

**ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 3 ФЕВРАЛЯ 2015 г. -
НА ГРАНИЦЕ ПОЛТАВСКОЙ И СУМСКОЙ ОБЛАСТЕЙ УКРАИНЫ -
ПО МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИМ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ -**

И. П. Габсатарова¹, Е. А. Бабкова¹, Л. И. Надежка², С. П. Пивоваров¹, А. Е. Семенов¹,
А. В. Кендзера³, П. И. Пигулевский³, С. В. Щербина³, О. О. Чалый³, В. А. Ильенко³

¹ГС РАН, г. Обнинск, Россия

²Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

³Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Киев, Украина

Поступила в редакцию 11 декабря 2015 г.

Аннотация: представлены результаты интерпретации сейсмических записей землетрясения, которое произошло 3 февраля 2015 г. в 05^h56^m на границе Полтавской и Сумской областей с $mb=4,6$. Проведено макросейсмическое обследование его проявлений. Получены инструментальные и макросейсмические параметры гипоцентра землетрясения, уточнена магнитуда, рассчитанная по поверхностным волнам, восстановлен механизм очага.

Ключевые слова: сейсмичность, землетрясение, эпицентр, магнитуда, механизм очага, сейсмическая станция.

**THE EARTHQUAKE ON FEBRUARY 3, 2015 -
ON THE BORDER OF POLTAVA AND SUMY REGIONS OF UKRAINE -
ON MACROSEISMIC AND INSTRUMENTAL DATA -**

Abstract: presents the results of interpretation of seismic records of the earthquake that occurred on February 3, 2015 in 05h56m on the border of Poltava and Sumy regions with $mb=4,6$. Carried out the macroseismic survey of its manifestations. Received instrumental and macroseismic parameters of hypocenter of the earthquake, clarified the magnitude calculated for surface waves, the restored mechanism of the source.

Key word: seismicity, earthquake, epicenter, magnitude, focal mechanism, seismic station.

Редкие сейсмические события природного характера, в условиях платформы, вызывают повышенный интерес сейсмологов даже в случае их небольшой магнитуды, особенно если известны факты ощутимости в населенных пунктах. Сейсмическими станциями Геофизической службы РАН и станциями многих Европейских сетей 3 февраля 2015 г. в 05^h56^m было зарегистрировано землетрясение с магнитудой $mb=4,6$ на границе Сумской и Полтавской областей Украины. По историческим данным непосредственно в этой части Украины землетрясения не наблюдались. На платформенной части Украины известно несколько ощутимых местных землетрясений. Их очаги находились в пределах земной коры, в результате чего сейсмический эффект имел локальный характер. Интенсивность сейсмических сотрясений в эпицентральной зоне достигала 6–7 баллов по шкале MSK-64. По историческим данным, приведенным в [1], такие землетрясения проявились на границе Кировоградской и Черкасской областей – 7 баллов (в 1873 г.); в Донецкой области (район Константиновки) – 6±1 балл (в 1937 г.); Харьковской – 5–6 баллов (1858 и 1913 го-

ды); Черниговской – 5±1 балл (в 1905 г.); Тернопольской – 6 баллов (в 2002 г.) и в ряде других мест.

В соответствии с Картами общего сейсмического районирования территории Украины (ОСР-2004-А, -В и -С) [2] эпицентр землетрясения находился в зоне, где возможные землетрясения не могут вызывать сотрясения более 5 баллов по шкале MSK-64 с вероятностью не превышения 95 % и 6 баллов, с вероятностью не превышения 99 % за ближайшие 50 лет.

Эпицентр землетрясения располагался в зоне сочленения двух крупных структурных элементов Восточно-Европейской платформы – северного крыла Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) и южного склона Воронежского кристаллического массива (ВКМ).

В целом, ДДВ представляет собой наложенный осадочный бассейн, который заполняет глубоко погруженную часть консолидированного архейско-палеопротерозойского кристаллического фундамента [3, 4]. Она входит в состав западного сегмента Сарматско-Туранского линеамента. Последний в пределах ВЕП отсекает Ураинский щит (УЩ) от Русской плиты (рис. 1).

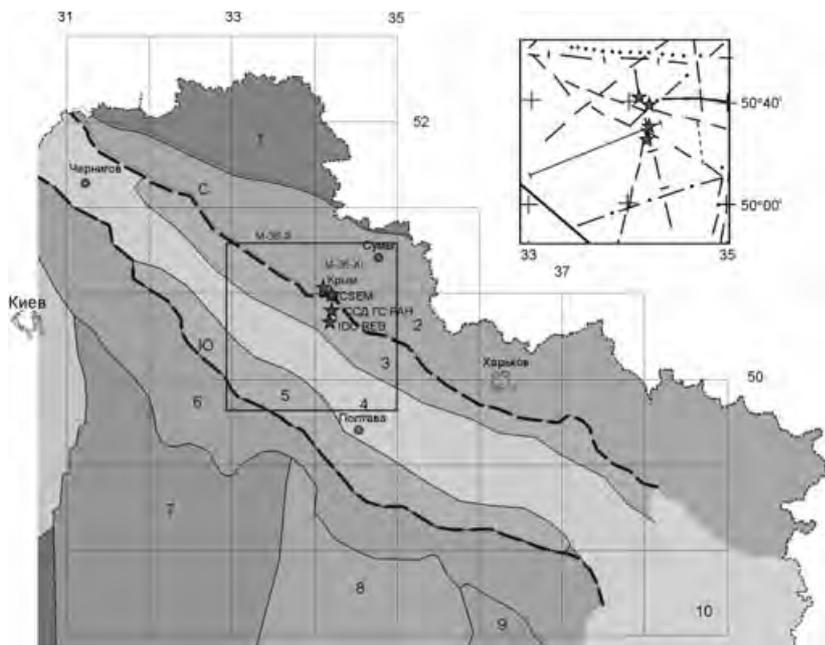


Рис. 1. Фрагмент схемы тектонического районирования Украины [2, 3]. Условные обозначения: 1 – Воронежский массив; Днепро-Донецкая впадина – (2-6): 2 – Северная бортовая зона; 3 – Северная прибортовая зона; 4 – Центральная зона; 5 – Южная прибортовая зона; 6 – Южная бортовая зона; 7 – Кировоградский (Ингульский); 8 – Среднеприднепровский; 9 – Приазовский; 10 – Складчатый Донбасс. С – Северный и Ю – Южный краевые разломы, показаны пунктиром. «Звездочками» обозначены эпицентры, полученные в различных центрах. На врезке – фрагмент схемы разломов по данным разных авторов [5].

Следует отметить, что по данным изложенным в работах [6, 7], строение земной коры в сторону оси ДДВ и ВКМ существенно меняется, т.е. район, где произошло землетрясение, характеризуется значительными горизонтальными неоднородностями. По данным [8–10] землетрясение произошло в пределах одной из современных геодинамически активных зон, выделяемых на территории Украины.

Ощутимость землетрясения

Оно ощущалось в ряде населенных пунктов Сумской и Полтавской областей Украины.

Для изучения сейсмических проявлений на поверхности Земли Институтом геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины проведено макросейсмическое обследование последствий землетрясения. Опрос проводился в тринадцати населенных пунктах, кроме этого было собрано сто одиннадцать письменных опросных анкет. По данным визуального наблюдения и обработки информации, полученной в результате опроса населения в районах, где ощущалось землетрясение, построена карта-схема его макросейсмических проявлений на территории Сумской и Полтавской областей, представленная на рис. 2. По результатам обследований определены координаты макросейсмического эпицентра землетрясения: широта $50,49^{\circ}\text{N}$, $34,22^{\circ}\text{E}$ – соответственно. К сожалению, не удалось надежно построить 5-ти балльную изосейсту землетрясения.

Из рис. 2 следует, что в эпицентральной зоне землетрясения на грунтах 2-й категории по сейсмическим свойствам наблюдались 6-ти балльные сейсмические проявления. Находящиеся на открытой местности люди ощущали два следующих друг за другом толчка. В домах падали незакрепленные предметы, передвигалась и падала мебель, люди пугались и выбегали из

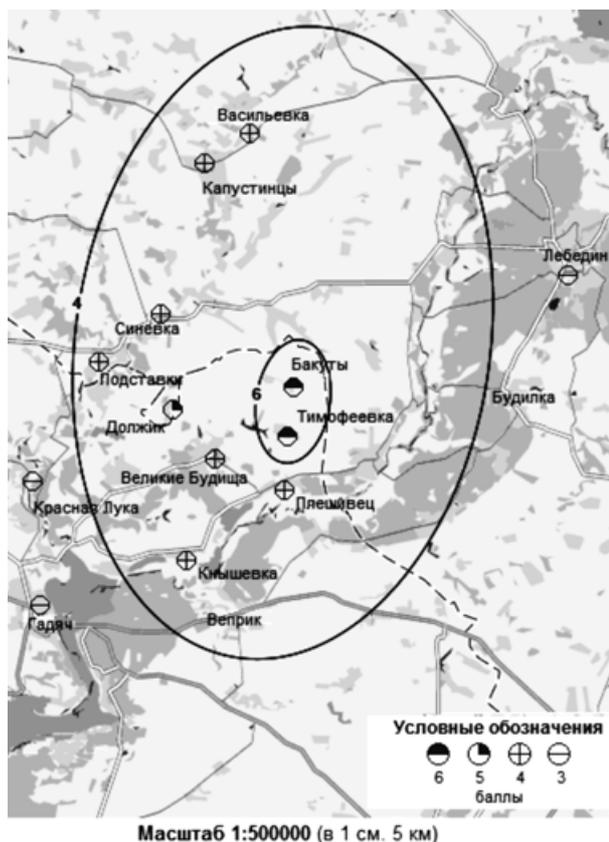


Рис. 2. Карта изосейст землетрясения 3 февраля 2015 г. с $m_b=4,6$.

домов. Сильно колебалась вода в резервуарах. В очаговой зоне в отдельных кирпичных домах наблюдались трещины в стенах и разрушение дымовых труб, во многих сельских постройках появились трещины в штукатурке. Землетрясение охватило площадь в радиусе 50 км от макросейсмического эпицентра. Макси-

мальные наблюдаемые сейсмические эффекты, в целом, соответствуют интенсивности, показанной на картах общего сейсмического районирования ОСР-2004-С, являющейся составной частью Государственных строительных норм ДБН В.1.1:12-2014 «Строительство в сейсмических районах Украины».

Параметры землетрясения 3 февраля 2015 г.

По инструментальным данным параметры этого землетрясения были определены в различных сейсмологических центрах, четыре из которых наиболее интересны для настоящего исследования: ССД ГС РАН – служба срочных донесений ГС РАН, КРЫМ – центр Института сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия, CSEM-Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр, Страсбург, Франция; IDC REB – Венский центр IDC (Австрия).

Параметры землетрясения были также определены в трех европейских центрах: NAO (Норвежский центр

NORSAR), PRU (Сейсмический центр Геофизического института Чешской академии наук), GFZ (Сейсмологический центр Программы GEOFON Потсдам, Германия). Станционные данные, полученные в этих центрах, влились в сводный список станций, используемый Средиземноморским центром CSEM.

Результаты определения положения эпицентра несколькими центрами представлены в таблице 1 и на рисунке 1. Координаты эпицентров по данным трех центров расположились на 32-х километровой удаленности друг от друга. Два северных положения получены по данным Крымского и Средиземноморского CSEM центров, вблизи с. Васильевка Сумской обл., южное положение эпицентра – по данным Венского центра IDC REB, вблизи села Пleshивец Полтавской обл. Эпицентр ССД ГС РАН находится примерно на одинаковом расстоянии от двух других в центре зоны. Известные макросейсмические проявления находятся ближе к эпицентру по данным IDC REB.

Таблица 1

Основные параметры землетрясения 3 февраля 2015 г. по данным трех агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					N Станций /GAP, °	Магнитуда
			φ° , N	ℓ_{\max} , км	λ° , E	ℓ_{\min} , км	h , км		
ССД ГС РАН	05 56 28,2		50,51		34,21		10		$mb=4,5\pm 0,3$
КРЫМ ГС РАН	05 56 29,1		50,70	10	34,10	10	10	9	$K_p=10,7\pm 0,1$ (5); $M_b=3,1$ (3) $M_{SH}=3,9$ (4); $M_d=4,0$ (3)
CSEM	05 56 30,5	1,54	50,65	5,7	34,21	5,1	10	162/45	$mb=4,6$
IDC REB	05 56 30,1	0,42	50,4246	6,7	34,1857	5,8	0f	31/53	$M_L=4,3\pm 0,1$, $mb=$ $4,3\pm 0,1$, $M_S=2,7\pm 0,1$



Рис. 3. Положение сейсмических станций, участвующих в определении координат гипоцентра землетрясения 3 февраля 2015 г. на границе Сумской и Полтавской областей.

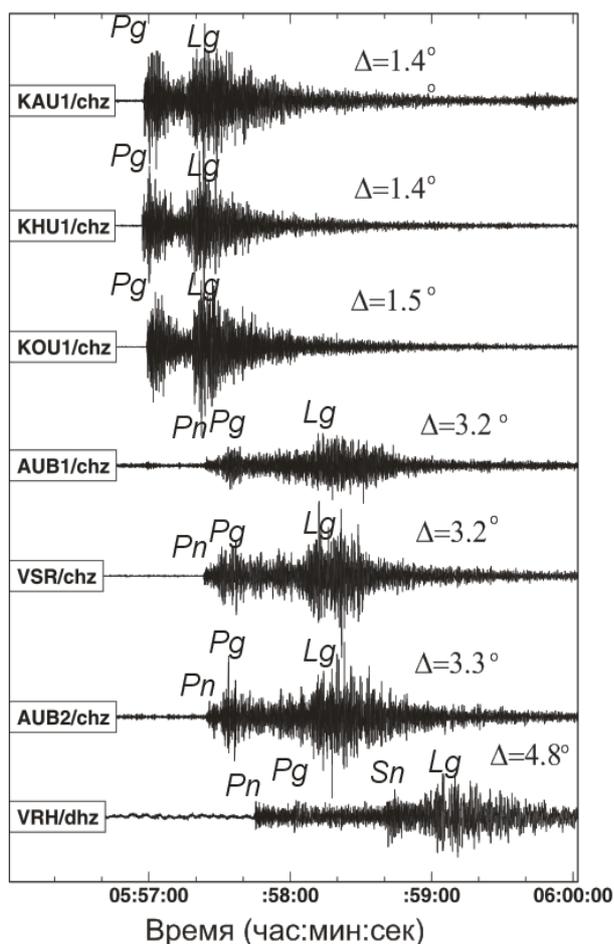


Рис. 4. Интерпретация записей вертикальной компоненты волнового поля землетрясения по данным семи станций, расположенных на территории Воронежского кристаллического массива (без применения фильтрации). Указано эпицентральное расстояние в градусах.

Для уточнения положения эпицентра и его глубины были собраны записи отдельных сейсмических станций, хорошо окружающих предполагаемый эпицентр (рис. 3). Записи всех станций были тщательно обработаны, выделены все возможные сейсмические фазы, которые участвовали в определении координат гипоцентра.

В состав собранной «виртуальной» сети кроме станций ГС РАН вошли: станции Украинской сети – группа «Малин» (AKASG), входящая в международную сеть IMS, и станции, принадлежащие Институту геофизики имени С.И. Субботина НАН Украины: «Полтава» (MI02), «Сквира» (MI03), «Десна» (MI01), «Днепропетровск» (MI04), «Николаев» (MI07), «Кривой Рог» (UK15), «Львов» (LVV) и «Ужгород» (UZH). Кроме того, были привлечены записи польской станции «Сувалки» (SUW), эстонской «Васула» (VSU), финской группы HFS, норвежской станции KONO, румынской станции MLR, а также сейсмические записи российских станций Крыма («Севастополь» (SEV), «Симферополь» (SIM), «Судак» (SDK) и «Алушта» (ALU), казахстанских станций «Боровое» (BRVK) и «Курчатов» (KURK). По запросу в национальную службу Беларуси были получены записи станций «Минск» и «Нарочь».

Ближайшими к эпицентру землетрясения из российских станций были сейсмические станции Курской локальной сети в районе Курской АЭС (KAU1, KOU1, KHU1), расположенные на расстоянии от 150 – 170 км. На расстоянии 350 – 370 км были удалены станции Нововоронежской локальной сети (AUB1, AUB2), а также станции Воронежской региональной сети – «Новохоперск» (VRH) и «Сторожевое» (VRS). На этих станциях самые четкие записи и наиболее полная волновая картина с выделением сейсмических фаз (рис. 4).

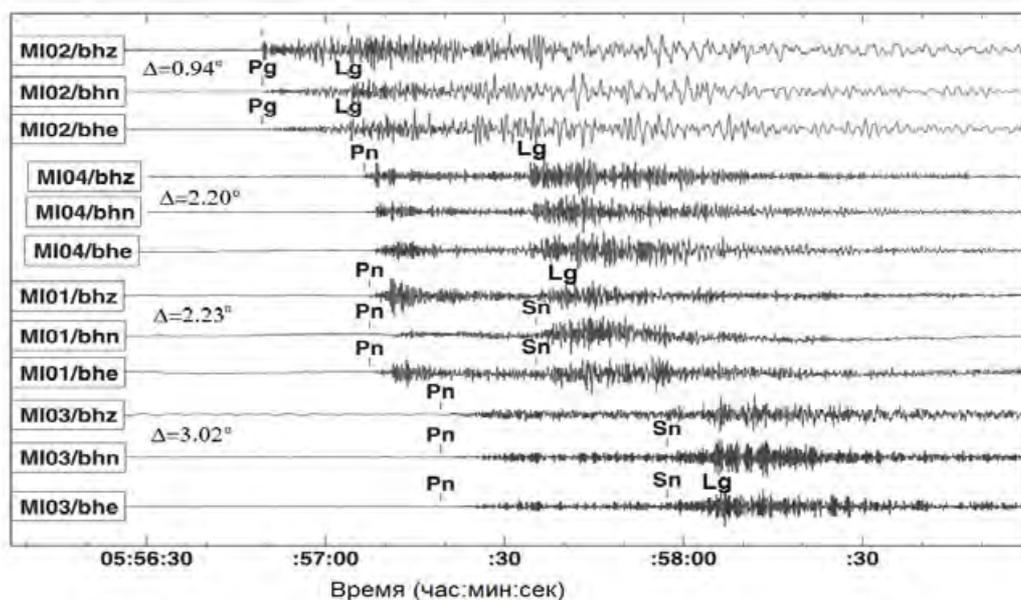


Рис. 5. Трехкомпонентные записи землетрясения 3 февраля 2015 г. по данным четырех украинских станций: «Полтава» (MI02), «Днепропетровск» (MI04), «Десна» (MI01) и «Сквира» (MI03).

Записи Украинских станций в ближней зоне ($\Delta < 400$ км) (рис. 5) значительно отличаются от записей станций, расположенных на Воронежском кристаллическом массиве (рис. 4). Особенно нужно отметить запись станции «Полтава» (MI02), удаленной примерно на 100 км от эпицентра и расположенной в пределах ДДВ. Для нее характерна большая длительность, достигающая 3 минут, отсутствие четкого разделения сейсмических фаз, нормальной затухающей коды *Pg* и *Lg*-волн, плохая выраженность отдельных цугов поверхностных волн.

Такая картина, на ближайшей станции, может указывать на неглубокий очаг землетрясения. Из-

вестно еще одно землетрясение близ Полтавы ($\Delta = 0,50^\circ$), которое произошло 14 мая 2010 г. в 23^h 16^m и по нашим данным имело глубину очага примерно 10 км. Сравнение записей этих двух событий (рис. 6), указывают на значительные различия в характере волновой картины. Такое сравнение исключает фактор специфического глубинного строения непосредственно под станцией. Различия, на наш взгляд, можно объяснить разными трассами – исследуемое землетрясение 3 февраля 2015 г. произошло на северном борту ДДВ, землетрясение 14 мая 2010 г. – на южном борту ДДВ и с разными глубинами очага.

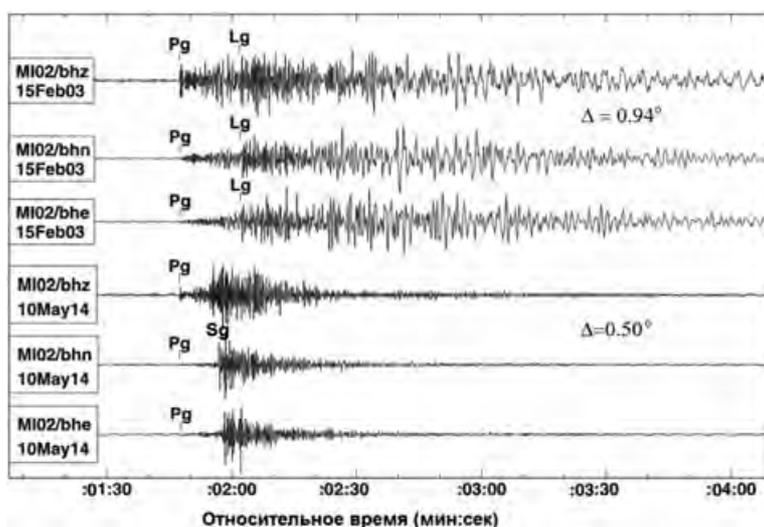


Рис. 6. Трехкомпонентные записи на станции «Полтава» (MI02) двух землетрясений в Днепрово-Донецкой впадине: 3 февраля 2015 г и 14 мая 2014

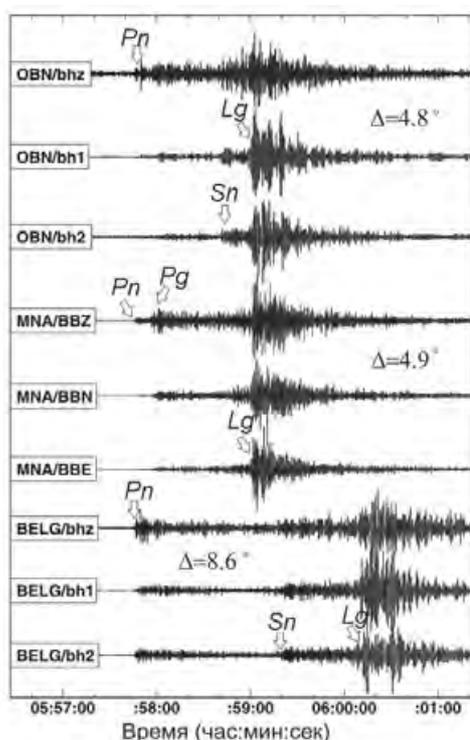


Рис. 7. Волновая картина землетрясения 3 февраля 2015 г. на станциях «Обнинск», центральном пункте сейсмической группы «Михнево» и «Белогорное».

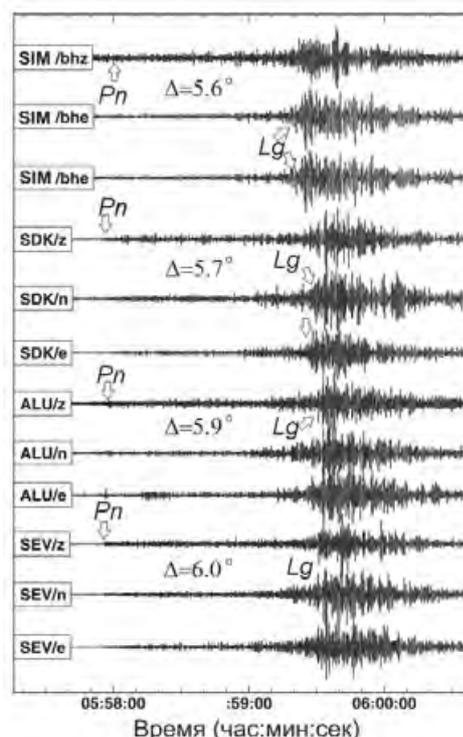


Рис. 8. Трехкомпонентные записи четырех станций Крымской сети, отфильтрованные в полосе 1–5 Гц

В центральной части Восточно-Европейской платформы расположены станции «Обнинск», «Москва» и сейсмическая группа «Михнево» (MHVAR, центральный пункт MNA), принадлежащая Институту динамики геосфер РАН [11], а также недавно открытая станция «Белогорное» (BELG), принадлежит ГС РАН и международной сети IMS. Введение станции BELG в эксплуатацию позволило уменьшить брешь в окружении эпицентров землетрясений юго-западной части платформы и следовательно повлиять на качество локации эпицентров слабых землетрясений в этих зонах.

Трехкомпонентные записи станций центральной зоны ВЕП приведены на рис. 7. Отмечается слабая по динамике группа *P*-волн и интенсивная группа поперечных волн, идентифицируемая скорее как *Lg*-волна.

На записях станций Крымской сети ($\Delta=5,6-6,0^\circ$) подобное соотношение в энергетической выраженности записей групп продольных и поперечных волн еще более заметно (рис. 8): выделение вступлений *P*-волн затруднено на фоне помех, отчетливо выделяется группа поперечных волн.

Уточнение магнитуды землетрясения

Практика показывает, что для слабых сейсмических событий с $mb=3,5-4,5$ магнитуда по поверхностной волне определяется крайне редко. Это связано с тем, что имеются региональные особенности по затуханию энергии поверхностной волны и специфический диапазон периодов для волны Релея, а отчасти и

$$M_{s(b)} = \log(a_b) + \frac{1}{2} \log(\sin(\Delta)) + 0,0031 \left(\frac{20}{T} \right)^{1,8} \cdot \Delta - 0,66 \log \left(\frac{20}{T} \right) - \log(f_c) - 0,43,$$

где a_b – амплитуда в нанометрах в максимуме волны Релея, Δ – эпицентрально-расстояние в градусах, T – период в максимуме волны Релея, f_c – угловая частота, которая используется для нахождения частотной полосы для фильтров, вычисляется по формуле:

$$f_c = \frac{G_{\min}}{T\sqrt{\Delta}}$$

Для континентальных трасс и периодов в волне Релея между 8 и 25 с, величина $G_{\min}=0,6$ (основана на дисперсионных эффектах).

В ГС РАН составлен алгоритм, в котором учтены рекомендации авторов MS(Vmax). Он реализован через процедуры, созданные на основе SAC 2000 [14]. Согласно алгоритму задается интервал периодов, для которых из рассчитанной f_c строятся фильтры Баттерворта, третьего порядка, нульфазовые, центральные отметки фильтров смещаются со сдвигом в 1-секундный интервал. Задаются коды станций, эпицентрально-расстояние, которое учитывается при расчете интервала, где осуществляется поиск максимальной фазы волны Релея. Строится огибающая функция отфильтрованного сигнала и измеряется максимальная амплитуда от нуля до пика во временном окне, ширина которого определяется значениями групповой

вообще неуверенное выделения цуга для измерения амплитуды. Однако именно эта магнитуда участвует в законе затухания макросейсмической интенсивности и, поэтому, в унифицированных каталогах, участвующих в задачах сейсмического районирования, к ее значению пересчитываются все другие энергетические и магнитудные определения. Все формулы пересчета грешат неточностями, зависящими от представительности выборок, на которых они построены, поэтому получение инструментальных значений магнитуды по поверхностной волне крайне важно.

Среди предлагаемых для слабых землетрясений, оказался привлекательным метод вычисления широкополосной магнитуды по поверхностной волне MS(Vmax) [12], где оценка магнитуды по поверхностной волне производится при замерах амплитуд волны Релея в 9 интервалах частот с периодами от 8 до 25 секунд, вместо обычно применяемого 17–23 секундного периода. Метод позволил увеличить количество наблюдений Ms для небольших землетрясений на региональных расстояниях. Полученные результаты привели к разработке метода во временной области для измерения поверхностных волн [13] с минимальной цифровой обработкой с помощью нуль-фазового фильтра Баттерворта. Такая методика показывает стабильность результата, как на региональных, так и на телесеизмических расстояниях. В условиях континентальной коры формула расчета MS(Vmax) в расширенном диапазоне периодов имеет вид:

скорости 4,0 км/с и 2,0 км/с.

Для контроля правильности выбранного сигнала поверхностной волны Релея при измерении амплитуды во временной области производится расчет отношения сигнал/шум в области, окружающей сигнал в интервале, равном половине ширины исследуемого участка (установленного по групповым скоростям).

Записи нескольких станций исследуемого землетрясения были подвергнуты такому анализу. Следует отметить, что станций, хорошо записавших поверхностную волну Релея, было немного: наиболее отчетливо волна была выделена на станциях «Васула» (VSU) и «Белогорное» (BELG) (рис. 9).

Несколько менее выражено, но все же уверенно и с хорошим отношением сигнал/шум, выделяются поверхностные волны на станциях «Кисловодск» (KIV), «Ловозеро» (LVZ), «Боровое» (BRVK), «Обнинск» (OBN). Еще менее отчетливо волна выделяется на записи «Курчатов» и «Арти». Результаты определенных сведены в табл. 2.

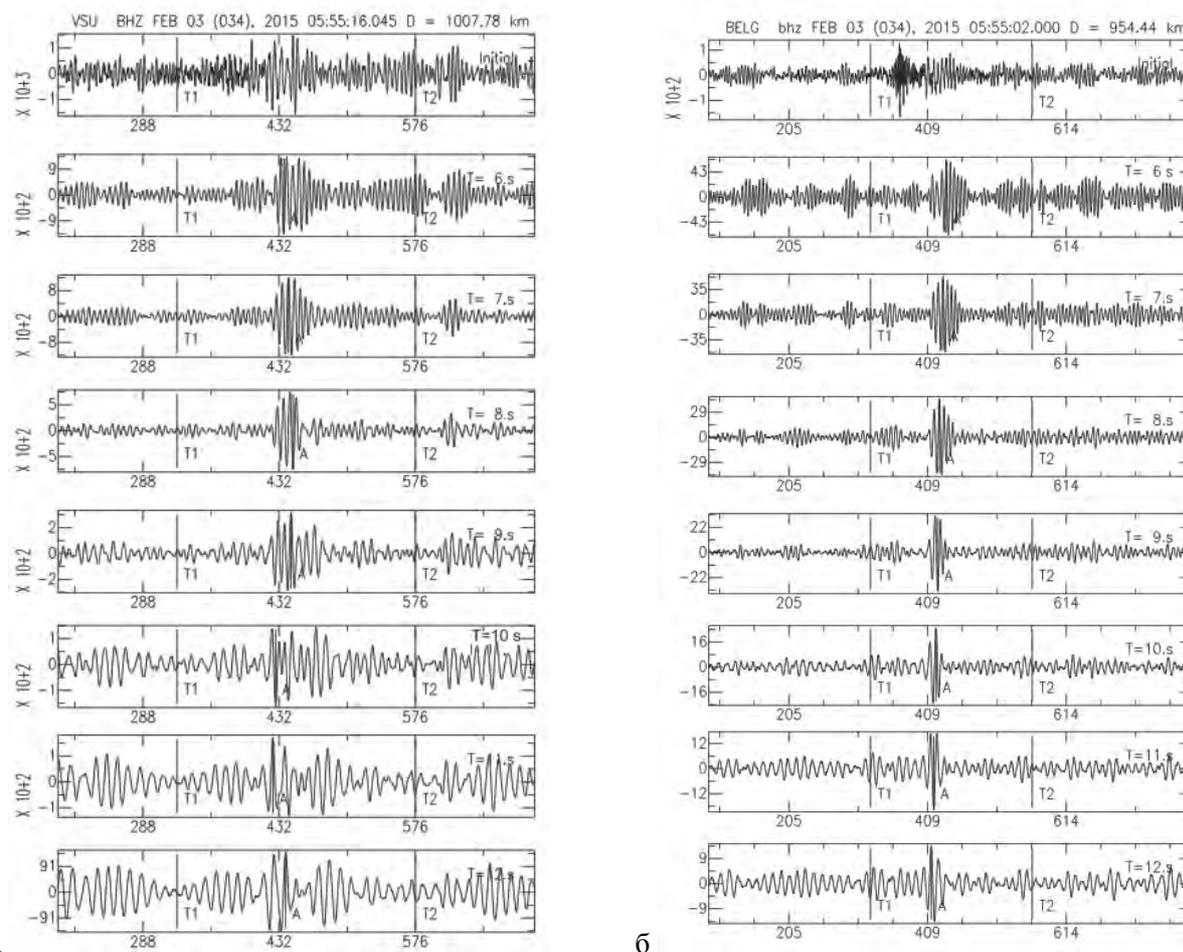


Рис. 9. Записи на вертикальной компоненте станций а – «Васула» (VSU) и б –Белогорное» (BELG), отфильтрованные в соответствии с методикой определения M_S [12]. T1, T2 – метки групповых скоростей 4,0 км/с и 2,0 км/с соответственно.

Таблица 2

Результаты вычисления $M_S(VMAX)$ для землетрясения 03.02.2015 г. в $05^h 56^m$

№	Код станции	Эпицентральное расстояние, градусы	Групповая скорость LR км/с	$A_{max} LR$, нанометры	$T_{max} LR$, сек	$M_S(VMAX)$
1	OBN	4,83	2,62	617	5,5	2,9
2	BELG	8,59	2,82	330	7,8	2,8
3	KIV	8,72	2,29	76	10,8	2,7
4	VSU	9,07	2,70	343	7,0	3,2
5	ARU	15,63	2,46	34	14,8	2,8
6	LVZ	17,44	2,99	122	8,7	3,2
7	BRVK	22,31	3,27	42	12,0	3,0
8	KURK	27,88	2,43	26	11,0	2,9
Среднее значение M_S						2,9±0,2

Отмечено, что на записях станции «Анапа» поверхностная волна вообще не выделяется. Но по записям «Анапы» были произведены замеры в максимуме сейсмических фаз и вычислены энергетический класс и локальная магнитуда $K_p=10,4$ и $M_L=4,0$.

Механизм очага

Несмотря на особенность записей малоамплитудных P-волн для двадцати двух станций, удалось определить знак первого вступления, который характеризует полярность волны (приход на станцию волны сжатия или растяжения). На одиннадцати

станциях зарегистрирована волна сжатия, на стольких же – волна растяжения. Эти станции были расположены на расстояниях от $0,94^\circ$ до 15° от эпицентра и равномерно окружали эпицентр, поэтому удалось с удовлетворительной точностью построить механизм очага этого землетрясения с использованием программы FA [15]. Параметры механизма очага представлены в таблице 3, диаграмма (нижняя полу-сфера) – на рис. 10.

Согласно полученному решению механизма, движение в очаге произошло преимущественно под воздействием сил сжатия, направленных с юго-востока.

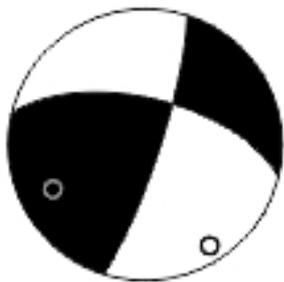


Рис. 10. Диаграмма механизма очага в соответствии с наиболее вероятным решением по знакам первого вступления Р-волн.

Тип движения в очаге определен как сдвиг со взбросовой компонентой: по одной нодальной плоскости NP1 с субмеридианальным простиранием (STK=18°) – левосторонний сдвиг, по нодальной плоскости NP2 с субширотным простиранием (STK=283°) – правосторонний сдвиг. Обе плоскости имеют крутое падение (DIP=62–81°). Какая из них может быть связана с

действующим разрывом, возможно определить лишь при интерпретации совместно с детальными данными тектоники этого района.

Возможны ли такие простирания нодальных плоскостей сопоставить с преобладающими известными тектоническими направлениями в разломных зонах? Как подчеркивалось в [16], система широтных зон разломов играет важную роль в истории становления современной структуры всей Восточно-Европейской платформы и Днепровско-Донецкой впадины. Эта система более молодая по сравнению с аналогичными докембрийскими зонами разломов диагональной системы. К субмеридианальным структурам может быть отнесен трансрегиональный тектонический шов Херсон-Смоленск [17].

Таким образом, полученные простирания нодальных плоскостей механизма очага землетрясения 3 февраля 2015 г. на границе Сумской и Полтавской областей не противоречат имеющимся тектоническим представлениям об этой зоне.

Таблица 3

Параметры механизма очага землетрясения 3 февраля 2015 г.

№	Дата, д м г	t_0 , ч мин с	Магнитуда m_b	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				T		N		P		NP1			NP2		
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	03.02.2015	05 56 30.2	4,6	26	244	60	34	13	148	18	81	28	283	62	170

Выводы

Землетрясение, произошедшее на северном борту Днепровско-Донецкой впадины (южном склоне Воронежского кристаллического массива) 3 февраля 2015 г. с $m_b=4,6$, еще раз подтвердило, что платформенные территории не являются сейсмически пассивными. Несмотря на некоторые различия в определении координат эпицентра землетрясения различными способами и организациями, отметим, что землетрясение произошло в узле пересечения крупных тектонических нарушений. Тип движения в очаге определяется как сдвиг со взбросовой компонентой. Сопоставление параметров землетрясения с тектоническими характеристиками зоны эпицентра показало, что полученные результаты не противоречат тектоническим представлениям об этой зоне.

Землетрясение зарегистрировано большим количеством сейсмических станций, как на территории Украины и России, так и сейсмическими станциями, расположенными на территории сопредельных государств. Это позволило выполнить интерпретацию данных, получить координаты очага землетрясения и оценить характер его механизма. Оно является верхнекоровым, с глубиной очага не превышающей 10 км.

Землетрясение на территории ВЕП не первый раз ставит перед сейсмологами вопросы, связанные с недостаточностью применения традиционных, для тектонически-активных областей, методов определения параметров землетрясений.

Уверенное определение координат гипоцентров землетрясений на ВЕП требует компиляции данных, с

целью создания виртуальной сети, в состав которой должны быть включены станции региональных сетей многих европейских государств.

Установленная местная сейсмическая активность на указанной территории не представляет прямой опасности для населения, но требует постоянного контроля, так как остается потенциальная возможность ее увеличения во времени. Известно, что под суммарным воздействием природных и техногенных факторов, поле напряженно-деформированного состояния горных пород подвергается перераспределению, вследствие чего могут активизироваться опасные геологические процессы (разуплотнение грунта, провалы, сдвиги, наклоны поверхности, подтопление и др.) и наведенная сейсмичность.

Результаты инструментальной регистрации сейсмических колебаний и макросейсмических исследований будут использоваться для прогнозирования будущих возможных землетрясений на территории ДДВ с целью сейсмической защиты населения и важных промышленных объектов.

Благодарности

Коллектив авторов признателен всем организациям и сейсмологам приславшим записи станций для совместной обработки: особенно Ароновых А. Г. и Т. И. (Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси, г. Минск), Свидлову В. А. и Сычкину З. Н. (Институт сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия), Санину И. А. (Институт динамики

геосфер РАН, г. Москва), Лесового Ю. В. и Шляхового В. П. (Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины).

ЛИТЕРАТУРА

1. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времен по 1975 г.) / Под ред. Н. В. Кондорской, Н. В. Шебалина. – М.: Наука. – 1977. – 535 с.
2. Пустовитенко, Б. Г. Новые карты сейсмического районирования территории Украины / Б. Г. Пустовитенко, В. Е. Кульчицкий, А. А. Пустовитенко // Особенности модели долговременной сейсмической опасности // Геофизический журнал, 2006. – Т. 28. – № 3. С. 54–77.
3. Тектоническая карта Украины. М-б 1:1 000 000 (Гл. ред. С. С. Круглов, Д. С. Гурский). – Киев: УкрНГРИ, 2007.
4. Тектоническая карта Украины. М-б 1:1 000 000. Пояснительная записка. – Киев: УкрНГРИ, 2007. – Часть I. – 95 с., Часть II. – 74 с.
5. Трегуб, А. И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива / А. И. Трегуб // Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 9. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 2002. – 220 с.
6. Куприенко, П. Я. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса / П. Я. Куприенко [и др.] // Геофизический журнал, 2010. – Т. 32. – № 6. – С. 175–211.
7. Литосфера Воронежского кристаллического массива по геофизическим и петрофизическим данным / Под ред. Н. М. Чернышова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга». – 2012. – 330 с.
8. Сафронов, О. Н. Сейсмоструктурные условия и сейсмическая опасность платформенной части Украины (для целей размещения объектов атомной энергетики): дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Симферополь–Киев: ИГФ НАН Украины. – 2005. – 135 с.

Геофизическая служба РАН, Обнинск, Россия

Габсатарова И. П., кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией

E-mail: ira@gstras.ru; Тел.: +7 (48439) 309-64

Бабкова Е. А., инженер-исследователь

E-mail: ira@gstras.ru; Тел.: +7 (48439) 763-71

Пивоваров С. П., научный сотрудник

E-mail: serg@geophys.vsu.ru; Тел.: +7 (473) 255-78-44

Семенов А. Е., младший научный сотрудник

E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru; Тел.: +7 (473) 255-78-44

Воронежский государственный университет

Надежка Л. И., кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией глубинного строения, геодинамики и сейсмического мониторинга им. проф. А. П. Таркова

E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru; Тел.: +7 (473) 255-78-28

Институт геофизики НАН Украины, Киев

Кендзера А. В., кандидат физико-математических наук, заместитель директора по научной работе

E-mail: kendzera@igph.kiev.ua; Тел.: +380-444-23-81-43

Пигулевский П. И., доктор геологических наук, старший научный сотрудник

E-mail: kendzera@igph.kiev.ua; Тел.: +380-444-23-81-43

Щербина С. В., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

E-mail: nohup@ukr.net; Тел.: +38-044-424-29-44

Чалый О. О., кандидат физико-математических наук, научный сотрудник. E-mail: kendzera@igph.kiev.ua; Тел.: +380444238143

Ильенко В. А., кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник. E-mail: kendzera@igph.kiev.ua; Тел.: +380-444-23-81-43

9. Сафронов, О. Н. Геодинамически активные зоны и перспективы уточнения сейсмического районирования территории Украины / О. Н. Сафронов // Геодинамика, 2012. – № 1 (12). – С. 152–157.

10. Гордиенко, В. В. Глубинные процессы и сейсмичность / В. В. Гордиенко // Геофизический журнал, 2014. – Т. 36. – № 1. – С. 19–42.

11. Адушкин, В. В. Многофункциональная малоапертурная сейсмическая группа (МСА) “Михнево” / Адушкин В. В. [и др.] // Динамика взаимодействующих геосфер: Сб. науч. трудов ИДГ РАН. М.: ИДГ РАН. – 2004. – С. 389–392.

12. Bonner, J. L. Development of a time-domain, variable-period surface wave magnitude measurement procedure for application at regional and teleseismic distances. Part II: Application and Ms-mb Performance / J. L. Bonner [et al.] // Bull. Seism. Soc. Am., 2006. – 96: 678–696 pp.

13. Russell, D. R. Development of a time-domain, variable-period surface wave magnitude measurement procedure for application at regional and teleseismic distances. Part I: Theory / D. R. Russell // Bull. Seism. Soc. Am., 2006. – 96: 665–677 pp.

14. Golstein, P. SAC2000: Signal processing and analysis tools for seismologists and engineers / Golstein P., Dodge D., Firpoand M. and Lee M. // Invited contribution to «The IASPEI International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology» / Ed. by W. H. K. Lee, H. Kanamori, P. C. Jennings and C. Kisslinger. – London: Academic Press, 2003.

15. Ландер, А. В. Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений Р-волн) / А. В. Ландер – М. – 2006. – 27 с.

16. Старостенко, В. И. Плотностная неоднородность земной коры вдоль широтных зон разломов Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины / В. И. Старостенко [и др.] // Геофизический журнал, 2012. – Т. 34. – № 6. – С. 113–132.

17. Соллоуб, В. Б. Литосфера Украины / В. Б. Соллоуб. – К.: Наук. Думка, 1986. – 184 с.

Geophysical Service of the Russian Academy

Gabsatarova I. P., the Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory

E-mail: ira@gstras.ru; Тел.: +7 (48439) 309-64

Babkova E. A., engineer researcher

E-mail: ira@gstras.ru; Тел.: +7 (48439) 763-71

Pivovarov S. P., Research Worker

E-mail: serg@geophys.vsu.ru; Тел.: +7 (473) 255-78-44

Semenov A. E., Research Worker

E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru; Тел.: +7 (473) 255-78-44

Voronezh State University

Nadezhka L. I., candidate of Geological and Mineralogical Sciences, head of A. P. Tarkov Laboratory of deep structure, geodynamics and seismic monitoring

E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru; Тел.: 8 (473) 255-78-28

Institute of Geophysics National Academy of Sciences of Ukraine

Kenzera A. V., the Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Depute Director

E-mail: kendzera@igph.kiev.ua; Тел.: +380-444-23-81-43

Pigulevskiy P. I., the Doctor of Geological Sciences, senior researcher

E-mail: kendzera@igph.kiev.ua; Тел.: +380-444-23-81-43

Shcherbina S. V., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher

E-mail: nohup@ukr.net; Тел.: + 38-044-424-29-44

Chaly O. O., candidate of physico-mathematical Sciences, researcher

E-mail: kendzera@igph.kiev.ua; Тел.: +380-444-23-81-43

Ilyenko A. V., candidate of physico-mathematical Sciences, researcher. E-mail: kendzera@igph.kiev.ua; Тел.: +380-444-23-81-43