

**НОВОДАРЬЕВСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 11 мая 2004 г. с  $MS=3.8$ ,  $I_0=5-6$  (Украина)**  
**И.П. Габсатарова<sup>1</sup>, А.В. Кендзера<sup>2</sup>, В.А. Свидлова<sup>3</sup>, Р.С. Пронишин<sup>4</sup>, Е.И. Поречнова<sup>3</sup>,**  
**З.Н. Сыкчина<sup>3</sup>, Е.А. Бабкова<sup>1</sup>, Р.С. Михайлова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, [ira@gsras.ru](mailto:ira@gsras.ru)

<sup>2</sup>Институт геофизики НАН Украины, г. Киев, [kendzera@igph.kiev.ua](mailto:kendzera@igph.kiev.ua)

<sup>3</sup>Отдел сейсмологии Института геофизики НАН Украины, г. Симферополь, [silver@mail.strace.net](mailto:silver@mail.strace.net)

<sup>4</sup>Отдел сейсмичности Института геофизики НАН Украины, г. Львов, [roman@seism.lviv.ua](mailto:roman@seism.lviv.ua)

11 мая 2004 г. в пос. Новодарьевка Ровеньковского горсовета Луганской области «многие люди чувствовали подземные толчки и слышали гул». Сетью сейсмических станций Украины было зарегистрировано сейсмическое событие из Луганской области.

По данным сейсмических станций «Симферополь», «Севастополь», «Ялта» и «Ужгород» Института геофизики НАН Украины, расположенных достаточно далеко ( $\Delta=370-540$  км) от очага, магнитуды события были оценены равными:  $M_c=3.4$ ,  $M_w=3.2$ ,  $M_d=3.7$ ; энергетический класс  $K_p=10.2$ . Для локации землетрясения были использованы данные 20 сейсмических станций и получены следующие результаты:  $\varphi=48.16^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=39.34^\circ\text{E}$ , глубина – от  $h=0$  до  $h=2.5$  км [1].

Кроме того, землетрясение записано почти всеми сейсмическими станциями Карпатского региона. При определении сейсмических параметров землетрясения были учтены данные Карпатской и Крымской сейсмических сетей, а также станции «Кишинёв». В процессе обработки с использованием адаптированной программы НИРО были получены следующие параметры:  $\varphi=48.4^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=39.5^\circ\text{E}$ ,  $h=32$  км,  $K_p=9.6$  и  $MSHA=3.1$ . В [2] подчеркнута, что, учитывая удаленность сейсмических станций от эпицентральной зоны и одностороннее их расположение, возможна некоторая погрешность при определении глубины и координат землетрясения.

В настоящее время в Информационно-обрабатывающем центре ГС РАН в Обнинске проведено исследование возможности уточнения параметров этого землетрясения в условиях непредставительной сети сейсмических станций на территории Украины [3]. Результаты совместного анализа всех имеющихся данных по этому землетрясению проведены ниже.

Из-за отсутствия в очаговой зоне стационарных сейсмических станций Украины довольно трудно определенно ответить на вопрос, что явилось причиной землетрясения: тектонические процессы или обрушение кровли шахтных выработок. Теоретически обе причины могут вызвать вторичные инженерно-геологические процессы. По экспертным оценкам, полученным по внешнему виду сейсмических записей, такая причина сейсмического события, как взрыв, исключается, а вероятность того, что событие было тектоническим, либо техногенным землетрясением, является достаточно высокой.

По расчетным данным на свободной поверхности Земли (на грунтах 2-й категории по сейсмическим свойствам) могли наблюдаться макросейсмические эффекты, соответствующие  $I_0=4-6$  баллам по международной шкале сейсмической интенсивности MSK-64 [4].

**Макросейсмические данные.** Заместитель начальника Луганского областного управления МЧС сообщил: «Сотрудники управления обследовали район очага землетрясения и задокументировали, что в поселке Новодарьевка Ровеньковского горсовета многие люди чувствовали подземные толчки и слышали гул. В помещении тубдиспансера наблюдались значительные колебания, есть трещины. В некоторых частных домах с дымарей обвалились кирпичи. Эти проявления можно оценить не менее 5–6 баллов.

Главный геолог и маркшейдер шахтоуправления сообщили, что в настоящее время в районе землетрясения добыча угля не проводится. Есть старые выработки на глубине 385 м. В 1979–97 гг. велась добыча угля на глубине 75–112 м. Непосредственно под тубдиспансером выработок нет.

Шахтеры утверждают, что событие 11 мая было более длительным и более насыщенным низкочастотными составляющими, чем техногенные землетрясения, вызываемые обрушением шахтных выработок.

Ранее в этом районе население также чувствовало сейсмические толчки. Но они не были задокументированы».

По сообщению отдела сейсмологии Института геофизики им. С.И. Субботина на территории пос. Новодарьевка отмечены толчки, в результате которых произошли повреждения некоторых хозяйственных объектов на площади до 3 км<sup>2</sup>. Таким образом ближайшим к эпицентру населенным пунктом был пос. Новодарьевка Ровенского района Луганской области, давший название землетрясению.

**Прогноз интенсивности сотрясений.** Согласно карте сейсмического районирования Украины [5], прогнозируемая интенсивность сотрясений для Луганской области составляет 5 баллов, т.е. эта территория является сейсмически безопасной для обычных гражданских и технических сооружений. Наблюденная интенсивность сотрясений при Новодарьевском землетрясении (с дымарей обвалились кирпичи) соответствует, по [4], интенсивности 5–6 баллов, что чуть выше прогнозной [5].



Рис. 1. Карта общего сейсмического районирования Украины ОСП-2004 по [5]

В структурно-тектоническом плане область эпицентра землетрясения относится к территории угленосного Донецкого бассейна, к юго-восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена, разделяющего Воронежское поднятие и Украинский щит Восточно-Европейской платформы [6–8]. Днепровско-Донецкая впадина, по оценкам сейсмического потенциала Восточно-Европейской платформы с использованием комплексной типизации земной коры Г.И. Рейснера [9], выделяется как одна из сейсмоопасных зон платформы. В связи с этим проявление природной сейсмичности в этом районе в виде Новодарьевского землетрясения чрезвычайно важно.

**Инструментальные параметры** этого землетрясения (табл. 1) определены в шести сейсмологических центрах: отделе сейсмологии Крымского региона Института геофизики НАН Украины [1], отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины [2], в Геофизической службе РАН (Обнинск) [10], в Международном сейсмологическом центре ISC [11], Национальном центре информации о землетрясениях Геологической службы США (NEIC) [12] и Международном центре данных, Австрия, Вена (EIDC) [13].

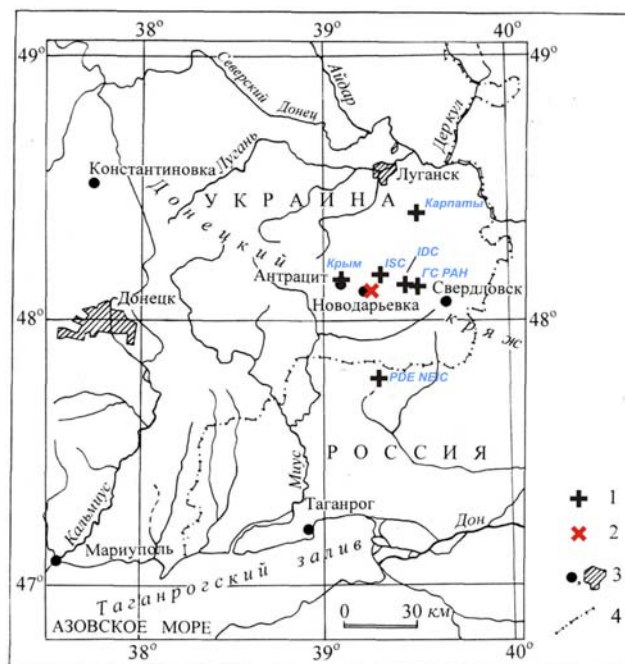
В каждом из центров использован свой набор станций и определенная методика. О сети станций, используемой для локации, говорит помещенная в табл. 1 информация: число  $n$  станций, минимальное  $\Delta_{\min}$  и максимальное  $\Delta_{\max}$  – эпицентральные расстояния и показатель GAP окружения эпицентра станциями, представляющий максимальную азимутальную брешь.

**Таблица 1.** Основные параметры Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г. в 01<sup>h</sup>37<sup>m</sup> по данным различных источников

Агентство, источник	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Характеристика сети			
			$\varphi^\circ, N$	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ, E$	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		$n$	$\Delta_{\min}$	$\Delta_{\max}$	GAP
Крым [1]	01 37 16.0	3.2	48.16		39.10		0		$M_c=3.2, M_w=3.8, M_d=3.6/11, K_p=10.2/7$	20	3.3	11.2	120
Карпаты [2]	01 37 07.54	3.7	48.434	0.2	39.505	0.2	32		$MSHA=3.1, M_d=3.7/10, K_p=9.6, K_d=10.5$	20	3.9	19.9	197
ГС РАН [10]	01 37 12.11	0.7	48.127	0.09	39.509	0.09	11	5	$MPSP=4.0/1, MS=3.8/2, ML=4.2/2, K_p=11.2/2$	125	3.1	67.8	62
ISC [11]	01 37 09.13	1.66	48.1726	0.06	39.2922	0.04	10	12	$m_b=3.5/3$	67	3.05	67.74	62
PDE NEIC [12]	01 37 08.42		47.784	0.08	39.287	0.06	10f			17	4.5	28.9	71
REB EIDC [13]	01 37 10.91	1.18	48.1438	0.16	39.4317	0.11	0f		$ML=3.7/7, m_b=3.6/5$	12	7.13	67.81	132

Примечание. PDE NEIC – Preliminary Determination of Epicenters (PDE) Earthquake Bulletins and Catalogs at the USGS National Earthquake Information Center; REB EIDC – Reviewed Event Bulletin of the CTBT\_IDC; символом f отмечены фиксированные глубины.

Положение разных решений эпицентра Новодарьевского землетрясения показано на рис. 2. Как видим, четыре решения (Крым, ISC, IDC, ГС РАН) расположены более компактно, а два (NEIC и Карпаты) – с большим отклонением к северу (Карпаты) и к югу (NEIC). В соответствии с лучшим решением, полученным в ГС РАН при уточнении параметров этого землетрясения по результатам дополнительного анализа, инструментальный эпицентр ГС РАН удален от Новодарьевки на 6 км. Удаления эпицентров по решениям других центров составили: IDC – 8 км, ISC – 16 км, Крым – 30 км, NEIC – 35 км, Карпаты – 36 км.



**Рис. 2.** Положение инструментального эпицентра Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г. по данным Крыма, Карпат, ISC, ГС РАН, PDE NEIC, IDC

1 – инструментальный эпицентр; 2 – макросейсмический эпицентр; 4 – населенный пункт; 3 – государственная граница

При уточнении в ГС РАН использовались данные более 50-ти станций на различных расстояниях (рис. 3). Среди них имеются 7 станций Карпатской сети Института геофизики НАН Украины, 7 станций Крымской сети Института геофизики НАН Украины, 18 сейсмических станций Геофизической службы РАН, расположенные на Русской платформе, Урале и Северном Кавказе, 3 станции национальной сети Казахстана, а также станции сетей Болгарии, Румынии, Чехии, Польши и Эстонии, высокочувствительные сейсмические

группы международной сети IMS (Австрия, Вена), расположенные на Украине («Малин»), в Румынии, Турции, Германии, Финляндии, Норвегии, Швеции и Канаде. Эти станции обеспечили хорошее окружение эпицентра с азимутальной брешью  $\text{GAP}=62^\circ$ . Ближайшими ( $\Delta=300 \text{ км}$ ) станциями окончательно сформированной «виртуальной» сети оказались «Сторожевое» из Воронежской области (ГС РАН) и «Краснодар» (Краснодарский государственный университет) в России, а наиболее удаленной ( $\Delta=68^\circ$ ) – станция «Yellowknife Array» в Канаде.

В локации использовались дополнительно к первым вступлениям продольной волны вторичные фазы. Особенно выделялись волны  $Pg$  и  $Lg$  (рис. 4) на записях почти всех станций российской сети («Сторожевое» VRS, «Краснодар» KGU, «Варварино» VRH, «Анапа» ANN, «Нагутское» NAG, «Сочи» SOC, «Кисловодск» KIV, «Дигорское ущелье» DIG, «Обнинск» OBN, «Москва» MOS). Для первых шести из них записи фильтрованы в полосе частот  $f=0.6-4.5 \text{ Гц}$ , для остальных –  $f=0.5-1.5 \text{ Гц}$ . Для уточнения локации была выбрана программа LocSat [14] с использованием годографа IASPEI-91 [15]. Программа LocSat позволяет производить локацию очага с применением уверенно выделяемых вторичных фаз  $Pg$ ,  $Sn$ ,  $Lg$  на региональных расстояниях.

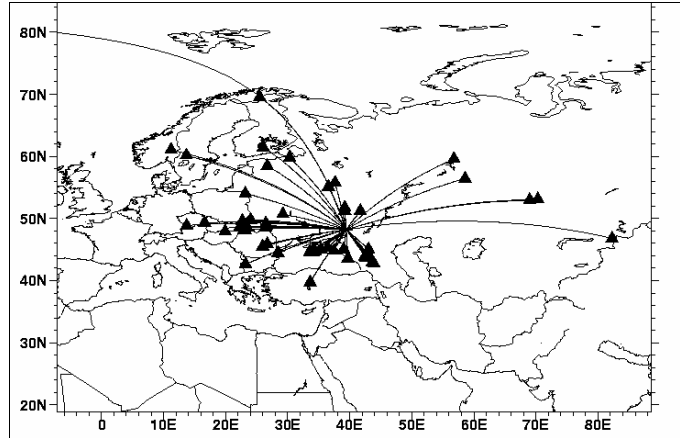


Рис. 3. Положение сейсмических станций, используемых для уточнения параметров гипоцентра Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г. с  $MS=3.8$

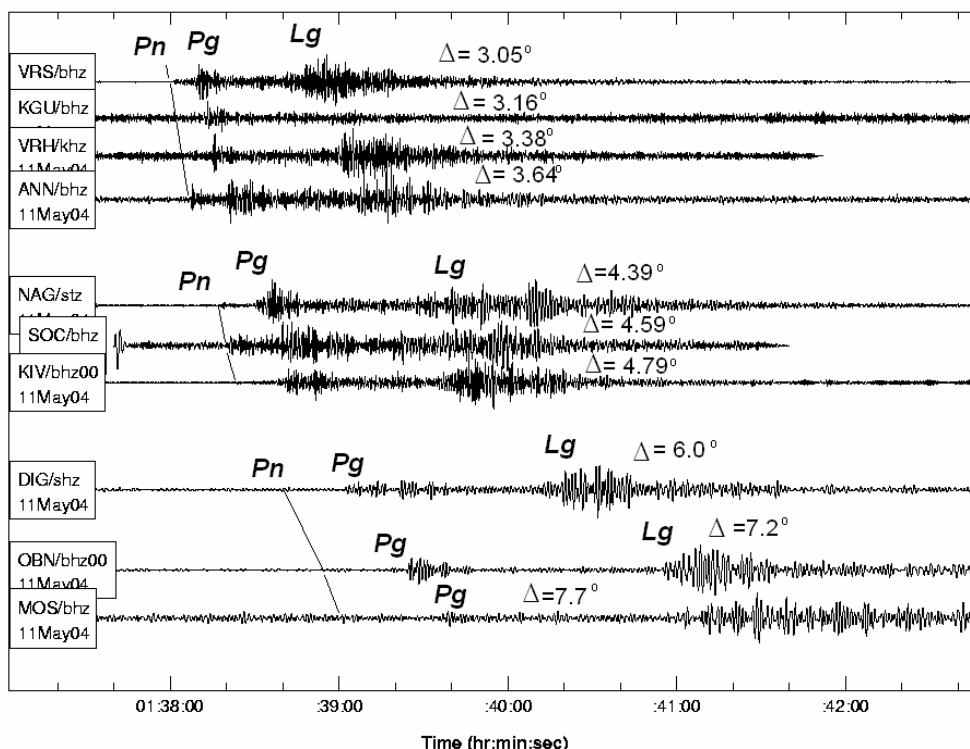


Рис. 4. Записи вертикальной компоненты землетрясения 11 мая в  $01^{\text{h}}37^{\text{m}}$  на десяти станциях ГС РАН

Для дополнительно собранных волновых форм цифровых записей проведена первичная обработка. Методика обработки базировалась на выделении и идентификации наиболее отчетливых вступлений региональных сейсмических фаз  $Pn$ ,  $Pg$ ,  $Sn$ ,  $Sg(Lg)$  в соответствии с годографом IASPEI-91.

Отличительной особенностью записей «платформенных» станций (тип I) явилась регистрация отчетливой фазы  $Pg$  в группе  $P$ -волн, которая по амплитуде превышала в несколько раз запись первой фазы  $Pn$ , дифрагированной на поверхности Мохоровичича. Характерен частотный состав этих фаз: более высокочастотная  $Pn$  ( $f=2-6$  Гц) и менее высокочастотная –  $Pg$  ( $f=0.5-2$  Гц). Пример частотного разложения записи вертикальной компоненты на станциях «Обнинск» и «Михнево» представлен на рис. 5. Станция «Михнево» (MHV) расположена в Московской области, входит в сеть GEOFON, Потсдам, Германия (GEOFON Data Center Operator – [dcop@gfz-potsdam.de](mailto:dcop@gfz-potsdam.de)). Факт наличия четкой и интенсивной фазы  $Rg$  на записях платформенных станций говорит о небольшой глубине  $h$  источника (в верхней части земной коры) [16].  $Rg$ -каналовые волны, формирующиеся при наличии в земной коре слоя волновода при условии, что очаг находится в верхнем «гранитном» слое консолидированной коры. По [17], мощность этого слоя примерно равна  $\Delta h=15$  км, вблизи очаговой зоны отмечаются участки с наличием волновода.

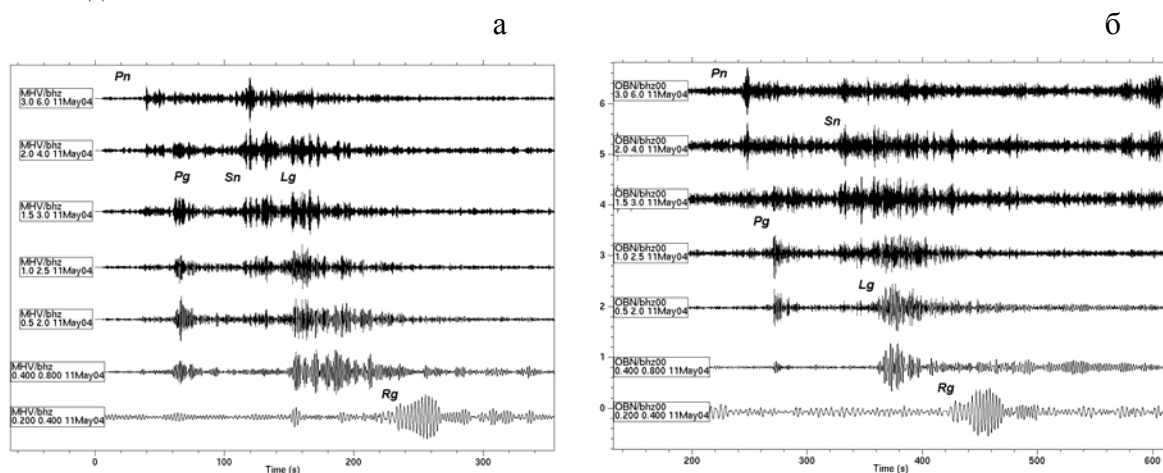


Рис. 5. Разложение широкополосных записей Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г. на вертикальных компонентах станций «Михнево» с  $\Delta=6.3^\circ$  (а) и «Обнинск» с  $\Delta=7.0^\circ$  (б) с использованием полосовой фильтрации Баттерворта 3-го порядка, выполненной с использованием программы GEOTOOL [18] в следующих частотных полосах:  $\Delta f=0.2-0.4, 0.4-0.8, 0.5-2.0, 1.0-2.5, 1.5-3.0, 2.0-4.0$  и  $3.0-6.0$  Гц

На записях станций в тектонически активных областях (тип II) группа продольных волн более проста. Замечено, что волны  $Pn$  плохо выделяются на расстояниях  $\Delta=3-5^\circ$ , а волны  $Pg$  на расстояниях  $\Delta>7^\circ$ , как правило, вообще не выделяются. Волны  $Rg$  не выделяются вовсе.

В [3] приводятся результаты определения дополнительных значений магнитуд по записям станций «Обнинск» и «Кисловодск» с использованием программы WSG А.П. Акимова [19], принятой в ГС РАН для производства первичной обработки цифровых записей. Для получения магнитудных и энергетических оценок на региональных расстояниях  $\Delta<20^\circ$  в WSG реализован алгоритм В.Д. Феофилактова [20, 21] с симуляцией на широкополосных записях сейсмограмм приборов Вуда–Андерсона для расчета локальной магнитуды  $ML$  и с симуляцией регионального прибора СКМ-3 или ВЭГИК для расчета энергетического класса  $K_r$ . Т.Г. Раутиан [22] с использованием соответствующих шкал. Полученные средние значения показаны в табл. 1.

**Спектральные и динамические параметры** Новодарьевского землетрясения удалось получить в регионе Крым по единственной подходящей для этих целей записи на станции «Судак» на основе спектра из [23], представленного на рис. 6. Спектр имеет вид, обычный для землетря-

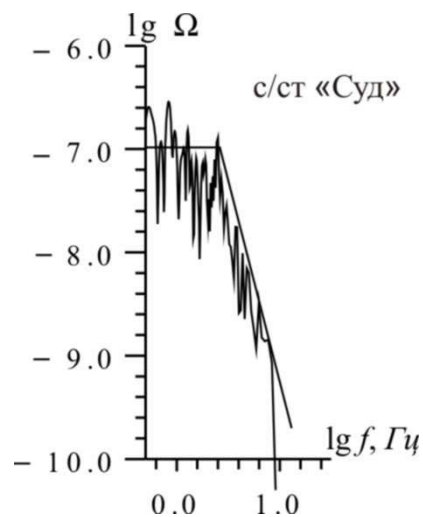


Рис. 6. Амплитудный спектр Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г.

сений, и поэтому является существенным аргументом в пользу того, что это тектоническое землетрясение. Все спектральные и динамические параметры приведены в табл. 2.

**Таблица 2.** Спектральные и динамические параметры очагов Новодарьевского землетрясения 11 мая с  $MS=3.8$  по [23]

Станция	Составляющая	$\Delta$ , км	$\Omega_0$ , $10^{-6}$ м·с	$f_0$ , Гц	$M_0$ , $10^{13}$ Н·м	$M_w$	$r_0$ , км	$\Delta\sigma$ , $10^5$ Па	$\varepsilon$ , $10^{-6}$	$\bar{u}$ , $10^{-2}$ м
Судак	E-W	462	0.1	2.51	6.928	3.2	0.42	4.173	13.91	0.421

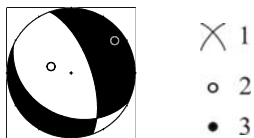
Моментная магнитуда получилась  $M_w=3.2$ .

**Механизм очага** очень важен для подтверждения природы этого события как тектонического землетрясения. Сделана попытка его построения по знакам первого движения в  $P$ -волне по методике [24], применяемой в ГС РАН. Несмотря на нечеткие на фоне шумов вступления  $P$ -волн для большинства анализируемых записей, на 10 станциях удалось выделить довольно уверенные знаки, причем на половине из них зарегистрированы движения растяжения или минусы (рис. 7). Из-за малого числа знаков первого движения в  $P$ -волне это решение приближенно. Параметры механизма очага приводятся в табл. 3.

**Таблица 3.** Параметры механизма очага Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г.

Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
			$MS$	$ML$	$K_p$	$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$		
						$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$
11.05	11 37 12.1	11	3.8	4.2	11.2	17	54	20	150	62	287	116	33	-129	340	65	-67

В результате был получен механизм очага Новодарьевского землетрясения, стереограмма которого для нижней полусферы представлена на рис. 7. Тип движения по обеим плоскостям – сброс. Наиболее уверенно по имеющимся знакам выделяется нодальная плоскость  $NP2$  (табл. 3), имеющая северо-западное простирание. Тип движения по ней – сброс, с правосторонней сдвиговой компонентой.



**Рис. 7.** Стереограмма механизма очага землетрясения 11 мая 2004 г.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.

Такой тип движения и простирание сдвига находятся в согласии с установленной кинематикой внутриплитных горизонтальных перемещений в районе Донбасса, края Карпинского и Окско-Донского прогиба по данным [6].

Описанные выше исследования показывают хорошие возможности современных сетей сейсмических станций и методик в определении параметров несильных землетрясений. Достигнутая точность в определении эпицентра для такой сети может быть признана вполне удовлетворительной. Однако дальнейшие улучшения связаны, безусловно, с открытием на территории Украины постоянно действующих сейсмических станций и с использованием их наблюдений в параметризации сейсмических событий.

В заключение можно достаточно определенно ответить на поставленный вначале вопрос, что было причиной землетрясения: тектонические процессы или обрушение кровли шахтных выработок? И хотя теоретически обе эти причины могут вызвать вторичные инженерно-геологические процессы, все приведенные результаты о внешнем виде записей, большой дальности регистрации, заметной глубине очага, виде амплитудного спектра и типе подвижек в его очаге свидетельствуют о тектонической природе исследуемого события.

К тому же отметим особо, что времена, ближайшие к этому событию, свидетельствуют, по данным МЧС, о наличии сейсмичности: «Ранее в этом районе население также чувствовало сейсмические толчки. Но они не были задокументированы». И в более отдаленные времена

также есть свидетельства о естественной сейсмичности в этом районе. Так, в «Новом каталоге...» [25] содержатся сведения о поверхностном землетрясении с  $M \sim 3$ , произошедшем 10.08.1937 г. в Константиновке с интенсивностью сотрясений до 6 баллов.

На рис. 8 изображено в плане относительное расположение землетрясений 10.08.1937 г. и 11.05.2004 г. Эпицентр землетрясения 10.08.1937 г. удален от эпицентра 11.05.2004 г. на 140 км к северо-западу.

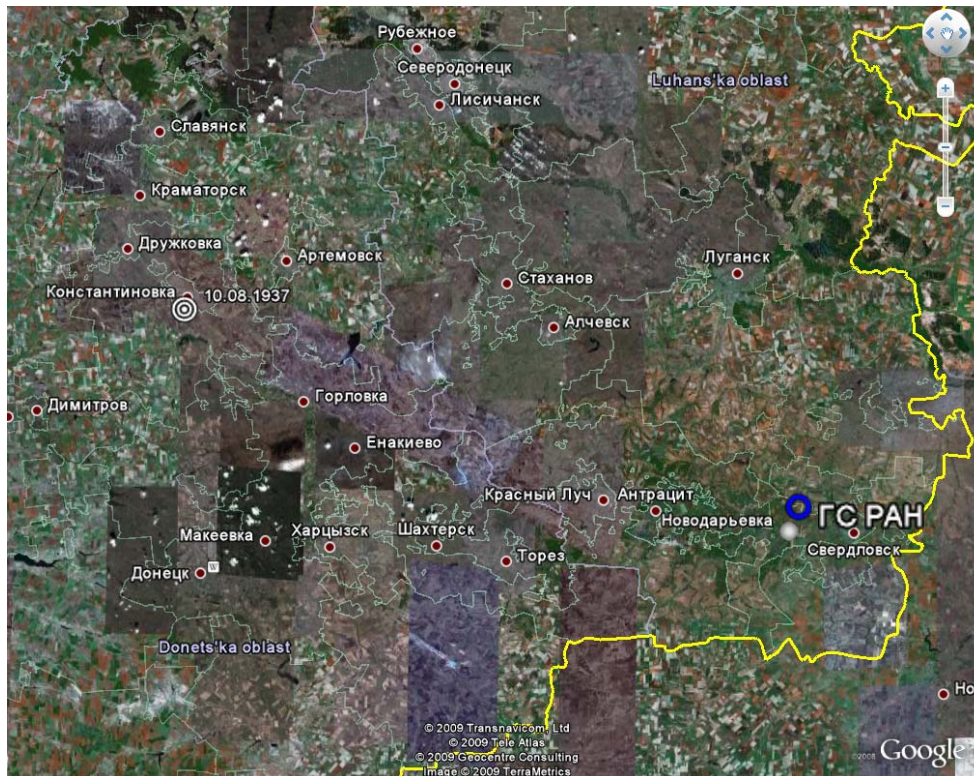


Рис. 8. Расположение эпицентров землетрясений 11.05.2004 г. и 10.08.1937 г. на карте из Google

## Л и т е р а т у р а

1. Свидлова В.А. Подробные данные о землетрясении в Луганской области Украины за 2004 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2006. – С. 35–36.
2. Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Карпаты. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
3. Габсатарова И.П., Бабкова Е.А. Инструментальные параметры Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 года с  $M_s=3.8$  (Украина, Луганская обл.) // Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2006. – С. 124–131.
4. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
5. Государственные строительные нормы ДБН В.1.1–12:2006 «Строительство в сейсмических районах Украины». – Киев: Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, 2006. – 96 с.
6. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). – М.: Научный мир. 2001. – 606 с.
7. Копп М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы / Отв. ред. акад. Ю.Г. Леонов. – М.: Наука, 2004. – 340 с.
8. Щукин Ю.К. Динамическая геология – основа системы наблюдений за природными процессами // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1. Землетрясения. – Петрозаводск: ГС РАН, КНЦ, 2007. – С. 117–173.

9. **Рейснер Г.И., Иогансон Л.И.** Комплексная типизация земной коры Восточно-Европейской платформы как основа для решения фундаментальных и прикладных задач (Региональный прогноз потенциальной сейсмичности и нефтегазоносности). – Бюл. Моск. общества испытателей природы. – Отд. геол. – 1999. – 74. – С. 3–13.
10. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2004 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2004–2005.
11. **Bulletin of the International Seismological Centre** for 2004. – Berkshire: ISC, 2006–2007.
12. **Preliminary Determination of Epicenters (PDE)** at the USGS National Earthquake Information Center, Golden, US. – 2004.
13. **Reviewed Event Bulletin of the CTBT\_IDC** данные Международного центра данных. – Австрия, Вена, 2004.
14. **Bratt S.R. and Bache T.C.** Locating events with a space network of regional arrays // BSSA. – 1988. – 78. – P. 780–798.
15. **Kennet B.L.N. ed.** IASPEI-91 Seismological Tables // Research School of Earth Sciences Australian National University, 1991.
16. **Manual of Seismological Observatory Practice.** WWW-edition which is regularly updated within the Commission on Practice of IASPEI // ([http://www.seismo.com/msop/msop\\_intro.html](http://www.seismo.com/msop/msop_intro.html)). – Chapter 11. 2002. – P. 70.
17. **Литосфера Центральной и Восточной Европы.** – Киев: Наукова думка, 1989. – 188 с.
18. **Coyne J., Clark K., Lloyd S.** IDC Documentations Geotool Software User Tutorial. – 16 July, 2003. – P. 59.
19. **Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П.** Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
20. **Феофилактов В.Д., Габсатарова И.П., Бабкова Е.А.** Рекомендации по вычислению локальной магнитуды  $M_L$  по цифровым записям на расстояниях от 5 до 800 км с помощью программы WSG. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2004. – 7 с.
21. **Габсатарова И.П.** Внедрение в рутинную практику подразделений ГС РАН процедуры вычисления локальной магнитуды // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных (Материалы Международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург», Петергоф, 2–6 октября 2006 г.). – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 46–50.
22. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
23. **Поречнова Е.И., Сыкчина З.Н.** Очаговые параметры землетрясений Крыма. (См. раздел II (Очаговые спектры и параметры землетрясений) в наст. сб.).
24. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Аптекман Ж.Я., Бармин М.П.** Об определении механизмов очагов на ЭВМ-1030 // Физика сейсмических волн и внутреннее строение Земли. – М.: Наука, 1982. – С. 86–97.
25. **Ананьин И.В. (отв. сост).** XIV. Европейская часть СССР, Урал и Западная Сибирь [1467–1974 гг.;  $M \geq 3.0$ ;  $I_0 \geq 4$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 465–470.