

## ЛОКАЛЬНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА УКРАИНСКОМ ЩИТЕ И В ДНЕПРОВО-ДОНЕЦКОМ АВЛАКОГЕНЕ

Андрущенко Ю.А.

Главный центр специального контроля ГКА Украины  
пгт. Городок, Украина

Кутас В.В., Омельченко В.Д.

Институт геофизики им. С.И.Субботина НАН Украины  
г. Киев, Украина

**АННОТАЦИЯ:** Отмечена связь расположения эпицентров локальных землетрясений с зонами разломов земной коры и, в определенной мере, с местами разработки полезных ископаемых. Очаги землетрясений с магнитудой  $m_b = 3,7; 4,0$  и  $4,5$  находятся на глубине  $10 - 15$  км в центральной части Украинского щита. Интенсивность сотрясений в г. Кривой Рог  $4; 4 - 5$  и  $5 - 6$  баллов по шкале MSK-64. Очаг землетрясения с  $m_b = 4,5$  в Днепрово-Донецком авлакогене расположен на глубине  $10$  км.

**АНОТАЦІЯ:** Відзначено зв'язок розташування епіцентрів локальних землетрусів з зонами розломів земної кори і, в певній мірі, з місцями розробки корисних копалин. Вогнища землетрусів з магнітудою  $m_b = 3,7; 4,0$  і  $4,5$  знаходяться на глибині  $10 - 15$  км в центральній частині Українського щита. Інтенсивність струшувань в межах м. Кривий Ріг  $4; 4 - 5$  і  $5 - 6$  балів за шкалою MSK-64. Осередок землетрусу з  $m_b = 4,5$  в Дніпрово-Донецькому авлакогені розташований на глибині  $10$  км.

**ABSTRACT:** Connection of local earthquake epicenters location with zones of crust fractures and, to some extent, with places of mining, is distinguished. Sources earthquakes with magnitude  $mb = 3,7; 4,0$  and  $4,5$  are located at a depth of  $10 - 15$  km in the central part of Ukrainian Shield. Earth tremor intensity values in Krivoy Rog city are  $4; 4-5$  and  $5 - 6$  according to scale MSK-64. Earthquake source with  $mb = 4,5$  in Dnepro-Donetsk avlakogene is located at a depth of  $10$  km.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** землетрясения, эпицентр, земная кора, зоны разломов.

В последнее десятилетие зарегистрированы локальные землетрясения на платформе в пределах территории Украины. Данные об элементах сейсмологической сети и землетрясениях на Волыно-Подоллии, Украинском щите (УЩ) приведены в [1, 2]. В связи с тем, что в пределах этих районов находится плотная сеть карьеров и шахты, существует необходимость в тщательном анализе происхождения сейсмических событий. Для выделения землетрясений низких энергетических классов среди записей событий разной природы, зарегистрированных станциями Главного центра специального контроля (ГЦСК), использованы критерии идентификации, предложенные в работе [3].

## ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ЭПИЦЕНТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УЩ И ДДА

В 2007 – 2013 гг. станциями ГЦСК зарегистрированы землетрясения в районе г. Кривой Рог. Землетрясения 25 декабря 2007 г., 14 января 2011 г. и 23 июня 2013 г. с магнитудой  $m_b = 3,7$ ; 4,0 и 4,5 тектонического происхождения, глубина очагов  $h_0 = 10 - 15$  км. Интенсивность сотрясений в пределах города 4, 4-5 и 5-6 баллов по шкале MSK-64. Землетрясение 13 июня 2010 г. с  $m_b = 4,3$  техногенное, вызванное взрывом в шахте им. Орджоникидзе на глубине 500 м, сопровождалось обрушением грунта на территории 16 га глубиной 10...80 м.

Землетрясения в центральной части УЩ связаны с особенностями строения земной коры на границе Ингульского (Кировоградского) и Среднеприднепровского мега блоков, разделенных Ингулеcko-Криворожской шовной зоной, на восточном крае которой находится Криворожско-Кременчугская зона глубинных разломов протяженностью 275 км, шириной 7 км [4]. Нарушение геодинамического равновесия, изменение напряжений в верхней части земной коры и возникновение землетрясений обусловлено, по-видимому, мощными взрывами в шахтах. В 2010 – 2013 гг. на глубине 450...1300 м произведено 17 взрывов с  $m_b = 3,0...3,6$ ; при двух наиболее сильных взрывах  $m_b = 3,8$ ; 3,9. Согласно сведениям из Государственного комитета Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору взрывы в шахтах мощными зарядами (эквивалент до 125 т ВВ) производятся приблизительно один раз в три месяца и ежемесячно 500 взрывов небольшой мощности [5].

14 мая 2010 г. в центральной части ДДА в 23 часа 16 мин произошло сейсмическое событие, отнесенное к землетрясениям. Сведения о проведении взрыва отсутствуют;  $\varphi_{эп} = 49, 51^{\circ} N$ ,  $\lambda_{эп} = 35,37^{\circ} E$ ,  $m_b = 2,3$  и  $h_0 = 3 \pm 3$  км рассчитаны по записям станций, расположенных в интервале эпицентральных расстояний  $\Delta_{эп} = 330...566$  км в полосе  $Az = 53...289^{\circ}$  [6].

По данным обработки записей сейсмических станций ГЦСК  $\varphi_{\text{эп}} = 49,55^{\circ}$  N,  $\lambda_{\text{эп}} = 34,52^{\circ}$  E,  $m_b = 3,0$ ,  $h_0 = 10$  км. Согласно результатам расчета по записям станций ГЦСК с учетом данных крымских станций (SUDU, ALU, SEV) и Российской (VSR) Сторожевое,  $\varphi_{\text{эп}} = 49,40^{\circ}$  N,  $\lambda_{\text{эп}} = 34,92^{\circ}$  E, эпицентр находится на расстоянии 35 км от г. Полтава (рис. 1).

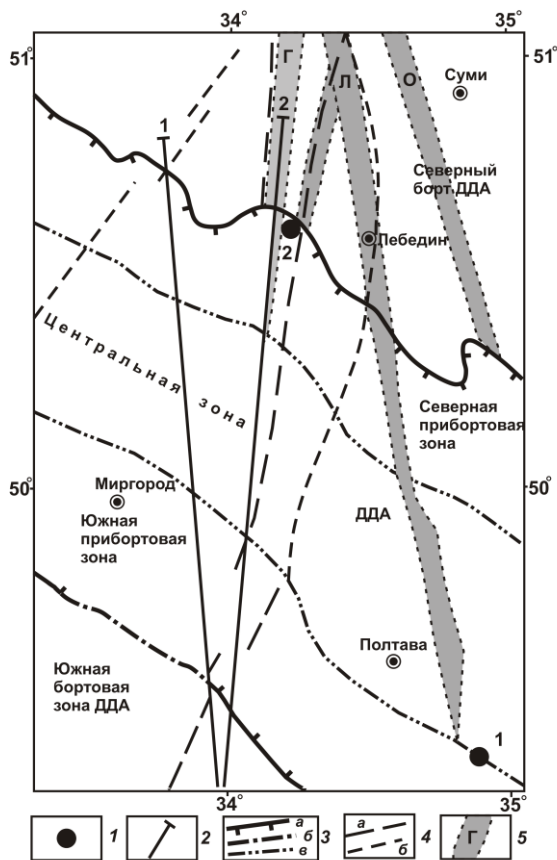


Рис.1. Эпицентры землетрясений в ДДА на тектонической основе:

- 1 – эпицентры землетрясений 1 – 14.05.2010 г., 2 – 3.02.2015 г.;
- 2 – профили ГСЗ – КМПВ (1 – Путивль - Кривой Рог, 2 – Решетиловка – Синевка);
- 3 – границы зон грабена ДДА краевые: достоверные (а), вероятные (б) и внутренние (в);
- 4 – субмеридиональные разломы согласно данным карт [Тектонічна, 2007] (а), [Карта, 1988] (б);
- 5 – зоны разломов: Г – Глуховская, Л – Лебединская, О – Охтырская [Єнтін, 2005]

Сейсмическое событие в ДДА тектонического происхождения зарегистрировано 3 февраля 2015 г.,  $m_b = 4,5$ . Очаг находится на глубине 10 км в северной части ДДА на границе Полтавской и Сумской областей. При определении параметров землетрясения в GFZ (Германском научно-исследовательском центре геонаук) использованы данные о времени вступления  $P$ -волны на 29 станциях ( $\Delta_{эп} = 650 \dots 988$  км,  $Az = 136 - 334^\circ$ ). По данным ГЦСК (станции на  $\Delta_{эп} = 352,8 \dots 460,9$  км,  $Az = 261 \dots 274,8^\circ$ ) и GFZ координаты эпицентра совпадают:  $\varphi_{эп} = 50,65^\circ$  N,  $\lambda_{эп} = 34,22^\circ$  E. Средние значения координат, полученные с учетом данных станций ГЦСК, GFZ и GSRC (Центра геофизических наблюдений РАН),  $50,608^\circ$  N,  $34,205^\circ$  E, глубина очага 10 км.

Результаты изучения структуры земной коры сейсмическими методами в центральной части УЩ (в Ингулецко-Криворожской межмегаблоковой шовной зоне) и в ДДА представлены в работах [7, 8] и ряде других. На тектонических картах в пределах ДДА кроме зон краевых разломов, отделяющих грабен от бортовых зон, отмечены крупные региональные разломы на границах зон грабена – центральной и прибортовых, амплитуда которых  $> 5$  км, и субмеридиональные [9, 10].

ДДА и УЩ приблизительно в крест простирания пересекают сейсмические профили КМПВ – ГСЗ Путивль-Кривой Рог и Решетиловка-Синевка. Они имеют общую точку в центральной части УЩ и расходятся на 30 км в северной бортовой зоне ДДА. Профиль Путивль-Кривой Рог проходит вблизи сверхглубоких скважин – Криворожской СГ-8 и Днепрово-Донецкой СГ-9. В районе скважин проведены площадные наблюдения.

Сейсмический разрез литосферы вдоль профиля Путивль-Кривой Рог построен до глубин 50...60 км. Отмечено резкое изменение строения коры при переходе от УЩ к грабену Днепрово-Донецкого палеорифта, скачкообразное сокращение мощности коры от 48...50 до 34...40 км и погружение фундамента на глубину 10...12 км. Разломы земной коры выделены по резким смещениям сейсмических горизонтов, изгибам изолиний скоростей и точкам дифракции. В рельефе поверхности кристаллического фундамента отмечены выступы и впадины, ограниченные тектоническими нарушениями. Крупные структуры разделены разломами, которые пересекают всю кору и коррелируются с тектоническими нарушениями, выделенными по геологическим данным.

Эпицентр землетрясения 3 февраля 2015 г. находится в районе пересечения северного краевого разлома ДДА Глуховской зоной разломов, совпадающей по направлению с Криворожско-Кременчугской зоной разломов, вытянутой в меридиональном направлении. Эта «мегазона кинетически сшивает не только западную и восточную части щита», но,

возможно, более крупные сегменты Восточно-Европейской платформы [4]. Лебединская субмеридиональная зона разломов проходит через центральную часть ДДА почти до г. Полтава [11] (рис. 1).

Эпицентр сейсмического события 14 мая 2010 г. находится в районе глубинного разлома между зонами ДДА – центральной и южной прибортовой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Записи и спектрограммы промышленных взрывов и локальных землетрясений с  $m_b = 3,5...4,5$ , зарегистрированных сетью станций ГЦСК ГКАУ на расстояниях до 500 км, обладают ярко выраженными особенностями, позволяющими установить природу сейсмических событий. Очаги трех землетрясений на УЩ и одного в ДДА находятся на глубине 10...15 км. Идентификация сейсмических событий с  $m_b = 2,5...3,0$  с достаточной степенью надежности возможна при использовании записей в пунктах наблюдения, расположенных на более близких расстояниях от их источников – до 350...400 км.

Эпицентр землетрясения 3 февраля 2015 г. ( $m_b = 4,5$ ) находится на границе северной прибортовой и бортовой зон ДДА. Не исключена вероятность возникновения в будущем деформационных процессов, вызывающих подвижки среды и землетрясения с магнитудой аналогичного уровня, на других участках северного краевого разлома, в частности в районе его пересечения Лебединским разломом.

Очаг землетрясения 14 мая 2010 г. ( $m_b = 3,0$ ), расположен на глубине 3 км на южной границе центральной зоны ДДА. Слабые землетрясения могут происходить в районе пересечения этой границы субмеридиональной зоной разломов, расположенной между Миргородом и Полтавой.

Станции существующей системы сейсмологических наблюдений практически не регистрируют сигналы от слабых событий, эпицентры которых находятся в районах левобережной части территории Украины. Это связано с тем, что при распространении сейсмических волн через зоны тектонических нарушений (в частности вдоль одной из них расположено русло р. Днепр) происходит интенсивное затухание энергии колебаний.

Для накопления данных об уровне сейсмичности в разных районах Восточно-Европейской платформы в пределах территории Украины чрезвычайно актуальным является расширение базы сейсмологических наблюдений, в частности, в восточной части УЩ и ДДА. В рамках решения данного вопроса специалистами ГЦСК планируется установка цифровой сейсмической станции «Guralp» в Полтавской области.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Локальные землетрясения платформенной части территории Украины в 2005 – 2008 гг. / [Андрущенко Ю.А., Кутас В.В., Кендзера А.В., Омельченко В.Д. и др.] // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2010. – Вип. 73. – С. 324 – 333.
2. Природа сейсмических событий, зарегистрированных на западе Украинского щита в 2005 - 2007 гг. / [Андрущенко Ю.А., Кутас В.В., Кендзера А.В., Омельченко В.Д. и др.] / Геофиз. журн. – 2010. – 32, № 2. – С. 64 – 74.
3. Андрущенко Ю.А. Аналіз ефективності застосування критеріїв ідентифікації вибухів і землетрусів для локальних та регіональних подій в умовах платформної частини України // Андрущенко Ю.А., Гордієнко Ю.А. / Геофиз. журн. – 2009. – 31, № 3. – С. 121 – 129.
4. Гинтов О.Б. Зоны разломов Украинского щита. Влияние процессов разломообразования на формирование структуры земной коры / Гинтов О.Б. // Геофиз. журн. – 2004. – 26, № 3. – С. 3 – 24.
5. Кутас В.В. Промышленные взрывы и сейсмичность Украинского щита / Кутас В.В., Андрущенко Ю.А., Калитова И.А. // Геофиз. журн. – 2014. – Вып. 36, № 6. – С.165 – 172.
6. Свидлова В.А. Каталог и подробные данные о сейсмических событиях в центральной и северо-восточной части Украины за 2010 г. / Свидлова В.А., Бондарь М.Н. // Сейсмол. бюл. Украины за 2010 г. – Севастополь. – НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. – С. 109 – 114.
7. Профиль ГСЗ Путивль-Кривой Рог через сверхглубокие скважины Украины / [Чекунов А.В., Кившик Н.К., Харитонов О.М. и др.] // Геофиз. журн. – 1992. – 14, №1. – С. 3 – 9.
8. Ильченко Т.В. Скоростная и стратиграфическая модели Днепровско-Донецкого палеорифта (по профилю ГСЗ Решетилівка-Синевка) / Ильченко Т.В., Калюжная Л.Т. // Геофиз. журн. – 1999. – 21, №1. – С. 85 – 94.
9. Карта разрывных нарушений и основных зон линеаментов юго-запада СССР (с использованием материалов космической съемки) / Гл. ред. Н.А.Крылов. – М 1: 1 000 000. – Киев: Мингео СССР, 1988. – 4 л.
10. Тектонічна карта України, м-б 1 : 1 000 000, під ред. Круглова С.С., Гурського Д.С. Мін. Охорони природного середовища України. Державна геологічна служба України. – К: Укр. ДГРІ, 2007.
11. Єнтін В.А. Геофізична основа Тектонічної карти України масштабу 1:1 000 000 / Єнтін В.А. // Геофіз. журн. – 2005. – 27, № 1. – С. 74 – 84.

## REFERENCES

1. Local earthquake on platform part of the territory of Ukraine in 2005 - 2008y. / [Andrushchenko Yu.A., Hordiienko Yu.A., Kendzera A.V., Kutas V.V. and other] // Building construction: Coll. scientific papers. – K.: NDIBK, 2010. – Vol.73. – P. 324 – 333.
2. The nature of seismic events recorded in the west of the Ukrainian Shield in 2005 - 2007y. / [Andrushchenko Yu.A., Hordiienko Yu.A., Kendzera A.V., Kutas V.V. and other] // Geoph. Journ. – 2010. – 32, № 2. – P. 64 – 74.
3. Andrushchenko Yu.A. Analysis of the effectiveness of the criteria for the identification of explosions and earthquakes for local and regional events in conditions of platform Ukraine / Andrushchenko Yu.A., Hordiienko Yu.A. // Geoph. Journ. – 2009. – 31, № 3. – P. 121 – 129.
4. Hintov O.B. Fault zone of the Ukrainian shield. The impact of faults-formation processes on the formation of structure of the crust / Hintov O.B. // Geoph. Journ. – 2004. – 26, № 3. – P. 3 – 24.
5. Kutas V.V. Industrial explosions and seismic activity of the Ukrainian shield / Kutas V.V., Andrushchenko Yu.A., Kalitova I.A. // Geoph. Journ. – 2014. – 36, № 6. – P.165 – 172.
6. Svidlova V.A. Catalog and details data of seismic events in the central and north-eastern part of Ukraine for 2010 / Svidlova V.A., Bondar M.N. // Seismol. Bull. of Ukraine in 2010 - Sevastopol. - SPC "ECOS-Hydrophysics" 2011. – P. 109 – 114.
7. DSS profile Putyvl-Krivoy Rog through ultradeep wells of Ukraine / [Chekunov A.V., Kivshyk N.K., Kharytonov O.M., Omelchenko V.D. and other] // Geoph. Journ. – 1992. – 14, №1. – P. 3 – 9.
8. Ilchenko T.V. Velocity and stratigraphic models Dnieper-Donets paleorift (on the DSS profile Reshetilovka-Sinevka) / Ilchenko T.V., Kaliuzhna L.T. // Geoph. Journ. – 1999. – 21, №1. – P. 85 – 94.
9. Map faults and main areas of lineaments of southwest of the USSR (with the use of space imagery materials) // Ch. Ed. N.A. Krylov. – scale 1: 1 000 000. – Kiev: MinGeo SSSR, 1988. – P.4.
10. Tectonic Map of Ukraine, the scale 1:1 000 000, under the edit. Kruhlov S.S., Hurskyi D.S. Ministry of Environment of Ukraine. State Geological Service of Ukraine. – K: Ukr SGI, 2007.
11. Yentyn V.A. Geophysical basis of tectonic maps of Ukraine the scale 1:1 000 000 / Yentyn V.A. // Geoph. Journ. – 2005. – 27, № 1. – P. 74 – 84.

Статья поступила в редакцию 05.08.2015 г.