійкість території до проявів сучасних природно-техногенних процесів в земних надрах, а також прогнозувати інтенсивність і напрямки розповсюдження наслідків антропогенного “втручання” в природу.

Перелік посилань

1. Стратегія і тактика сталого розвитку / А.Г. Шапар, М.А. Ємець, П.І. Копач та ін. – Дніпропетровськ: «Моноліт», 2004. – 320 с.
2. Куликович А.Е. Планетарные изменения геофизических условий на Земле и их отражение на рисунке истории человечества и его культуры / А.Е. Куликович // Труды Междунар. научн. конф. «Геофизика и современный мир». – Москва, 1993. – С.13-14.
3. Шапарь А.Г. Экогеофизические аспекты районирования промышленно и техногенно-нагруженных регионов / А.Г. Шапарь, О.К. Тяпкин // Доповіді НАН України. – 1999. – №3. – С.133-137.
4. Шапарь А.Г. Применение геофизических методов при решении задач техногенной безопасности / А.Г. Шапарь, О.К. Тяпкин // Геофізичний журнал. – 2001. – т.23, №5. – С.81-91.
5. Современные движения земной коры: Тезисы докладов VI Всесоюзного совещания. – Таллин, 1972. – 134 с.
6. Неотектоника и современная динамика литосферы: Тезисы докладов Всесоюзного совещания. – Таллин, 1982. – т.1. – 202 с.
7. Современные движения земной коры: Тезисы докладов VII Всесоюзного совещания. – Львов, 1977. – 47 с.
8. Евсеев С.В. Землетрясения Украины: Каталог землетрясений Украины с 1900 по 1940 гг. / С.В. Евсеев. – Киев, 1961.
9. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР / Под ред. В.Н. Кондорской, Н.В. Шебалина. – М.: Наука, 1977. – 535 с.
10. Сейсмичность Воронежского кристаллического массива / Л.И. Надежка, А.И. Дубянский, С.Н. Кашубин и др. // Сб. научн. тр. НГА Украины. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 1999. – Т.3, №6. – С.138-142.
11. Пигулевский П.И. К вопросу геолого-геофизического изучения сейсмической активности юго-востока Украинского щита / П.И. Пигулевский, Н.А. Козарь, О.К. Тяпкин // Науковий вісник НГУ – 2000. – №6. – С.70-75.
12. Сейсмические явления в районе Чернобыльской АЭС / В.Н. Страхов, В.И. Старостенко, О.М. Харитонов и др. // Геофізичний журнал. – 1997. – т.19, №3. – С.3-15.
13. Пигулевский П.И. О тектоническом строении, геодинамических и сейсмологических особенностях Кривбасса / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун, С.В. Щербина // Екологія і природокористування: Зб. наук. праць ІППЕ НАН України. – 2013. – вип.17. – С.37-46.
14. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита / Н.Я. Азаров, А.В. Анциферов, Е.М. Шеремет и др. – Киев: Наук. думка, 2006. – 196 с.
15. Локальные землетрясения на Украинском щите / Ю.А. Андрущенко, В.В. Кутас, А.В. Кендзера и др. // Геофізичний журнал. – 2013. – 35, № 6. – С.116-129.
16. Криворожское землетрясение 25 декабря 2007 г. / В.В. Кутас, В.Д. Омельченко, Г.М.Дрогицкая и др. // Геофізичний журнал. – 2009. – 31, № 1. – С.42-52.

17. Криворожское землетрясение 14 января 2011 года как локальное следствие сейсмотектонических и техногенных процессов / А.В. Кендзера, П.И. Пигулевский, С.В. Щербина и др. // Геодинаміка. – 2012. – № 1 (12). – С.114-119.
18. Слабые землетрясения и промышленные взрывы, зарегистрированные на Восточно-Европейской платформе в пределах территории Украины 2005–2010 гг. / Ю.А. Андрущенко, В.В. Кутас, А.В. Кендзера, В.Д. Омельченко // Геофізичний журнал. – 2012. – 34, № 3. – С.49-60.
19. Новое сейсмическое событие в Криворожье и механизм его очага / И.П. Габсатарова, А.В. Кендзера, Л.И. Надежка и др. // Вестник ВГУ, серия: Геология. – 2013. – № 2. – С.134-140.
20. Криворожское землетрясение 23 июня 2013 года / П.И. Пигулевский, С.В. Щербина, И.Ю. Гурова и др. // Геодинаміка. – 2013. – 1(13). – С.283-285.
21. Пустовитенко Б.Г. Инструментальные и макросейсмические данные о процессах в очаговой зоне Криворожского землетрясения 25 декабря 2007 г. / Б.Г. Пустовитенко // Геофізичний журнал. – 2010. – 32, № 2. – С.75-97.
22. Регистрация и анализ техногенных и природных сейсмических событий в г. Кривой Рог / С.В. Щербина, П.И. Пигулевский, И.Ю. Гурова и др. // Геоінформатика 2013. – №4(48). – С.74-84.
23. Карта техногенних землетрусів Кривого Рогу – http://seismo.kiev.ua/GoogleMap/KrivoRig/GoogleMapForKrivoRigExpl2012_02b.html
24. Список техногенних землетрусів Кривого Рогу – <http://seismo.kiev.ua/KrivoRig/KrivoRigExpl02b.html>
25. Пигулевский П.И. Некоторые результаты автоматизированного мониторинга режима подземных вод асейсмичных территорий (на примере Днепропетровской области) / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун // Мінеральні ресурси України. – 2011. – №2. – С.42-47.

*Стаття надійшла до редколегії 13.11.2014 р. українською мовою
Стаття рекомендована членом редколегії канд. техн. наук М.А. Ємцем*

А.Г. ШАПАРЬ*, П.И. ПИГУЛЕВСКИЙ*, В.К. СВИСТУН,
О.К. ТЯПКИН*, А.С. КИРИЛЮК***

**Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины,
г. Днепропетровск, Украина*

***Днепропетровская геофизическая экспедиция “Днепрогеофизика”,
г. Днепропетровск, Украина*

ИЗУЧЕНИЕ АКТИВИЗАЦИИ ПРИРОДНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННО-НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ КРИВБАССА)

Показано развитие системы регистрации и анализа неординарных сейсмических событий в пределах техногенно нагруженного Кривбасса. Выполнен анализ и обобщены данные о современных местных сейсмических событиях в этом районе для установления их природы.

Ключевые слова: природная сейсмичность, сейсмический мониторинг, техногенные землетрясения, тектонические движения.

A.G. SHAPAR*, **P.G. PIGULEVSKY***, **V.K. SVYSTUN****,
O.K. TYAPKIN*, **O.S. KYRYLYUK***

** Institute for Nature Management Problems and Ecology of National Academy of Sciences of
Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine*

***Dnipropetrovsk Geophysical Expedition «Dneprogeofizika», Dnipropetrovsk, Ukraine*

**RESEARCH OF ACTIVIZATION OF NATURAL SEISMICITY
IN CONDITIONS OF THE TECHNOGENIC-LOADED TERRITORIES
(ON AN EXAMPLE OF KRYVBAS)**

The development of a system of registration and analysis of unusual seismic events within the technogenic-loaded Kryvbas territory is shown. The analysis and generalized the data about modern local seismic events in the area for determination of their nature is made.

***Keywords:* natural seismicity, seismic monitoring, technogenic earthquakes, tectonic movements.**