

**СУ-ПСЕХСКОЕ<sup>1</sup> ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 10 декабря 2012 г. с  $K_p=11.5$ ,  $M_w_{\text{per}}=4.3$ ,  $I_0^p=5-6$** **(Анапский сейсмоактивный район)****И.П. Габсатарова, Л.С. Малянова, Е.А. Селиванова, В.Н. Якушева**

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, ira@gstras.ru

**Аннотация.** Приводятся инструментальные и макросейсмические данные о Су-Псехском землетрясении 10 декабря 2012 г. с  $M_w_{\text{per}}=4.3$  с  $I_0=5-6$  баллов, произошедшем в Анапском сейсмоактивном районе. Эпицентр его располагался между Черноморским разломом на юго-западе и Ахтырским на севере, Керченским проливом на западе и Новороссийским поперечным разломом на востоке. Вблизи него и ранее (в XVIII–XX веках) неоднократно происходили ощутимые землетрясения, приуроченные как к структурам кавказского простирания, так и к поперечным ему структурам, однако настоящее землетрясение попадает в зону, где на новейшем этапе, по данным Е.А. Рогожина, сформированы Цемесский и Анапский грабены и распространены преимущественно сбросы, что подтверждает полученный по знакам  $P$ -волн на 31 станции механизм очага – левосторонний сбросо-сдвиг. Вытянутость построенных по результатам обследования 32 населенных пунктов изосейст в запад–северо-западном направлении согласуется с простиранием плоскости  $NPI$  механизма очага и подтверждает выбор ее в качестве действующей плоскости. Спектральные исследования записей станции «Анапа» позволили построить очаговый спектр Су-Псехского землетрясения, определить скалярный сейсмический момент, моментную магнитуду и динамические параметры очага по модели Бруна: радиус круговой площадки, сброшенное и кажущееся напряжения. Результаты макросейсмического обследования эпицентральной зоны позволили проверить известные значения параметров уравнения макросейсмического поля. Установлено, что для гипоцентральных расстояний  $r > 100$  км вполне подходят коэффициенты уравнения  $b=1.6$ ,  $v=3.1$ ,  $c=2.2$ , применяемые ранее для Северного Кавказа, а на более близких расстояниях лучшее соответствие наблюдаемым данным найдено для параметров закона затухания  $b=1.4$ ,  $v=3.5$ ,  $c=3.4$ , полученных ранее для районов Кубани.

**Abstract.** The instrumental and macroseismic data on the Su-Psekh earthquake on December 10, 2012 with  $M_w=4.3$  with an intensity in the epicenter of V–VI MM that occurred in the Anapsky seismically active area are given. Its epicenter was located between the Black Sea fault in the south-west and Akhtyrsky in the north, the Kerch strait in the west and the Novorossiysk transverse fault in the east. Near him and earlier in the XVIII–XX centuries, there were significant earthquakes, confined both to the structures of the Caucasian strike and to its transverse structures, but the present earthquake falls into the zone where, at the newest stage, according to E.A. Rogozhin formed Tsemessky and Anapsky grabens, and mainly normal faults, which confirms by the mechanism of the focus – OBLIQUE-SLIP: Normal fault / Sinistral (Left-Lateral) Strike Slip, obtained on the  $P$ -wave signal at 31 stations. The stretching of the isoseists constructed from the results of a survey of 32 settlements in the west–north-west direction is consistent with the extent of the  $NPI$  plane of the focus mechanism and confirms its choice as an active fault. Spectral studies of the recordings of the Anapa station made it possible to construct a focal spectrum, to determine the scalar seismic moment, moment magnitude and dynamic parameters of the source according to the Brune model: the radius of the circular pad, the ejected and apparent voltage. The results of the macroseismic survey of the epicentral zone were used to refine the known values of the macroseismic field parameters. It was found that for the hypocentral distances over 100 km the coefficients of the equation used earlier for the North Caucasus are quite satisfactory:  $b=1.6$ ,  $v=3.1$ ,  $c=2.2$ , at closer distances the best correspondence to the observed data is found for the damping law obtained earlier for the Kuban regions:  $b=1.4$ ,  $v=3.5$ ,  $c=3.4$ .

10 декабря 2012 г. в 16<sup>h</sup>56<sup>m</sup> на юге Краснодарского края Российской Федерации произошло ощутимое землетрясение с  $I_0=5-6$  баллов. Эпицентральной зона этого землетрясения относится к Анапскому сейсмоактивному району, расположенному между Черноморским разломом на юго-западе и Ахтырским на севере, Керченским проливом на западе и Новороссийским поперечным разломом на востоке [1].

**Инструментальные данные.** Предварительно параметры гипоцентра землетрясения были получены в Службе срочных донесений ФИЦ ЕГС РАН [2], куда в режиме, близком к реальному времени, поступили записи более 40 сейсмических станций России и мира. Предварительная сводная обработка проведена по данным 27 станций, уточненная, с  $\varphi=45.08^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=37.52^\circ\text{E}$ , – по 40 станциям.

<sup>1</sup> Пишут название поселка по-разному – Супсех или Су-Псех, важно уяснить суть: слово «СУ» и слово «ПСЕХ» означают одно и то же – «ВОДА» – место, где много воды. Первое слово в переводе с тюркского, второе – в переводе с адыгейского – народа, основавшего этот поселок (<http://anapacity.com>).

Следующее уточнение параметров проведено по данным региональных станций, с локацией по программе NYPO71 [3] и скоростной модели земной коры для западного Кавказа по [4]. В локации участвовали времена вступлений  $P$ - и  $S$ -волн, при выборе лучшего решения обращалось внимание на минимальные невязки ближайших к эпицентру станций – «Анапа» ( $\Delta=19$  км) и «Возрождение» ( $\Delta=62$  км). Кроме того, в локации участвовали данные станций Крымской сети, полученные по запросу из Отдела сейсмологии (г. Симферополь) Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины. Это позволило существенно улучшить окружение эпицентра станциями (см. параметр «Gap» в табл. 1, характеризующий максимальную «пустую» азимутальную брешь в сети относительно эпицентра).

В результате по региональным данным и соответствующей методике обработки эпицентр, с координатами  $\varphi=44.83_{\text{н}}^{\circ}\text{N}$ ,  $\lambda=37.54_{\text{н}}^{\circ}\text{E}$ , сместился на 28 км к югу относительно эпицентра по данным ССД [5]. Новый эпицентр землетрясения получен возле станицы Раевская, в 18 км к юго-востоку от Анапы, в 22 км к северо-западу от Новороссийска и в 115 км к западу-юго-западу от Краснодара. Такое положение более соответствовало полученным макросейсмическим данным (см. ниже).

Другие решения эпицентра (в том числе описанные выше) Су-Псехского землетрясения 10 декабря представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Основные параметры Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г. по данным ФИЦ ЕГС РАН и других агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Окружение эпицентра			
			$\varphi^{\circ}$ , N	$\delta\varphi^{\circ}$	$\lambda^{\circ}$ , E	$\delta\lambda^{\circ}$	$h$ , км	$\delta h$ , км		$n$ ст.	$\Delta_{\text{min}}$ , °	$\Delta_{\text{max}}$ , °	Gap, °
<sup>5</sup> GS ССД	16 56 53.20		45.08		37.52		2		$MS=4.5/9$ $m_b=4.9/9$	40	0.26	76.78	72
<sup>6</sup> GS reg наст. ст.	16 56 56.10	0.83	44.83 <sub>н</sub> 44.84 <sub>м</sub>	0.06	37.54 <sub>н</sub> 37.41 <sub>м</sub>	0.06	24 <sub>н</sub>	6	$K_p=11.5/8\pm 0.3$ $MPVA=5.3/5$ $Mw_{\text{net}}=4.3/1$	29	0.07	8.18	122
<sup>7</sup> Krym1	16 56 55.00		45.05	0.02	37.60	0.02	21–30		$K_{\text{п}}=12.1\pm 0.4$ , $Kd=11.7/5$ $MSH=4.7/3$ $Md=4.1/5$ $Mc=4.3$	14	0.30	3.70	
<sup>7</sup> Krym2	16 56 55.0	0.5	44.96	0.05	37.58	0.05	24	4		14	0.30	3.70	
<sup>8</sup> NEIC	16 56 55.48	0.64	44.981	0.03	37.560	0.03	22.6	5.4	$m_b=4.9/40$	120	0.20	91.33	
<sup>9</sup> IDC	16 56 52.44	0.37	44.8778	0.07	37.5450	0.05	0.0f		$M_s=3.5/4$ $m_b=4.8/33$ $M_l=4.4/12$	45	3.8	83.85	57
<sup>10</sup> ВЛ	16 56 53.8	0.94	44.69		37.64		28		$M_s=4.7/1$ $m_b=5.1/16$	19	30.40	62.60	325
<sup>11</sup> CSEM	16 56 54.0		44.99		37.57		10		$m_b=4.8$	214			72

Примечание. Буквой f обозначена фиксированная глубина  $h$  гипоцентра. <sup>4</sup>GS ССД – Служба срочных донесений ФИЦ ЕГС РАН [5]; <sup>5</sup>GS reg – Сейсмологический бюллетень для территории Северного Кавказа, выпускаемый в ФИЦ ЕГС РАН на основании наблюдений станций Северного Кавказа [6], для инструментального эпицентра и карта изосейст (см. ниже рис. 4) – для макросейсмического эпицентра; <sup>6</sup>Krym1, <sup>7</sup>Krym2 – Сейсмологический бюллетень Отдела сейсмологии (г. Симферополь) Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины (Krym1 и Krym2 – два варианта решения, выполненные по различным программам) [7]; <sup>7</sup>NEIC – Национальный центр информации о землетрясениях Геологической службы США [8]; <sup>8</sup>IDC – Международный центр, Австрия, Вена [9]; <sup>9</sup>ВЛ – Китайское Бюро исследования землетрясений Института геофизики АН Китая [10]; <sup>10</sup>CSEM – Европейский Средиземноморский сейсмологический центр [11]. В столбце магнитуда, например,  $MS=4.5/9$ , после косой черты указывается число сейсмических станций, по которым вычислено среднее сетевое значение.

Как видим, в табл. 1 наблюдаются значительные расхождения в инструментальных определениях как координат эпицентра (до 30 км), так и глубины гипоцентра  $h$  (от 2 до 30 км). Причиной этого может быть и неудовлетворительное окружение эпицентра станциями, и отсутствие

в ряде случаев близких станций. Предпочтителен вариант GS reg с  $\varphi_{и}=44.83^\circ$ ,  $\lambda_{и}=37.54^\circ$ ,  $h_{и}=24$  км, полученный по данным региональных станций Кавказа и Крыма. Расположение разных решений эпицентров в плане показано на рис. 1, где хорошо видны большие расхождения по широте и незначительные по долготе.

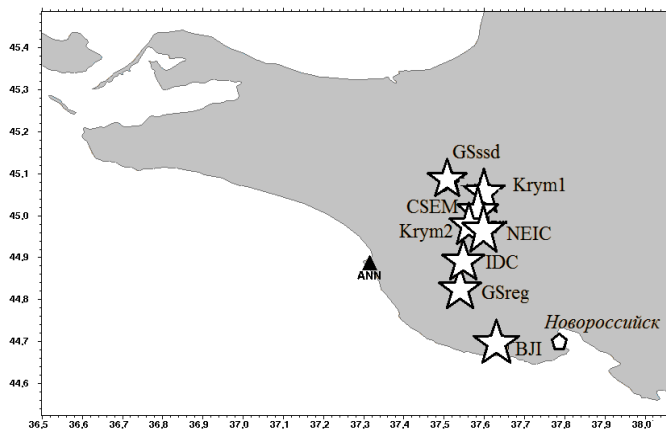


Рис. 1. Положение эпицентра Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г. по данным разных центров

стояний  $\Delta=0.1-33^\circ$ , большая их часть – на региональных расстояниях, на территории Северного Кавказа и Крыма. Элементы механизма очага представлены в табл. 2 по двум статистически равнозначным решениям.

Таблица 2. Параметры двух вариантов механизма очага Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г.

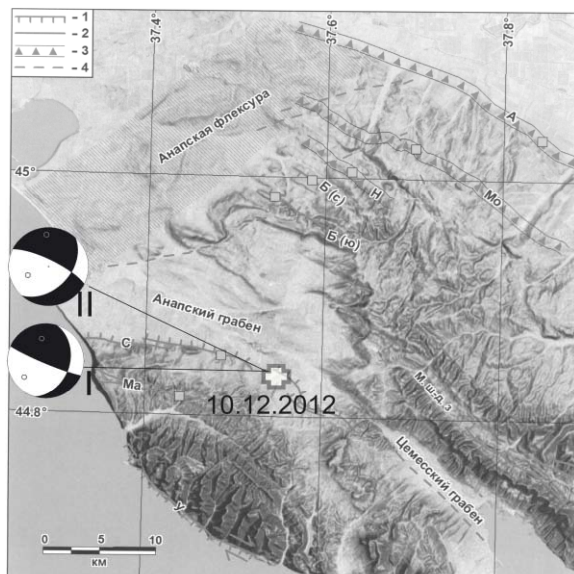
Вариант	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
	T		N		P		NP1			NP2		
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
I	39	350	36	117	30	232	16	37	171	113	85	54
II	19	356	40	104	43	247	297	76	-48	42	154	-159

Согласно первому варианту (I в табл. 2, рис. 2), землетрясение возникло в условиях близких по величине сил сжатия и растяжения. Ось сжатия ориентирована на юго-запад, растяжения – на север-северо-запад. Простирание нодальной плоскости NP1 близмеридионально, тип движения – правосторонний сдвиг. Другая нодальная плоскость NP2 имеет близширотное простирание и крутое ( $DP=85^\circ$ ) падение, движение по ней представлено взбросом с компонентой левостороннего сдвига.

Второй вариант описывает механизм, при котором движение в очаге возникло под преобладающим действием сил растяжения, направленных к северу. По плоскости NP1 запад-северо-западного простирания и довольно крутого ( $DP=76^\circ$ ) падения возник левосторонний сбросо-сдвиг, по плоскости NP2 северо-восточного простирания – правосторонний сдвиг со сбросовой составляющей.

Эпицентр землетрясения по данным региональных станций попадает в зону, где по данным [12] «...на новейшем этапе произошла смена северо-восточного сжатия на растяжение. В условиях растяжения сформированы Цемесский и Анапский грабены, заложенные на доорогенных антиклиналях». Здесь распространены преимущественно сбросы (рис. 2). Принимая такую динамику определяющей, предпочтение отдано второму варианту механизма очага, хотя в [13] был описан первый вариант.

Вытянутость изосейст в запад-северо-западном направлении согласуется с простиранием ( $STK=297^\circ$ ) плоскости NP1 второго варианта механизма очага и позволяет выбрать ее в качестве действующей плоскости.



**Рис. 2.** Два варианта (I и II) диаграмм возможного механизма очага Су-Псехского землетрясения в нижней полусфере, построенных с использованием данных первых вступлений *P*-волн и программы FA [12] на фоне активных геологических структур Анапского сейсмоактивного района по [1]

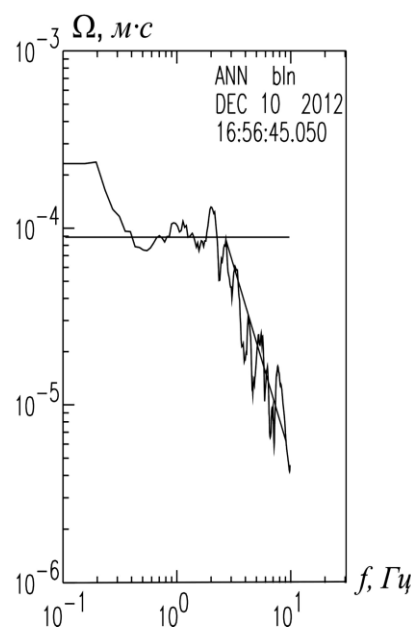
1 – преимущественно сбросы; 2 – преимущественно сдвиги; 3 – флексуры; 4 – низкоактивные и предполагаемые нарушения.

Буквами обозначены: А – Ахтырская флексурная зона; Мо – Молдавановская флексурная зона; Н – Неберджаевская флексурная зона; Б (с) – Бабичевский разлом (северная ветвь); Б (ю) – Бабичевский разлом (южная ветвь); С – Су-Псехский разлом; Ма – Марфовский разлом.

**Спектральные и очаговые параметры.** Сейсмический момент Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г., полученный в ФИЦ ЕГС РАН по спектру *S*-волн на станции «Анапа» ( $\Delta=19$  км) (рис. 3), был определен ранее [13] с использованием добротности среды  $Q_s=130f^{0.7}$ , определенной О.В. Павленко в [14], и составил  $M_0=8.0 \cdot 10^{15}$  Н·м. Тогда величина региональной моментной магнитуды  $M_w$ , рассчитанной по формуле Канамори, была равна  $M_{w\text{per}}=4.6$ . Однако, значения добротности среды  $Q_s$  в окрестностях станции «Анапа» в 2016 г. были уточнены [15] и составили  $Q_s=90f^{0.7}$ . Безусловно, это повлияло на полученные значения спектральных и очаговых параметров (табл. 3).

Динамические параметры очага в табл. 3 рассчитаны с учетом значительной ( $h=22-30$  км) глубины очага по инструментальным данным и известной скорости *P*-волн  $v_p=6.8$  км/с на такой глубине в этом районе [16].

**Рис. 3.** Амплитудный спектр для Су-Псехского землетрясения по записи станции «Анапа» (ANN)



**Таблица 3.** Спектральные и динамические параметры очага Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г. в 16<sup>h</sup>56<sup>m</sup>

Станция	Составляющая	$\Delta$ , км	$\Omega_0 \cdot 10^{-4}$ , м·с	$f_0$ , Гц	$M_0 \cdot 10^{15}$ , Н·м	$M_{w\text{per}}$	$r_0$ , км	$\Delta\sigma \cdot 10^5$ , Па	$\eta\sigma \cdot 10^5$ , Па	$\bar{u} \cdot 10^{-2}$ , м
Анапа	BLN	19	1.54	2.3	3.4	4.3	0.6	69.0	28.0	10.0

Наибольшее различие было получено в значении сброшенного напряжения  $\Delta\sigma$ , которое рассчитывается для разрыва круговой формы радиуса  $r$  по формуле:

$$\Delta\sigma = \frac{7}{16} \frac{M_0}{r_0^3} \quad [17].$$

Вычислим значение так называемого радиационного трения  $\sigma_r$ , связанного с шероховатостью поверхностей разрыва в очаге и определяемым по формуле:

$$\sigma_r = \eta\sigma - \frac{1}{2} \Delta\sigma \quad [17].$$

Оно составило  $\sigma_r = -6.5$ . Отрицательные значения  $\sigma_r$  связываются с наличием макротрениния по разрыву, которое возникает при смещении его крыльев из-за множества неоднородностей, а положительные значения – с относительной «гладкостью» поверхностей разрыва [16]. Следовательно, при  $\sigma_r = -6.5$  очаг Су-Псехского землетрясения следует отнести к первому типу.

**Макросейсмические данные.** Землетрясение ощущалось на территории Краснодарского края, в Анапско-Новороссийской зоне Черноморского побережья Кавказа.

В первые часы после землетрясения сотрудниками станции «Анапа» Геофизической службы РАН был проведен телефонный опрос жителей Анапско-Новороссийской зоны, в результате которого выполнена оперативная предварительная оценка интенсивности сотрясений в населенных пунктах в баллах по шкале MSK-64 [18]: Новороссийск, Крымск, Абинск, Нижнебаканская – 5 баллов; Сукко, Анапа, о. Утриш – 4–5 баллов; Юровка, Джигинка, – 4 балла; Краснодар, Геленджик, Славянск-на-Кубани – 3–4 балла; Сочи – 3 балла, претерпевшие позже некоторые уточнения.

Землетрясение произошло вечером, в 20<sup>h</sup>56<sup>m</sup> по местному времени, все люди находились дома, поэтому ощутили практически все. На станцию «Анапа» сразу приехали пожарные и сотрудники МЧС, приходили люди. Волнение было очень сильным, жители Анапы выходили из домов с детьми и стариками. Кто не мог выйти, звонили на станцию и спрашивали, что делать. Вопросов было очень много, сотрудники станции старались успокоить людей по телефону. Большую активность проявили СМИ (Анапские, Краснодарские и Новороссийские газеты), приходили на станцию, снимали, брали интервью, интересовались прогнозами.

По результатам телефонного обследования была построена карта «пункты-баллы», которая приведена в Информационном сообщении Службы срочных донесений ГС РАН [2].

При сравнении результатов оперативной оценки интенсивности и локации эпицентра землетрясения после уточненной обработки записей станций Кавказа и Крыма обнаружилось значительное несовпадение этих данных. Поэтому было принято решение о макросейсмическом обследовании Анапско-Новороссийской зоны с выездом в ряд населенных пунктов.

13 декабря, через двое суток после землетрясения, сотрудники станции «Анапа» совместно с представителем МЧС провели макросейсмическое обследование с объездом на автомобиле целого ряда населенных пунктов: Сукко, Варваровка, п. Большой Утриш, Гай-Кодзор, Рассвет, Раевская, Натухаевская, Гостагаевская и станица Анапская. Разговаривали с людьми в магазинах, зданиях администрации, школах. Заходили в дома, где жители жаловались на трещины. Ниже приведены результаты этого обследования и по ним составлена табл. 4 с окончательными данными.

**5 баллов.** Землетрясение ощущалось в Анапе, станице Анапской, Супсехе, Варваровке, Сукко, Гай-Кодзоре, Рассвете [19].

В *Супсехе (Су-Псехе)* все опрашиваемые слышали гул, людей охватил сильный испуг, паника, упала икона с иконостаса, отмечалось дрожание стен, было впечатление, что стены расходятся. Компьютер качался. Кофе из чашки выплеснулся, молодая женщина стояла у окна – ее отбросило, чуть не упала, упали цветы с подоконника, качался шкаф и разбилась чашка, одного человека сильно качнуло – подкосились ноги. Толчок резкий, потом плавное качание, как волны, длительностью 10–20 с. По заявлению в администрацию Супсеха был осмотрен дом по ул. Советской, 53 (на горе) – в новом каркасном железобетонном здании постройки 2010 г. образовались многочисленные мелкие трещины в штукатурке, в ванной треснула плитка вверху, потолок ходил ходуном, крыша гремела, как консервная банка. При осмотре подвального помещения трещин не обнаружено.

*Варваровка, Павловка, Сукко* – слышали гул. Почувствовали резкий толчок, длившийся 10–15 с. Испуг, паника, дребезжала и разбивалась посуда, раскачивались всяческие предметы. Двигалась мебель, открылась и закрылась дверь, стены шатались, беспокоились домашние животные. Повреждений в зданиях не отмечалось.

Станица *Анапская* – слышался гул, сильно раскачивалась люстра, дребезжала посуда в серванте, качалась мебель.

В *Анапе* слышался сильный гул, наблюдались испуг, паника у людей, дрожание стен, звон и скрежет оконных проемов, звон посуды, падали неустойчивые предметы, раскачивались люстры, хлопали боковые поверхности стола-книжки, срабатывала сигнализация у машин.

В одном доме лопнуло оконное стекло. Многие отмечали лай собак. Отдельные люди обращались по поводу трещин в жилых помещениях. Были перерывы в сотовой связи. В одном доме раскачивался холодильник с северо-востока на юго-запад.

**4–5 баллов** отмечены в станицах Натухаевской и Нижнебаканской, поселке Верхнебаканский и в г. Новороссийск.

В станицах *Натухаевской* и *Нижнебаканской* ощущалось сильно, характер сотрясений резкий, горизонтальный, продолжительностью 10–20 с. Сильный испуг, упала полочка, открылась форточка, раскачивалась люстра. В одноэтажном частном доме качались стены, мебель, увеличились старые трещины.

В поселке *Верхнебаканский*. Почувствовали сильно в 5-этажном здании, верхние этажи сильно качало, испуг, паника, забрали детей и выехали к родителям в частный дом.

*Новороссийск*. Почувствовали сильно, много паники, звонков, обращались из госпиталя по поводу трещины, зрители из кинотеатра разбежались. По [20] было опрошено 15 респондентов и по материалам опросных карточек проведен количественный анализ макросейсмических сведений по методике MMSK-92 [21]. Большая часть респондентов сообщала сведения о реакции людей, различных предметов и поведении животных. По классификации [21], люди относились к типу Л2 – обычные люди в помещении или вне помещения, находящиеся в состоянии покоя. Степень реакции: 30% опрошенных классифицировалась как «испуг» и «сильный испуг» (степень 3 и 4), 30% – как «сильное ощущение» (степень 2) и лишь 30% – как «слабое ощущение».

**4 балла.**

*Воскресенск* – 5-этажный блочный дом: на пятом этаже почувствовали сильно, раскачивалась мебель, вазочка упала.

*Витязево* – гул, шум, звон посуды, продолжительностью 3–5 с, разрушений не было, паники не было.

**3–4 балла.**

*Гостаевская*. Опрашиваемые люди находились в доме. Лежали. Сильно подкинуло, пошатало. Дверцы в шкафу скрипели. Шифоньер шатался, образовалась трещина на крыше – старый шифер. В магазине звенели бутылки, продавец испугалась и выскочила на улицу. Собаки сильно металась, паники среди людей не было, разрушений не было, толчок прошел быстро – 10–20 с.

*Крымск*. Почувствовали многие, дрожание стен. В двухэтажном здании почувствовали толчок, женщина испугалась, подняла панику, слышался звон посуды. Те, кто находился на улице, ничего не ощутили.

*Краснодар*. Ощутили многие на верхних этажах, звон посуды, раскачивание всяких предметов, мебели, со стола покатались карандаши, форточка открылась, но многие не ощутили.

*Геленджик*. По собранным сотрудниками станции «Анапа» сведениям, первоначально этот пункт был отнесен к области с ощутимостью в 2–3 балла (на 3–4 этажах качались люстры, звенела посуда, на 9 этаже мебель сильно раскачивалась, сдвинулась кровать). А по данным опроса 33 респондентов [20] и результатам количественной оценки степени реакций людей, предметов, животных и зданий этому пункту было присвоено 3–4 балла.

**3 балла.**

*Юровка* – ощутили все, скрипели балки, дребезжали стекла. Недолго.

*Фадеево* – ощутили немногие.

*Темрюк* – были звонки МЧС, ощущали не сильно. Некоторые не заметили.

**2–3 балла.**

*Абинск* – ощутили некоторые, дребезжание, толчок. Непродолжительно. Вторая половина города за железной дорогой совсем не ощутила.

*Славянск-на-Кубани* – частный дом, не ощущали, а дочь, живущая в пяти минутах ходьбы, ощутила раскачивание мебели, движение дивана. По слухам, многие ощущали.

**2 балла.**

*Кореновск, Белореченск* – единичные ощущения.

*Джигинка* – ощутили слабо. Многие не заметили.

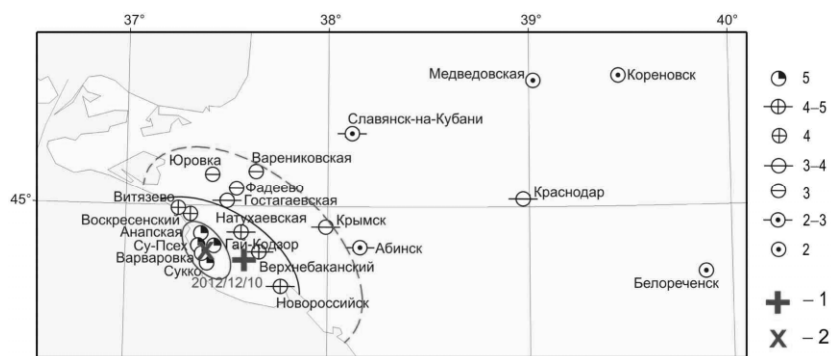
Все собранные по разным населенным пунктам данные сведены в табл. 4.

**Таблица 4.** Макросейсмические данные о Су-Псехском землетрясении 10 декабря 2012 г. в  $16^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с  $K_p=11.5$ ,  $M_{w_{\text{per}}}=4.3$ ,  $h=24$  км,  $\varphi_m=44.84^\circ\text{N}$ ,  $\lambda_m=37.41^\circ\text{E}$

№	Пункт	$\Delta$ , км	$r$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$r$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<b>5 баллов</b>						17	Раевская	19.9	31.2	44.719	37.597
1	Варваровка	2.8	24.2	44.836	37.374	18	Крымск	45.8	51.8	44.923	37.981
2	Супсех (Су-Псех)	4.6	24.4	44.856	37.356	19	Геленджик	61.3	65.7	44.563	38.079
3	Гай-Кодзор	2.7	24.2	44.855	37.438	20	Краснодар	124.9	127.5	45.04	38.976
4	ст. Анапская	7.0	24.5	44.901	37.382	<b>3 балла</b>					
5	Сукко	5.4	24.6	44.791	37.402	21	Фадеево	27.6	36.6	45.066	37.555
6	Рассвет	7.0	25.0	44.893	37.457	22	Юровка	30.5	38.8	45.114	37.413
7	Анапа	8.7	25.5	44.886	37.32	23	Темрюк	47.8	53.5	45.27	37.385
<b>4–5 баллов</b>						24	Кабардинка	46.6	52.4	44.651	37.936
8	Натухаевская	14.6	28.1	44.908	37.569	25	Дивноморское	68.7	72.7	44.500	38.134
9	Верхнебаканский	19.6	31.0	44.843	37.659	26	Ильский (Июльский)	91.4	94.6	44.854	38.57
10	Варениковская	36.0	43.3	45.121	37.639	<b>2–3 балла</b>					
11	Павловский	38.6	45.0	45.07	37.779	27	Абинск	59.3	64.0	44.868	38.162
12	Новороссийск	31.1	39.3	44.724	37.769	28	Славянск-на-Кубани	72.9	77.0	45.260	38.126
13	Нижнебаканская	35.9	43.2	44.864	37.864	<b>2 балла</b>					
<b>4 балла</b>						29	Джигинка	32.9	40.8	45.133	37.342
14	Воскресенский	15.4	28.5	44.965	37.326	30	Кореновск	173.5	176.1	45.467	39.45
15	Витязево	19.5	30.9	44.983	37.267	31	Белореченск	194.0	195.5	44.767	39.867
<b>3–4 баллов</b>											
16	Гостагаевская	21.6	32.3	45.023	37.504						

Примечание.  $\Delta$ , км – расстояние от макросейсмического эпицентра;  $r$ , км – гипоцентральное расстояние, рассчитанное при использовании инструментальной глубины  $h=24$  км; географические координаты сняты с электронной карты Яндекс (<https://yandex.ru/maps>).

Карта изосейст, построенная по данным табл. 4, изображена на рис. 4.



**Рис. 4.** Карта пунктов-баллов Су-Псехского землетрясения по результатам опроса населения

1, 2 – инструментальный и макросейсмический эпицентр соответственно.

Как видим, карта изосейст содержит лишь одну замкнутую и надежную изосейсту с  $I=5$  баллов, 4-балльная изосейста надежная, но не замкнута из-за прибрежности очаговой зоны. Третья изосейста с  $I=3$  балла также не замкнута и, в силу малого числа данных, изображена пунктирной линией как ненадежная. Тем не менее, полученная по наблюдениям система из трех изосейст весьма значима по достоверности полученного макросейсмического поля и дает возможность оценить количественные параметры макросейсмического эпицентра и макросейсмического поля Су-Псехского землетрясения в целом: размерах, азимуте и степени вытянутости каждой из трех изосейст (табл. 5).

Макросейсмический эпицентр, полученный в результате данного обследования (рис. 4), соответствует значениям  $\varphi_m=44.84^\circ\text{N}$ ,  $\lambda_m=37.41^\circ\text{E}$ , что удовлетворительно согласуется с инструментальным эпицентром –  $\varphi_{\text{и}}=44.83^\circ\text{N}$ ,  $\lambda_{\text{и}}=37.54^\circ\text{E}$ . Наблюдаемое несовпадение инструментального (прямой крест) и макросейсмического (косой крест в геометрическом центре первой изосейсты)

эпицентров (инструментальный смещен на восток примерно на 10 км) можно объяснить заглубленностью очага до  $h=20-30$  км. А в целом такое отклонение находится в пределах погрешности вычисления координат эпицентров в этом районе. Основные параметры геометрии макросейсмического поля, измеренные по карте изосейст на рис. 4 и MapViewer, приведены в табл. 5.

**Таблица 5.** Основные геометрические параметры макросейсмического поля Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г. в 16<sup>h</sup>56<sup>m</sup>

$I$ , балл	Длина осей изосейст			AZM	Отношение $\ell_a/\ell_b$	$S(I)$ , км <sup>2</sup>
	Продольная $\ell_a$	Поперечная $\ell_b$	Среднее $\bar{\ell}$			
5	25.5	14.1	19.8	330	1.81	83
4	70.3	40.1	55.2	308	1.75	917
3	102.7	59.9	81.3	315	1.71	2293

Как видим, значение отношения осей  $\ell_a/\ell_b$  примерно одинаково в пределах трех изосейст, меньше 2, но с устойчивой тенденцией к его уменьшению с 1.81 до 1.71.

Проведем сопоставление коэффициента затухания  $\nu$  по данным наблюдаемой интенсивности сотрясений  $I_i$  в населенных пунктах на рис. 5 в известном уравнении макросейсмического поля Н.В. Шебалина в общем виде [22]:

$$I_i = b M - \nu \lg r + c,$$

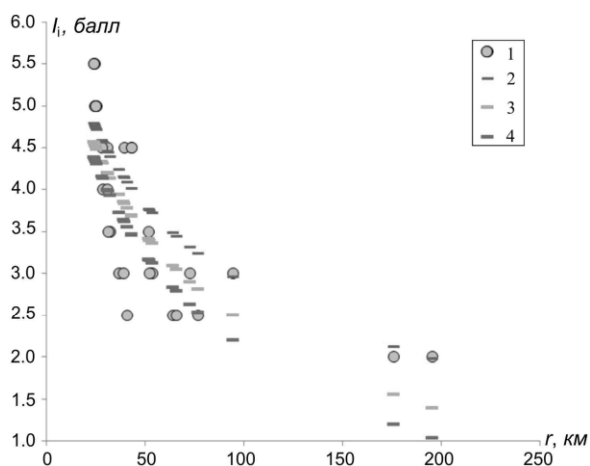
где  $b$ ,  $\nu$ ,  $c$  – параметры уравнения макросейсмического поля.

А далее используем три набора численных значений:

$b=1.6$ ,  $\nu=3.1$ ,  $c=2.2$  – для Северного Кавказа [23];

$b=1.4$ ,  $\nu=3.5$ ,  $c=3.4$  – для Кубани [24];

$b=1.4$ ,  $\nu=3.7$ ,  $c=3.5$  – для кавказского направления вытянутости изосейст на Кубани, полученные в результате анализа данных Нижнекубанского-II землетрясения 09.11.2002 г. [24].



**Рис. 5.** График затухания интенсивности  $I$  сотрясений Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г. с  $M_w=4.3$ ,  $h=24$  км в зависимости от гипоцентрального расстояния до макросейсмического эпицентра с  $\phi_m=44.84^\circ N$ ,  $\lambda_m=37.41^\circ E$

1 – наблюдаемые данные (пункты-баллы); 2–4 – кривые затухания макросейсмического поля с коэффициентами для Северного Кавказа, для Кубани и для Кубани в кавказском направлении соответственно.

из названных, вызвавшего сотрясения с интенсивностью до 6 баллов в эпицентре, в течение десяти лет в районе не наблюдалось значительных проявлений сейсмической активности [1]. Более детально историческая сейсмичность вблизи эпицентральной зоны Су-Псехского землетрясения 10 декабря собрана в табл. 6.

Из рис. 5 видно, что для Су-Псехского землетрясения для гипоцентральных расстояний  $r > 100$  км вполне удовлетворяют коэффициенты уравнения  $b=1.6$ ,  $\nu=3.1$ ,  $c=2.2$ , установленные ранее для Северного Кавказа [22, 23] (кривая 2 на рис. 5). Но на более близких расстояниях более тесное соответствие найдено для закона затухания –  $b=1.4$ ,  $\nu=3.5$ ,  $c=3.4$ , полученного для Кубани (кривые 3 и 4) [24]. Однако оба закона дают в среднем погрешность в определении  $I_i$ , достигающую  $\delta I=1$  балл. Поэтому пока нельзя на этих данных сказать, какой закон в целом более приемлем.

**Историческая сейсмичность.** В Анапском сейсмоактивном районе издавна известны землетрясения с  $M=3.5-5.8$ , проявлявшиеся с интенсивностью 6–7 и 7 баллов в эпицентре. Наиболее заметными были: Нижнекубанское-I землетрясение 09.10.1879 г. с  $M=5.7$ ,  $I_0=7$  [25], Анапское-IV землетрясение 12.07.1966 г. с  $m_b=5.8$ ,  $I_0=6-7$  [26–29], Нижнекубанское-II землетрясение 09 ноября 2002 г. с  $M=4.6$ ,  $I_0=6$  [30]. После последнего



Таблица 6. Основные параметры сильнейших и ощутимых землетрясений за 1799–2002 гг. в очаговой зоне Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г.

№	Дата	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$M$	$I_0$ , баллы	Источ- ник	Примечания
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1799 16 сентября	16 22 $\pm 10$ мин	45.2 $\pm 0.1$	38.2 $\pm 0.1$	30 15–60	5.1 $\pm 0.7$	(5–6) $\pm 1$	[25]	Сотрясения «по всей Кубанской области», одновременное появление со взрывом нового острова в Азовском море против Темрюка
		17 $\pm 1$ час	(44.8) $\pm 0.7$	(39.5) $\pm 0.7$	(10) 5–15	(3.5) $\pm 0.5$	5 $\pm 0.5$	[26]	
2	1830 4 декабря	05 00 $\pm 1$ час	44.9 $\pm 0.2$	37.3 $\pm 0.2$	(12) 8–18	4.8 $\pm 0.5$	6–7 $\pm 0.5$	[25]	Анапское-I
3	1834 20 февраля	17 51 $\pm 10$ мин	44.8 $\pm 0.5$	36.9 $\pm 0.5$	20 10–40	5.5 $\pm 0.5$	6–7 $\pm 1$	[25]	Анапское-II
4	1879 19 октября	19 30 $\pm 10$ мин	45.1 $\pm 0.2$	37.8 $\pm 0.2$	22 15–33	5.7 $\pm 0.5$	7 $\pm 0.5$	[25]	Нижнекубанское-I
5	1884 27 августа	12 55 $\pm 1$ час	45.4 $\pm 0.5$	38.1 $\pm 0.5$	15 5–50	3.8 $\pm 0.7$	4–5 $\pm 1$	[25]	
6	1905 4 октября	22 29 $\pm 10$ мин	44.7 $\pm 0.2$	37.4 $\pm 0.2$	15 7–30	5.1 $\pm 0.7$	6–7 $\pm 1$	[25]	Анапское-III
7	1914 16 августа	18 00 $\pm 6$ час	44.8 $\pm 0.5$	37.6 $\pm 0.5$	30 20–45	3.5 $\pm 0.5$	5–6 $\pm 0.5$	[25]	
8	1943 7 июня	11 40 20 $\pm 10$ с	44.5 $\pm 0.5$	36.5 $\pm 0.5$	28 $\pm 15$	4.3 $\pm 0.5$		[25]	
		11 40 20 $\pm 10$ с	45.7 $\pm 0.5$	35.5 $\pm 0.5$	30 $\pm 20$	5.4 $\pm 0.5$		[16]	
		11 40 29 $\pm 2$ с	45.3 $\pm 0.2$	37.7 $\pm 0.2$	20 $\pm 15$	5.0 $\pm 0.2$		[26]	
		11 40 20 $\pm 3$ с	45. $\pm 0.5$	35.5 $\pm 0.5$	15 $\pm 5$	5.4 $\pm 0.2$		[30]	
9	1966 12 июля	18 53 08 $\pm 5$ с	44.7 $\pm 0.2$	37.3 $\pm 0.2$	55 36–85	$MPVA=5.8$ $\pm 0.1$ $MLH=5.3$	7 $\pm 0.5$	[25]	Анапское-IV
		18 53 12 $\pm 0.5$ с	44.7 $\pm 0.2$	37.3 $\pm 0.2$	22 11–44	5.3 $\pm 0.2$	7 $\pm 0.5$	[25]	Анапское-IV (вариант)
		18 53 08	44.8 $\pm 0.2$	37.3 $\pm 0.2$	36	5.25–5.5		[30]	
			44.7 $\pm 0.2$	37.4 $\pm 0.2$			6	[31]	Макросейсмический эпицентр
		18 53 08 $\pm 5$ с	44.7 $\pm 0.2$	37.3 $\pm 0.2$	55 $\pm 30$	5.8 $\pm 0.1$		[31]	
	18 53 10 $\pm 2$ с	44.68 $\pm 0.1$	37.2 $\pm 0.1$	45 $\pm 10$	5.3–5.8	7 $\pm 0.5$	[30]		
10	1969 8 января	23 48 33 $\pm 2$ с	44.8 $\pm 0.2$	37.1 $\pm 0.2$	18 9–36	4.9 $\pm 0.5$	7 $\pm 1$	[31]	
11	1969 12 июля	03 05 51.5 $\pm 2$ с	44.9 $\pm 0.2$	37.5 $\pm 0.2$	7 5–10	4.0 $\pm 0.3$	5–6 $\pm 0.5$	[31]	
12	1972 22 июля	04 10 40 $\pm 2$ с	44.8 $\pm 0.1$	37.2 $\pm 0.1$	2.5 1–4	$MPVA=5.2$ $MLH=3.9$ $\pm 0.3$	(5) $\pm 1$	[31]	
13	2002 9 ноября	02 18 17 $\pm 0.2$ с	45.044 $\pm 0.04$	37.766 $\pm 0.02$	33.8 35.2 <sub>рр</sub> 33.3 <sub>сп</sub> $\pm 2$ км	$K_p=13.0/5$ $M_L=4.9$ $MS=4.6$	6 $\pm 0.5$	[31]	Нижнекубанское-II

Примечание. Для землетрясений с №№ 1, 8, 9 приведены разные варианты решения, опубликованные в соответствующих источниках из графы 9.

Расположение эпицентров из табл. 6 иллюстрирует рис. 6.

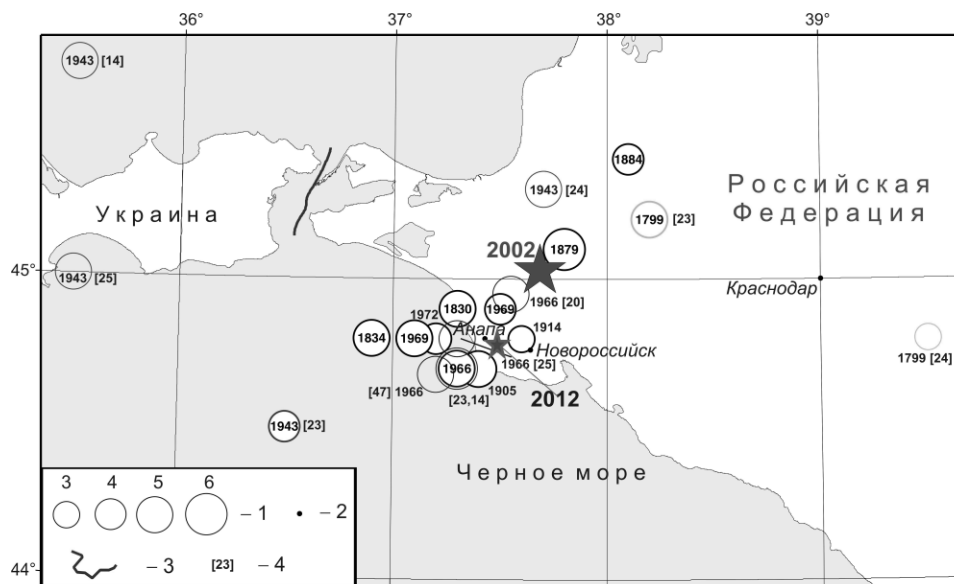


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений в очаговой зоне Су-Псехского землетрясения 10 декабря 2012 г. и прилегающих районах за 1799–2012 гг.

1 – магнитуда; 2 – город; 3 – государственная граница Российской Федерации; 4 – источник информации в соответствии с табл. 6. Звездами показано положение эпицентров землетрясений 9 ноября 2002 г. и 10 декабря 2012 г.

**Современная сейсмичность** Анапского сейсмоактивного района не менее интересна. Отличительной особенностью сеймотектонических процессов в этой зоне является сравнительно глубокое залегание очагов землетрясений, достигающее  $h=50$  км, и приуроченность их к структурным элементам как общекавказской ориентации, так и поперечной ей. Распределение современных очагов за 2000–2012 гг. по их глубинам подтверждает ранее отмеченный в [32] факт формирования сейсмогенной зоны почти перпендикулярно побережью Чёрного моря (рис. 7), что показано на глубинном разрезе по профилю.

В последние годы наибольшее число землетрясений произошло в шельфовой части Чёрного моря на удалении 25–35 км от Анапы (рис. 7). Землетрясение 29.11.2011 г. с  $M=3.6$  вызвало сотрясения с интенсивностью 3–4 балла в Анапе, пос. Су-Псех, Сукко; 2–3 балла – в Новороссийске [33].

В 2012–2013 гг. здесь зафиксировано более 20 землетрясений, из которых четыре с  $K_p \geq 9.0$  ( $M \geq 2.8$ ) [34, 35]. Накануне исследуемого землетрясения, 3 декабря 2012 г. в 14<sup>h</sup>58<sup>m</sup>, произошло землетрясение с  $K_p=8.6$ . Оно было зарегистрировано станциями сети ФИЦ ЕГС РАН и Крыма. Совместная обработка

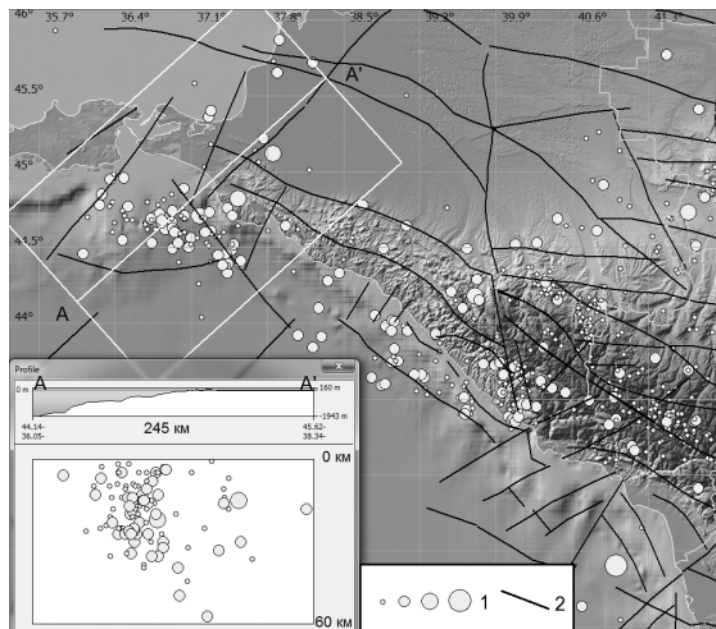


Рис. 7. Распределение очагов землетрясений по глубинам по профилю, секущему зону эпицентров вблизи Анапы в 2003–2012 гг. с юго-запада на северо-восток на фоне глубинных разломов [32] (использована программа ГИС EEDB [36])

1 – магнитуда землетрясения в соответствии с возрастанием размера кружка:  $M \leq 3$ ,  $M=3.1-4$ ,  $M=4.1-5$ ,  $M=5.1-6$  (значения  $M$  получены пересчетом из  $K_p$  по формуле  $K_p=4+1.8 \cdot M$ ); 2 – глубинный разлом.

наблюдений этих станций позволила получить следующие его параметры:  $t_0=14^h58^m$ ,  $\varphi=44.68^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=37.33^\circ\text{E}$  ( $\delta\Delta=5$  км),  $h=40$  км. Эпицентр его располагался в море в 20 км к юго-западу от эпицентра Су-Псехского землетрясения 10 декабря и может рассматриваться, вероятно, как форшок.

Эти землетрясения произошли в зоне поперечного сейсмолинеамента, выделенного здесь по [32] при подготовке Карты Общего сейсмического районирования территории России – ОСР-97. К нему же относятся и два упомянутых выше сильнейших землетрясения – Анапское 1966 г. [28] и Нижнекубанское-II 2002 г. [30] (рис. 8).

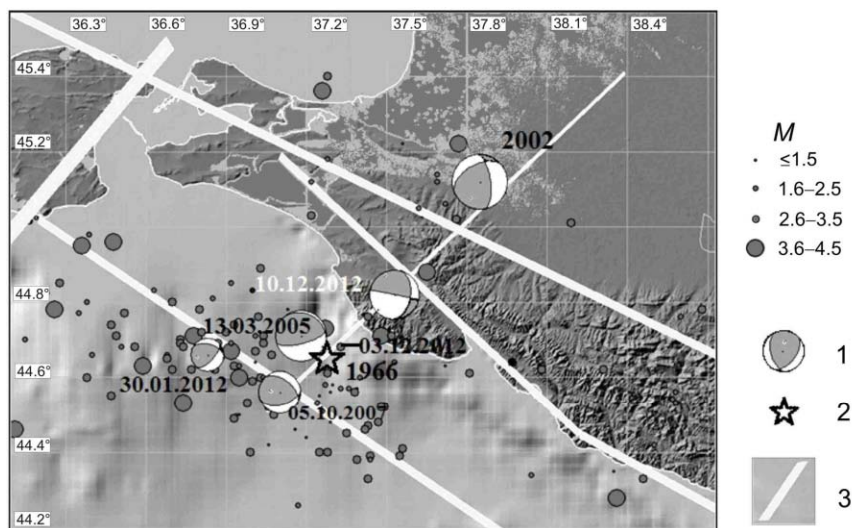


Рис. 8. Положение эпицентров землетрясений 2003–2013 гг. и механизмы сильнейших из них  
1 – диаграмма механизма очага; 2 – очаг Анапского землетрясения 1966 г.; 3 – сейсмолинеаменты по [32].

**Заключение.** Су-Псехское землетрясение 10 декабря 2012 г. в  $16^h56^m$  на юге Краснодарского края в Анапском сейсмоактивном районе [1], вероятно, связано со структурами, сформировавшимися в новейшее время под действием сил растяжения, и приурочено к Анапскому грабену, чем его генезис отличается от распространенных в этой зоне очагов, связанных или с «кавказскими», или с поперечными им структурами сжатия.

### Л и т е р а т у р а

1. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В. Западный Кавказ // Эндогенные опасности Большого Кавказа. – М.: ИФЗ РАН, 2014. – С. 41–99.
2. ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» [Сайт]. – Информационное сообщение об ощутимом землетрясении в Краснодарском крае 10 декабря 2012 года. – UPL: [http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/info\\_quake.pl?mode=1&id=200](http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/info_quake.pl?mode=1&id=200)
3. Lee W.H.K. and Valdes C.M. HYPO71PC: A personal computer version of the HYPO71 earthquake location program // U.S. Geological Survey Open File Report 85–749. – 1985. – 43 p.
4. Мурусидзе Г.Я. Строение земной коры и верхней мантии в Грузии и сопредельных районах по сейсмологическим и сейсморазведочным данным. – Тбилиси: Мецниереба, 1976. – 170 с.
5. GS ССД – Каталог Службы срочных донесений ГС РАН, 2012. Сайт ФИЦ ЕГС РАН [Электронный ресурс]. – UPL: [http://ceme.gsras.ru/cgi-bin/new/quake\\_stat.pl?sta=20124528&l=0](http://ceme.gsras.ru/cgi-bin/new/quake_stat.pl?sta=20124528&l=0)
6. GS reg – Сейсмологический бюллетень для территории Северного Кавказа, выпускаемый в ФИЦ ЕГС РАН на основании наблюдений станций Северного Кавказа. [Электронный ресурс]. – UPL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Regional\\_Catalogs/2012/N\\_caucasus](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Regional_Catalogs/2012/N_caucasus)
7. Свидлова В.А., Пасынков Г.Д. Сейсмичность Крыма в 2012 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2013. – С. 6–10.
8. Каталог землетрясений Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США NEIC [Электронный ресурс]. – UPL: [http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/web-db-v4?request=COMPREHENSIVE&out\\_format](http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/web-db-v4?request=COMPREHENSIVE&out_format)

9. **Каталог землетрясений Международного центра IDC**, Австрия, Вена. 2012 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/web-db-v4?request=COMPREHENSIVE&out\\_format](http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/web-db-v4?request=COMPREHENSIVE&out_format)
10. **Каталог Китайского Бюро исследований землетрясений ВJI Института геофизики АН Китая** [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/web-db-v4?request=COMPREHENSIVE&out\\_format](http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/web-db-v4?request=COMPREHENSIVE&out_format)
11. **Каталог землетрясений Европейского Средиземноморского сейсмологического центра CSEM**. [Электронный ресурс]. – URL: <http://https://www.emsc-csem.org/Earthquake/?filter=yes>
12. **Ландер А.В.** Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений *P*-волн). – М.: Фонды автора, 2006. – 27 с.
13. **Габсатарова И.П., Малянова Л.С., Селиванова Е.А., Якушева В.Н.** Землетрясение 10 декабря 2012 года с  $M_w=4.6$  вблизи г. Анапа // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2013 – С. 35–45.
14. **Павленко О.В.** Изучение закономерностей излучения и распространения сейсмических волн в коре и верхней мантии Северного Кавказа по записям станций «Анапа» и «Сочи» // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 138–142.
15. **Павленко О.В.** Характеристики излучения и распространения сейсмических волн на Северном Кавказе, оцененные по записям сейсмостанций «Сочи» и «Анапа» // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2016. – 43. – № 1. – С. 49–61.
16. **Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В.** // Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова Думка, 1989. – 190 с.
17. **Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И. и др.** Спектры *P*-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от стационарного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология. – 1989. – № 2. – С. 66–79.
18. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965.
19. **Якушева В.Н., Бондаренко Т.В., Мовчан Н.А.** Макросейсмическое обследование эпицентральной зоны землетрясения 10 декабря 2012 г. с  $M_w=4.6$  вблизи Анапы // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 363–366.
20. **Бяков Ю.А., Фоменко В.А., Машенко А.В., Бяков А.Ю., Карцева М.В., Бяков А.А.** О проявлениях землетрясения 10 декабря 2012 г. в южной части Краснодарского края // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 82–84.
21. **Шебалин Н.В., Аптикаев Ф.Ф.** Развитие шкал типа MSK // Вычислительная сейсмология. 2003. Вып.34. – С. 210–253.
22. **Шебалин Н.В.** Сильные землетрясения. Избранные труды. – М.: Академия горных наук, 1997. – 314 с.
23. **Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г.** – М.: Наука, 1977. – С. 26.
24. **Габсатарова И.П., Никонов А.А., Каменская О.П., Флейфель Л.Д.** Реконструкция макросейсмических полей землетрясений Северо-Западного Кавказа с целью уточнения сейсмической опасности региона // Глубинное строение, минерагения, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Материалы XX Всероссийской конференции с международным участием (г. Воронеж, 25–30 сентября 2016 г.) / Под ред. Н.М. Чернышова, Л.И. Надёжки. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2016. – С. 117–122.
25. **Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В.** (отв. сост.). П б. Кавказ [50–1974 гг.,  $M \geq 4.0$ ,  $I_0 \geq 5$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 69–170.
26. **Никонов А.А., Чепкунас Л.С.** Сильные землетрясения в низовьях реки Кубани // Геофизический журнал. – 1996. – 18. – № 3. – С. 29–41.
27. **Сейсмологический бюллетень сети опорных сейсмических станций СССР**, июль–сентябрь 1966 г. – М.: АН СССР, 1967.

28. **Ананьин И.В., Зыбина И.А.** Анапское землетрясение 12 июля 1966 г. // Землетрясения в СССР в 1966 г. – М.: Наука. 1970. – С. 56–62.
29. **Цхакая А.Д., Джибладзе Э.А., Папалашвили В.Г., Лебедева Т.М., Майсурадзе О.М., Табуцадзе Ц.А., Кахиани Л.А., Лабадзе В.** Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1966 г. – М.: Наука, 1970. – С. 18–34.
30. **Татевосян Р.Э., Плетнев К.Г., Бяков А.Ю., Шестопапов В.Л.** Нижнекубанское землетрясение 9 ноября 2002 г.: результаты макросейсмического обследования // Физика Земли. – 2003 г. – № 11. – С. 42–53.
31. **Габсатарова И.П., Чепкунас Л.С., Бабкова Е.А.** Нижнекубанское-II землетрясение 9 ноября 2002 г. с  $K_p=13.0$ ,  $M_w=5.5$ ,  $I_0=6$  (Северный Кавказ) // Землетрясения Северной Евразии, 2002 год. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 357–379.
32. **Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А.** Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. – М.: ГЕОС, 2002. – 225 с.
33. **Маловичко А.А., Габсатарова И.П.** Сейсмическая опасность и сейсмический мониторинг Причерноморья Российской Федерации // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2012. – № 1. – С. 98–105.
34. **Габсатарова И.П., Амиров С.Р., Девяткина Л.В., Цирихова Г.В. (отв. сост.), Александрова Л.И., Артёмова Е.В., Багаева С.С., Гамидова А.М., Гричуха К.В., Головкова Л.В., Иванова Л.Е., Калугина И.Ю., Королецки Л.Н., Косая В.В., Лещук Н.М., Мусалаева З.А., Перевозникова Я.Н., Петросян Э.Н., Сагателова Е.Ю., Селиванова Е.А. (сост.).** Каталог землетрясений и взрывов Северного Кавказа за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
35. **Габсатарова И.П., Амиров С.Р., Цирихова Г.В. (отв. сост.), Абдуллаева А.Р., Александрова Л.И., Багаева С.С., Гамидова А.М., Головкова Л.В., Гричуха К.В., Девяткина Л.В., Иванова Л.Е., Кабирирова О.Г., Калугина И.Ю., Королецки Л.Н., Косая В.В., Лещук Н.М., Малянова Л.С., Мусалаева З.А., Перевозникова Я.Н., Петросян Э.Н., Селиванова Е.А., Заклюковская А.С. (сост.).** Северный Кавказ. Каталог землетрясений // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 112–118.
36. **Михеева А.В.** Подготовка, визуализация и анализ сейсмологических данных в программном комплексе GIS-EEDB // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Седьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 192–196.