

**КРИВОРОЖСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 14 ЯНВАРЯ 2011 г.**

Рассмотрены геолого-геофизические условия района Криворожских землетрясений в области, ограниченной координатами:  $\varphi=47,45\div 48,6^{\circ}$  N,  $\lambda=32,5\div 34,15^{\circ}$  E. Приведено детальное описание материалов землетрясения 14 января 2011 г. Автор делает предположение, что одним из возможных спусковых механизмов для местных землетрясений может быть присутствие графитовых пленок и образование трещинно-поровых зон в горных породах.

**Ключевые слова:** эпицентры землетрясений; аномалии электропроводности; зоны разломов; метаморфизм.

**Введение**

14 января 2011 г. в 05 ч. 03 мин. по Гринвичу (местное время 07 ч. 03 мин.) жители центральных районов Кривого Рога Днепропетровской области ощутили подземные толчки. Они были особенно интенсивны в районе остановки Пионер, площади им. Артема, и на бульваре Вечернем.

Интересно, что в этот день в отдаленном районе города, где пролегает дорога в город, в 500 м. от трассы на земной поверхности была обнаружена трещина размерами 50 м на 70 м и глубиной 20 м [http://www.aif.ua/society/news/31318].

Криворожское землетрясение было инструментально зарегистрировано сейсмическими станциями, расположенных как на эпицентральных расстояниях  $\Delta=2\div 4^{\circ}$  в Полтаве, Симферополе и вблизи Киева (ст. Kiev-IRIS), так станциями зарубежных сейсмологических центров ISC; EMSC-CSEM; NEIS. Данные об этом землетрясении представлены на их сайтах.

На Восточно-Европейской платформе эпицентры исторических и современных землетрясений отмечены почти повсеместно. Выделены три крупные области сравнительно повышенной сейсмичности, одна из которых относится к восточной части Украинского Щита. Очаги всех землетрясений Восточно-Европейской платформы находятся в верхней части земной коры, а магнитуда их в основном 3–4. Выделены четыре типа сейсмоактивных зон, установлена их связь со структурами земной коры и мантии [Ананьин, 1991; Кутас и др., 2009].

Цель настоящего исследования – изучение района криворожских землетрясений, детальное рассмотрение землетрясения 14 января 2011 г.; анализ геолого-геофизической обстановки и описание одного из теоретически возможных спусковых механизмов криворожских землетрясений.

**Общие сведения о сейсмичности района**

За последнее 11 лет в районе Кривбасса инструментально зарегистрирован ряд землетрясений, эпицентры которых находятся вблизи Криворожско-Кременчугской зоны разломов, относящейся к типу очаговых зон, связанных с протяженными разломами древнего и новейшего заложения [Кутас и др., 2009].

Большие погрешности в определении времени в очаге  $t_0$  (3,8 и 2,2 с) и ограниченное число станций ( $N=7$ ) при регистрации других землетрясений – 21.05.2001 г., 01 ч. 35 мин. 51,51 с,

$m_b=3,7$  и 12.02.2002 г., 12 ч. 12 мин. 56,02 с,  $m_b=3,7$  – также не позволили с уверенностью отнести их эпицентры к Криворожско-Кременчугской зоне разломов [Кутас и др., 2009].

По землетрясению, произошедшему 09.12.2000 г. (12 ч. 20 мин. 19,47 с,  $m_b=3,9$ ) и отмеченному в той же части УЩ, в ISC приведено несколько вариантов расположения эпицентра. Землетрясение зарегистрировано в широком диапазоне расстояний; ближайшая из сейсмических станций “Симферополь” находится на  $\Delta=3,37^{\circ}$ , наиболее удаленная – в Канаде на  $66,68^{\circ}$ . Очаг расположен в верхнем слое земной коры на глубине 10 км и, согласно приведенным координатам эпицентра (данные ISC), находятся на расстоянии 3 км от разломной Криворожско-Кременчугской зоны.

Очаг землетрясения 25 декабря 2007 г. приурочен к верхним слоям земной коры ( $h=10$  км) сложной зоны сочленения разновозрастных и разнонаправленных разрывных нарушений – Криворожско-Кременчугского и Ледянского. Согласно исследованиям, приведенным в работе [Пустовитенко и др., 2010], на основе инструментальных записей волновых форм и макросейсмического поля были уточнены параметры гипоцентра и магнитудного уровня Криворожского землетрясения 2007 г. Как окончательная версия очаговых параметров предлагаются данные, рекомендованные для сейсмологического каталога:  $t_0=04$  ч. 09 мин. 34,8 с;  $\varphi=47,99^{\circ}\pm 0,05^{\circ}$ ;  $\lambda=33,54^{\circ}\pm 0,005^{\circ}$ ;  $h=(10\pm 5)$  км;  $K_p=9,7$ ;  $m_b=3,9$ ;  $M_{LH}=3,1$ ;  $M_w=3,7$ ;  $I_0=5$  баллов.

**Землетрясение 14 января 2011 г.** зарегистрировано цифровыми сейсмическими станциями Института геофизики НАН Украины, расположенными на эпицентральных расстояниях  $\Delta=2\div 5^{\circ}$ . По данным, полученным оперативной группой сейсмологического центра, положение эпицентра определяется координатам  $\varphi=48,19^{\circ}$ N;  $\lambda=33,31^{\circ}$  E; время в очаге  $t_0=05$  ч. 03 мин. 16,7 с; глубина  $h=(3\pm 5)$  км с учетом наименьших невязок. Расстояние до эпицентра от станции Kiev-IRIS составляет  $\Delta = 4,33^{\circ}$ .

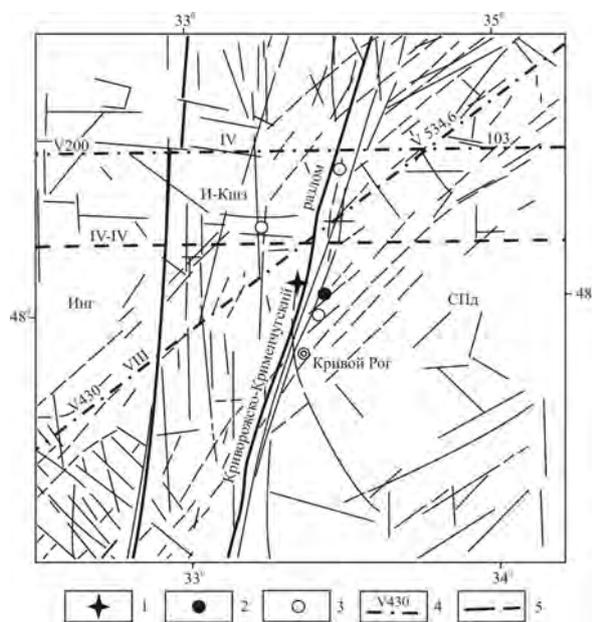
Криворожское землетрясение 14 января 2011 г. было зарегистрировано не только отечественными сейсмологическими станциями, но и также сейсмологическими станциями зарубежных центров. В представленных в Интернете электронных каталогах приведены различные данные о положении эпицентра, о глубине гипоцентра и времени в очаге  $t_0$ . Согласно GSRC (геофизическая служба

РАН) координаты эпицентра такие:  $\varphi=48.20^{\circ}$  N;  $\lambda=33.34^{\circ}$  E; время в очаге  $t_0=05$  ч. 03 мин. 12,6 с; глубина гипоцентра  $h=5$  км, магнитуда  $m_b=3.9/5$  (по записям 12 станций).

Болгарская сейсмологическая служба ВУС (Болгария) дает несколько вариантов положения эпицентра, глубины очага. Согласно записям, полученным ею по 11 станциям, координаты эпицентра определены так:  $\varphi=48.07^{\circ}$  N;  $\lambda=33.92^{\circ}$  E; глубина очага  $h=30$  км, магнитуда  $M_L=4,1$ . Согласно записям, полученным по 18 станциям, координаты эпицентра такие:  $\varphi=47.95^{\circ}$  N;  $\lambda=33.18^{\circ}$  E; глубина очага  $h=44$  км, магнитуда  $M_L=4,0$ .

**Сеймотектонические условия района криворожских землетрясений**

Для сеймотектонического анализа эпицентры исследуемых землетрясений вынесены на тектоническую основу (рис. 1) которая соответствует карте [Карта...,1988].



**Рис. 1.** Фрагмент Ингульского (Инг) и Среднеприднепровского (СПд) мегаблоков и разделяющий их Ингулецко-Криворожской шовной зоны (И-Кшз), приведенные на тектонической основе [Карта..., 1988] (1 – эпицентр землетрясения 14 января 2011 г.; 2 – эпицентр землетрясения 25.12.2007 г.; 3 – варианты расположения эпицентра землетрясения 9.12. 2000 г.; 4 – геотраверс ГСЗ; 5 – профиль МОБЗ)

Согласно данным, приведенным на карте тектонического районирования УЩ [Гинтов, 2004; Старостенко и др., 2002], очаги криворожских землетрясений находятся на границе Ингулецкого и Среднеприднепровского протоплатформенных мегаблоков. Ингулецко-Криворожская шовная зона, разделяющая их, ограничена зонами глубинных разломов – Западно-Ингулецкой и Криворожско-Кривенчугской. Ингулецкий мегаблок, распо-

ложенный в центральной части щита, продолжается на север и юг далеко за его пределы и представляет собой вытянутую в меридиональном направлении мегазону.

Западнее Ингулецкого мегаблока находится Голованевская шовная зона. Этот мегаблок, ограниченный по окраинам Тальновской и Криворожско-Кривенчугской зонами разломов, пересекают восемь крупных зон разломов разного простирания (северо-западного, субмеридионального и субширотного). Также прослежены зоны разломов меньших размеров и отдельные элементарные разломы, обусловившие сильную раздробленность и проницаемость земной коры мегаблока в целом [Старостенко и др., 2007].

Исследуемая территория достаточно хорошо изучена геофизическими методами. Ингулецко-Криворожскую шовную зону вблизи района эпицентров пересекают два геотраверса – IV и VIII (последний отработан в модификации ГСЗ и ОГТ), а также профиль МОБЗ IV. Кроме того, в районе Кривого Рога были выполнены многочисленные сейсмические зондирования с целью детального изучения морфологии раздела М и построения объемной модели земной коры в районе криворожской сверхглубокой скважины, позволившие детально исследовать структуру коры до глубины 10–15 км.

В Ингулецко-Криворожской шовной зоне по данным ГСЗ мощность коры резко возрастает до 50–55 км. По морфологии поверхности М она, подобна Голованевской, ограничивающей Ингулецкий мегаблок с запада [Соллогуб, 1986; Литосфера..., 1988; Соллогуб, Ильченко, 1986]. По мнению [Чекунов, 1972], причиной утолщения коры в этих зонах стало формирование астенолита.

Восточнее Западно-Ингулецкого глубинного разлома (рис. 2) происходит ступенеобразное погружение не только поверхности М, но и внутрикоревой отражающей границы  $K_2$  до максимальных для территории щита отметок 20 км в районе Криворожско-Кривенчугского разлома.

На геотраверсе VIII этот разлом трассируется на глубину, как зона шириной 10–15 км, отмеченная большим количеством точек дифракции вплоть до раздела М. При этом глубина расположения границы М примерно одинакова по обе стороны от разреза, в районе которого отмечено большое количество разнонаправленных отражающих площадок не только в коре, но и в верхней мантии [Соллогуб, Ильченко, 1986].

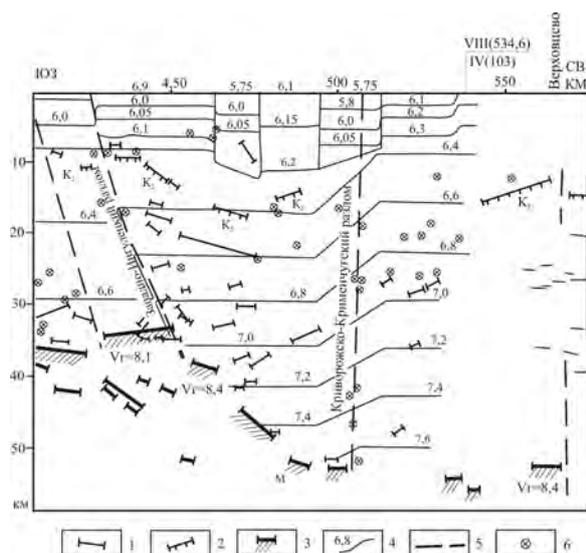
Геотраверс IV пересекает Ингулецко-Криворожскую межмегаблоковую шовную зону в широтном направлении (рис. 2). Глубина до границы М вдоль разреза существенно изменяется. В западной части шовной зоны подошва земной коры находится на глубине 38–39 км, а восточнее – на 53,5 км.

При сопоставлении разрезов земной коры вдоль рассмотренных геотраверсов установлено, что максимальная глубина погружения границы М находится в области их пересечения (на несколько км восточнее Криворожско-Кривенчугской зоны

разломов); на IV ее значение 53,5 км, на VIII-м – 55 км, на расстоянии около 15 км от точки пересечения зафиксирован подъем границы М.

В Ингулецко-Криворожской шовной зоне, как и в других областях с утолщенной корой, во всем диапазоне глубин отмечается высокоскоростной характер разреза по сравнению с соседними блоками. Максимальные значения скоростей отмечены в районе Криворожско-Криворожского глубинного разлома. Перепад скоростей в западной и восточном крыльях разломной зоны составляет 0,2 км/с, а в самой верхней части разреза (в слое 0–3 км) – до 0,3 км/с. Граничная скорость вдоль раздела М в Ингулецко-Криворожской шовной зоне также увеличивается с 8,1 до 8,4 км/с. Учитывая слабую скоростную дифференциацию консолидированной коры щита, такие изменения можно считать весьма существенными.

На глубинном разрезе ОГТ [Бородулин, Байсарович, 1992] в Криворожско-Криворожской разломной зоне отмечен целый ряд наклонных отражающих площадок юго-западного падения, которым на разрезе ГСЗ (рис. 2) соответствует область, насыщенная точками дифракции.



**Рис. 2.** Фрагмент глубинного разреза вдоль геотранверса VIII и IV

(1 – отражающие площадки; 2 – внутрикоревая граница  $K_2$ ; 3 – поверхность М; 4 – изолинии скорости, км/с, 5 – глубинные разломы, 6 – точки дифракции)

Анализ поля нерегулярных отражающих элементов на разрезах ГСЗ и распределения точек обмена по данным МОВЗ дает представление о степени расслоенности среды, которая качественно может характеризовать интенсивность и направленность происходивших тектонических процессов.

В пределах Криворожско-Криворожской разломной зоны повышенная расслоенность характерна не только для коры на всех глубинных уровнях, но и для верхней мантии, где на глубинах 62–75 км зарегистрировано значительное

количество отражающих элементов [Соллогуб, 1986; Соллогуб, Ильченко, 1986].

Согласно работе [Кутас и др., 2008] в восточной части Ингулецко-Криворожской шовной зоны зафиксирована субвертикальная область повышенной обменоспособности среды (отношение амплитуды обменной волны к проходящей  $A_{ps}/A_p$ ). Как показали исследования в районе Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 [Глубинное..., 2004], обменные волны значительной интенсивности образуются, как правило, на “нежестких” контактах и указывают на повышенное напряженно-деформированное состояние среды либо на её расслоенность.

По данным [Кутас и др., 2008], на контакте Ингулецкого мегаблока и Ингулецко-Криворожской шовной зоны существует сложный тектонический узел, характеризующийся значительными перепадами в глубинах по поверхности М и  $K_2$ , увеличением пластовых и граничных скоростей и повышенными значениями расслоенности как коры, так и верхней мантии, что косвенно может свидетельствовать о повышенном напряженно-деформированном состоянии среды.

#### **Возможная природа Кировоградской аномалии электропроводности**

В исследуемом районе наблюдаются два объекта глубинной Кировоградской аномалии электропроводности на глубинах порядка 10–20 км и 20–30 км.

Генезис аномалий электропроводности установить достаточно сложно. Низкие значения сопротивления могут быть вызваны самыми разнообразными причинами. Например, частичным плавлением пород коры (преимущественно, образованием амфиболитовой фации метаморфизма в “гранитном” или переходном слоях) и мантии, включениями рудных минералов (в том числе магнитоактивных) и графита, дегидратацией глубинных коровых пород, наличием проводящего флюида разного происхождения и т.д. Совокупность нескольких упомянутых причин также может служить источником высокой электропроводности в земной коре и мантии Земли.

Согласно [Беляевский, Бурахович и др., 2001], природа проводников не может быть установлена на основе исключительно геоэлектрической информации. Необходимо привлечение других геолого-геофизических данных. Именно они могут ответить на вопрос: связано ли понижение сопротивления с аномальным прогревом недр, возможным частичным плавлением пород коры или появлением значительных концентраций флюидов при тепловой дегидратации? В случае неприменимости теплового объяснения, должны рассматриваться особенности состава коровых пород и др.

В работе [Лебедев, Шепель и др., 1996] представлен результат изучения электропроводности пород, поднятых из сверхглубокой Криворожской скважины (в пределах глубинной Кировоградской аномалии электропроводности) в интервале 1791–

5418 м. На глубинах 1791-1805 м обнаружены альбит-карбонатитовые породы с графитом.

Опыты по определению электропроводности состава порошка кварца и графита [Челидзе, 1987] показывают, что резкое уменьшение электрического сопротивления наступает при содержании графита 7 %, а для пачки увлажненных стеклянных пластинок – при содержании флюида 1,5 %. Такая ситуация скорее всего объясняется проводимостью, осуществляемой по порам крупнозернистого диэлектрика при заполнении их мелкозернистым проводником и поверхностной проводимостью, связанной с наличием пленок проводника. В последнем случае “пороговая объемная доля проводника может быть очень малой”. Удельное сопротивление водонасыщенных образцов альбит-карбонатитовой породы с графитом из Кировоградской сверхглубокой скважины могут достигать величин 0,5–1 Ом•м.

При анализе образцов NaCl-насыщенных амфиболитов, поднятых из глубин от 4 до 5 км континентальной сверхглубокой скважины (КТВ) в Германии, удельная электропроводность ( $\sigma$ ) измерялась при давлении 250 МПа и при комнатной температуре. В процессе опытов проявилась неожиданная характеристика зависимости  $\sigma$  от давления, которая имела анизотропный характер у большинства образцов. Полученные зависимости  $\log \sigma$  от давления имеют различный характер: для одних образцов отрицательный наклон, для других – положительный. Это свидетельствует о том, что при положительном наклоне прямой флюид уже не играет существенной роли в формировании общей электропроводности. Подробное исследование одного образца на присутствие электронного проводника и просмотр электронным микроскопом обнаруживают присутствие графита на поверхности кливажа в амфиболите. Таким образом, углерод, вероятно, доминирует в проводимости, но  $\sigma$  все еще включает влияние флюида, а также оксидов Fe–Ti. Для пород, поднятых из скважины КТВ, был сделан вывод, что причиной высоких значений электропроводности в средней части земной коры (более высоких, чем это может объяснить электропроводность силикатов) является присутствие связанных проводников, включающих пленки углерода на поверхности твердых фаз [Shankland at al., 1997].

Исследования сверхглубокой скважины в Германии показывают, что в интервале ниже 9100 м средняя часть коры отличается большим содержанием свободного флюида, а электрическая характеристика земной коры определяется наличием второстепенного графита (и/или сульфидов) [Zhenk Haifei at al., 1997].

Опираясь на детальные исследования [Беляевский, Бурахович и др., 2001], следует предположить, что механизм повышенной электропроводности может быть реализован по следующей схеме: в процессе десерпентинизации пород, вызванной избыточным давлением, высвободилось неко-

торое количество минерализованного флюида, который заполнил вновь образованную трещиноватость, вызванную тем же избыточным давлением. Флюид способствовал увеличению связанности проводников, в частности графитовых вкраплений и графитовых пленок на поверхности твердых фаз, в связи с чем общая электропроводность возросла до уровня, при котором возникла Кировоградская аномалия в геомагнитных вариациях.

Спектроскопический анализ образцов метаморфических и изверженных пород на Канадском щите показал существование тонких графитовых пленок, отложенных на границах зерен [Mareschal at al., 1992]. Эти же исследования обнаружили наличие рудных материалов на границах зерен, которые играют подчиненную роль в формировании проводимости горной породы, образовавшейся в средней или нижней части земной коры.

### *Обсуждение результатов*

Основные результаты статьи и предположения состоят в следующем. Эпицентр Криворожского землетрясения 14 января 2011 г., как и у предыдущих землетрясений, находится на восточной окраине Ингулецко-Криворожской шовной зоны, разделяющей Ингулецкий и Среднеприднепровский мегаблоки, в районе Криворожско-Криворожского разлома.

Согласно приведенным выше данным исследований ГСЗ и опираясь на работы [Кутас и др., 2008], можно с уверенностью утверждать, что район Криворожских землетрясений – это сложно построенная тектоническая зона, в которой отмечено резкое увеличение мощности земной коры (от 38 до 53 км) и ступенеобразное погружение всех отражающих сейсмических горизонтов. К тому же в районе Криворожско-Криворожского глубинного разлома зафиксировано увеличение расслоенности коры и верхней мантии, выраженное насыщением разреза отражающими элементами, ориентированными в разных направлениях, и точках дифракции.

Очаг землетрясения 14 января 2011 г. относится к Криворожско-Криворожской зоне разломов и расположен в сложном тектоническом узле пересечения разноориентированных разрывов.

В работе [Кутас и др., 2008] делаются выводы, что за последние десятилетия XX в. произошли изменения в знаке и скорости современных вертикальных движений земной коры от +6–7 до –3–4 мм/год, отражающие, по-видимому, глубинные процессы, происходящие в настоящее время. При изучении теплового потока в рассмотренном районе также зафиксированы значения  $Q$ , превышающие их средний уровень, характерный для УЩ.

В геоэлектрическом отношении исследуемый район находится в пределах континентальной Кировоградской аномалии электропроводности, которая выделяется в геомагнитных вариациях.

Опираясь на изложенное, можно предположить, что механизм повышенной электропроводности осуществляется с помощью связанной электронной

проводимости графита и минерализованными флюидами трещинно-порового пространства.

### Выводы

Принимая во внимание наличие повышенного теплового потока и современной тектонической активности, можно предположить, что в пределах исследуемого района, наряду с уже существующими графитовыми вкраплениями и пленками, имеет место вторичный метаморфизм, обусловивший формирование зоны десерпентинизации пород с образованием некоторого количества минерализованного флюида, заполнившего вновь образованное трещинно-поровое пространство. Наличие флюида в трещинно-поровом пространстве может ослаблять горные породы, а наличие графитовых пленок в свою очередь может выступать в качестве смазывающего материала на поверхности твердых фаз. Таким образом, можно ожидать, что под действием естественных тектонических напряжений и нарастающей антропогенной нагрузки в районе максимально ослабленных участков в качестве одного из спусковых механизмов может выступать понижение порога прочности геологической среды в связи с присутствием графитовых пленок, смазывающих твердые фазы, а также вследствие процесса образования ослабленных трещинно-поровых массивов в горных породах.

Исследования Криворожского землетрясения 14 января 2011 г. еще не закончены. Продолжается сбор и анализ сейсмологических данных как зарубежных, так и отечественных центров с целью уточнения положения эпицентра, глубины очага и прочих параметров землетрясения. Наряду с этим будет продолжено изучение глубинного строения сейсмогенной зоны и возможной природы Криворожских землетрясений. Важную геолго-геофизическую информацию может дать рассмотрение геолого-геофизических данных, полученных в районах с похожим геологическим строением и геодинамикой.

### Литература

Ананьин И.В. Сейсмоактивные зоны Восточно-Европейской платформы и Урала // Комплексная оценка сейсмической опасности. Вопросы инженерной сейсмологии. – М.: Наука. – 1991. – Вып. 32. – С. 106–121.

Беляевский В.В., Бурахович Т.К., Кулик С.Н., Сухой В.В. Электромагнитные методы при изучении Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. – К.: Общество “Знание” Украины. – 2001. – С. 127–167.

Бородулин М.А., Байсарович М.Н. Модель литосферы Украинского щита по материалам ОГТ // Геофиз. журн. – 1992. – 14, № 4. – С. 56–66.

Гинтов О.Б. Зоны разломов Украинского щита. Влияние процессов разломообразования на формирование структуры земной коры // Геофиз. журн. – 1994. – 26, № 3. – С. 3–24.

Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона / Под. ред. Н.В. Шарова. – Петрозаводск:

Изд. Ин-та геологии КарНЦ РАН, 2004. – С. 50–62.

Кутас В.В., Омельченко Г.М., Дрогицкая Г.М., Калитова И.А. Криворожское землетрясение 25 декабря 2007 г. // Геофиз. журн. – 2009. – 31, № 1. – С. 42–52.

Карта разрывных нарушений и основных линейментов юго-запада СССР (с использованием материалов космических съемок) / Гл. ред. Н.А. Крылов. – 1:1000000. – Киев: Мингео СССР, 1988. – 4 л.

Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы IV, VI, VIII / Гл. ред. А.В. Чекунов. – К.: Наук. думка, 1988. – 171 с.

Лебедев Т.С., Шепель С.И. Влияние водонасыщенности и пористости на электрические свойства пород, вскрытых Криворожской сверхглубокой скважиной (Украина) // Геофиз. журн. – 1996. – 18, № 1. – С. 62–72.

Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.А., Скляр А.М. Инструментальные и макросейсмические данные о процессах в очаговой зоне Криворожского землетрясения 25 декабря 2007 г. // Геофиз. журн. – 2010. – 32, № 2. – С. 75–97.

Соллогуб В.Б. Литосфера Украины. – К.: Наук. думка, 1986. – 183 с.

Соллогуб В.Б., Ильченко Т.В. Сейсмическая модель геотраверса VIII // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1986. – № 12 – С. 15–18.

Старостенко В.И., Гинтов О.Б., Пашкевич И.К., Бурахович Т.К., Кутас С.Н., Куприенко П.Я., Кутас Р.И., Макаренко И.Б., Орлюк М.И., Цветкова Т.А. Металлогения Украинского щита: закономерности размещения месторождений рудных полезных ископаемых, связь с глубинным строением и динамикой литосферы // Геофиз. журн. – 2007. – 29, № 6. – С. 3–31.

Старостенко В.И., Пашкевич И.К., Кутас Р.И. Глубинное строение Украинского щита // Геофиз. журн. – 2002. – 24, № 6. – С. 36–48.

Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника юга Европейской части СССР. – К.: Наук. думка, 1972. – 175 с.

Челидзе Т.А. Методы теории протекания в механике геоматериалов. – М: Наука, 1987. – 136 с.

Shankland T.J., Duba A.G., Mathez E.A., Peach C.L. Increase of electrical conductivity with pressure as an indicator of conduction through a solid phase in midcrustal rocks // J. Geophys. Res. – 1997. – 102, Iss: B7. – P. 14741–14750.

Zhenk Haifei, Xie Hongsen, Xu Yohsheng, Song Maoshuang, Guo Jie, Zhenk Yueming. The electrical conductivity of H<sub>2</sub>O at 0.21–4.18 GPa and 20–350 degrees C // Chin. Sci. Bukl. – 1997. – 42, Iss. 12. – P. 969–976.

Mareschal F., Fyfl W. S., Percival J., Chan T. Grain-boundary graphite In Kapuskasing gneisses and implications for lower-crustal conductivity // Nature. – 1992. – 357, Lss. 6380. – P. 674–676.

<http://www.aif.ua/society/news/31318> (электронный ресурс).

**КРИВОРІЗЬКИЙ ЗЕМЛЕТРУС 14 СІЧНЯ 2011 р.**

**А.М. Кушнір**

Розглянуто геолого-геофізичні умови району Криворізьких землетрусів в області, обмеженій координатами:  $\varphi=47,45\div 48,6^0$  N,  $\lambda=32,5\div 34,15^0$  E. Наведено детальний огляд матеріалів землетрусу 14 січня 2011 р. Автор робить припущення, що одним із спускових механізмів для місцевих землетрусів може бути наявність графітових плівок та утворення тріщинно-порових зон у гірських породах.

**Ключові слова:** епіцентри землетрусів; аномалії електропровідності; зони розломів; метаморфізм.

**KRIVOROZHSKY EARTHQUAKE OF JANUARY 14, 2011**

**A.N. Kushnir**

Geology-geophysical conditions of Kryvyi Rig earthquakes region are considered in limited by coordinates  $\varphi=47,45\div 48,6^0$  N and  $\lambda=32,5\div 34,15^0$  E area. Detailed description of materials of earthquake of the 14th of January 2011 is given. Author does supposition that presence there of graphite skins and formation of fractured-porous arrays in rocky breeds can be one of possible trigger mechanisms for local earthquakes.

**Key words:** epicenters of earthquakes; anomalies of conductivity; fault zones; metamorphism.