

УДК 550.348.436

Землетрясение 12 февраля 2025 г. в 13:40 в акватории Чёрного моря (вблизи г. Туапсе) с $M_w=3.3$, $I_0=4$ балла

© 2025 г. А.С. Зверева, А.И. Клянчин, А.В. Михайлова

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия

Поступила в редакцию 05.05.2025 г.

Аннотация. Приведены инструментальные и макросейсмические данные о землетрясении 12 февраля 2025 г. в 13:40 с эпицентром в акватории Чёрного моря вблизи г. Туапсе с $M_w=3.3$, $h=11$ км. Параметры землетрясения определены по инструментальным данным региональных сетей сейсмических станций ФИЦ ЕГС РАН, Крымского центра, Грузии. Рассчитаны очаговые спектры по записям региональных сейсмических станций ФИЦ ЕГС РАН и определены спектральные параметры очага: сейсмический момент M_0 , величина сброшенного напряжения $\Delta\sigma$ и радиус разрыва R . В тектоническом плане изучаемое землетрясение произошло в зоне Туапсинского прогиба в Черноморской зоне ВОЗ с $M_{\max}=6.0$. Механизм очага землетрясения определён как сброс с правосторонним сдвигом. Проведён макросейсмический сбор данных, максимальная интенсивность в ближайшем к эпицентру населённом пункте г. Туапсе составила 4 балла по шкале ШСИ-17.

Ключевые слова: Северный Кавказ, сейсмичность, спектральные параметры очага, макросейсмические данные.

Для цитирования: Зверева А.С., Клянчин А.И., Михайлова А.В. Землетрясение 12 февраля 2025 г. в 13:40 в акватории Чёрного моря (вблизи г. Туапсе) с $M_w=3.3$, $I_0=4$ балла // Российский сейсмологический журнал. — 2025. — Т. 7, № 2. — С. 49–56. — DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2025.2.04>. — EDN: LMRWQA

Введение

12 февраля 2025 г. в акватории Чёрного моря вблизи г. Туапсе произошло ощутимое землетрясение в 13:40 UTC (16:40 по местному времени) на глубине $h=12$ км с магнитудой $M_w=3.3$. По инструментальным данным, эпицентр землетрясения находился на расстоянии 7 км к юго-западу от Туапсе и 79 км к северо-западу от Сочи (рис. 1).

Землетрясение сопровождалось макросейсмическими проявлениями в Туапсе, а также в некоторых ближайших населённых пунктах. Максимальная интенсивность по инструментальным данным в ближайшем к эпицентру населённом пункте г. Туапсе составила 4 балла по шкале ШСИ-17 [ГОСТ ..., 2017]. По результатам палеосейсмологических исследований, данный регион характеризуется сильными землетрясениями, сопровождаемыми макросейсмическим эффектом [Рогожин и др., 2019]. По данным [Новый каталог ..., 1977], в районе Туапсе известны ощутимые землетрясения

в конце 30-х годов XX в.: 6–7-балльное землетрясение 21 июля 1936 г. с $M=4.4$ и 7-балльный толчок 21 июля 1936 г. с $M=4.3$, ощущавшиеся в Туапсе и получившие название Туапсинского роя. В 1937 г. с 4 по 10 июня также наблюдался рой, наиболее сильный толчок 4 июня 1937 г. ощущался в Архипо-Осиповке с интенсивностью 7 баллов.

Целью настоящей работы является описание всей имеющейся инструментальной и макросейсмической информации о землетрясении 12 февраля 2025 г., исследование очаговых и спектральных параметров, таких как сейсмический момент M_0 , величина сброшенного напряжения $\Delta\sigma$ и радиус круговой дислокации R и сопоставление полученной информации со структурно-тектоническими условиями района.

Инструментальные параметры

Современный сейсмологический мониторинг на территории Краснодарского края проводится

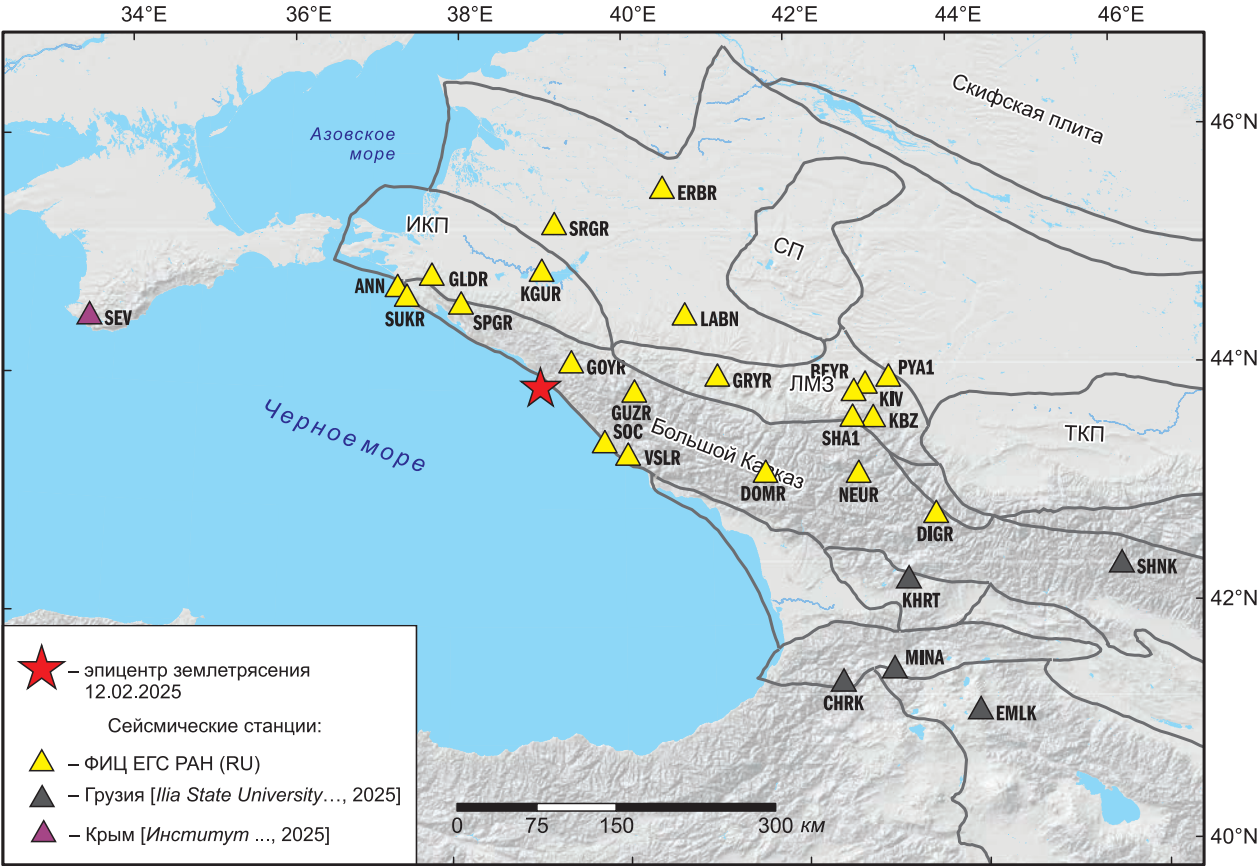


Рис. 1. Положение эпицентра землетрясения 12 февраля 2025 г. и сейсмических станций региональной сети Северного Кавказа на фоне тектонических зон по В.Е. Хаину [Хаин, 1973].

СП – Ставропольское поднятие, ИКП – Индоло-Кубанский прогиб, ЛМЗ – Лабино-Малкинская зона, ТКП – Терско-Каспийский прогиб

Таблица 1. Инструментальные параметры землетрясения 12 февраля 2025 г. по данным региональных сетей сейсмических станций

Дата дд.мм.гггг	t_0 , чч:мм:сс	Гипоцентр			Энергетический класс, магнитуда	GAP	N	V_p/V_s
		φ, °N	λ, °E	h, км				
12.02.2025	13:40:20	44.02	39.04	11.1	$K_p=9.2$, $ML=2.9$, $M_w=3.3$	143	27	1.74

региональной сетью станций ФИЦ ЕГС РАН в непрерывном режиме, что позволяет оперативно оценивать параметры землетрясений [Malovichko et al., 2020]. Параметры гипоцентра землетрясения 12 февраля 2025 г. были получены с использованием данных 27 сейсмических станций сети региональных станций ФИЦ ЕГС РАН на Северном Кавказе [Габсатарова, Зверева, 2023], одной станции Крымской сети [Институт ..., 2025] и пяти станций сейсмического мониторинга Грузии [Iliа State University ..., 1988] (рис. 1, табл. 1). Процедура локации и расчёта параметров гипоцентра подробно представлена в работе [Зверева, Клянчин, 2024].

Спектральные параметры очага

Для землетрясения 12 февраля 2025 г. был проведён расчёт спектральных параметров в программном комплексе SEISAN [Havskov et al., 2020], основанный на модели сейсмического источника по [Brune, 1970]. Расчёт спектра смещений объёмной S-волны проводился для четырёх сейсмических станций: «Шапсуг» (SPGR, Δ=104 км), «Гладковский» (GLDR, Δ=122 км), «Анапа» (ANN, Δ=130 км) и «Горный» (GRYR, Δ=131 км). Подробнее методика и выбор оптимальных критериев для расчёта изложены в работе [Зверева и др., 2024]. По очаговым спектрам изучаемых сейсмических

станций были рассчитаны как индивидуальные, так и среднесетевые значения следующих спектральных параметров: сейсмический момент M_0 , радиус очага R (км) согласно дислокационной модели Брюна и статический сброс напряжений $\Delta\sigma$ (бар). На основании полученного значения сейсмического момента была рассчитана моментная магнитуда Канамори M_w [Kanamori, 1977]. Результаты расчёта спектральных параметров представлены в табл. 2.

Механизм очага землетрясения

Механизм очага землетрясения был построен по методике, основанной на определении знаков первого движения в P -волне в программе FA А.В. Ландера [Ландер, 2018]. Всего использовано 22 сейсмические станции, удалённые от очага на расстояния от 0.34 до 5.13°. Результаты представлены в табл. 3. Движение в очаге возникло под действием превалирования напряжений растяжения. Нодальная плоскость $NP1$ имеет близширотное простирание на юго-восток, а другая ($NP2$) — на северо-северо-восток. Плоскость $NP1$ залегает близвертикально под углом 70°, тип движения — сброс с правосторонним сдвигом. По пологой плоскости $NP2$ северо-восточного

простираения произошёл левосторонний сдвиг с компонентой сброса.

Тектоническая позиция очага

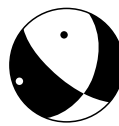
Эпицентр землетрясения 12 февраля 2025 г. в тектоническом плане приурочен к зоне Туапсинского прогиба. Особую роль в рассматриваемом районе играет Туапсинская система разломов поперечной ориентировки с грабеновым прогибанием длиной до 50 км [Рогожин и др., 2014; Трифонов и др., 2002]. В складчатой структуре зона разломов выражена повышенной трещиноватостью пород. Суммарная амплитуда горизонтальных правосторонних сдвиговых смещений по Туапсинской зоне (Туапсинская флексура, рис. 2) может быть оценена в 15–20 км [Рогожин и др., 2014]. Скорость движения по этому разлому составляет 0.75 мм/год в северо-восточном направлении [Milyukov et al., 2022]. Эпицентр располагался на расстоянии 500 м к северо-западу до Туапсинской флексуры и примерно 1 км до Черноморской разрывной зоны ВОЗ ($M_{\max}=6.0$). Предполагается, что изучаемое землетрясение связано со сбросом с правосторонним сдвигом, о чём свидетельствует механизм очага, который имеет правосдвиговую кинематику.

Таблица 2. Спектральные параметры очага землетрясения 12 февраля 2025 г. в 13:40 по спектрам смещения S -волн

Станция	$\lg M_0$, $H \cdot m$	$\lg \Omega_0$, $nm \cdot s$	f_c , $Гц$	M_w^{SS}	$\Delta\sigma$, бар	R , км
SPGR	14.2	3.3	2.0	3.4	3.5	0.58
GLDR	14.3	3.3	1.2	3.5	1.1	0.93
ANN	14.0	3.0	1.9	3.3	2.1	0.61
GRYR	13.8	2.8	2.6	3.2	3.6	0.44
Среднее	14.1±0.2	3.1±0.2	1.9±0.4	3.3±0.1	2.6±1.0	0.63±0.15

Примечание: M_w^{SS} — моментная магнитуда, определённая по очаговому спектру S -волны; $\lg \Omega_0$ — логарифм спектральной плотности; f_c — угловая частота.

Таблица 3. Параметры механизма очага землетрясения 12 февраля 2025 г.

Дата, <i>дд.мм.гггг</i>	Время в очаге, <i>чч:мм:сс</i>	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Диаграмма
		<i>T</i>		<i>N</i>		<i>P</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>			
		<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	
12.02.2025	13:40:20	13	251	41	149	46	355	131	70	−135	21	48	−27	

Примечание: T — главная ось напряжений растяжения; P — главная ось напряжений сжатия; N — ось промежуточных напряжений; PL — угол погружения относительно горизонта, который измеряется от горизонтальной плоскости вниз до оси; AZM — азимут; $NP1$ — первая нодальная плоскость; $NP2$ — вторая нодальная плоскость; STK — азимут простирания; DP — угол падения; $SLIP$ — угол скольжения.

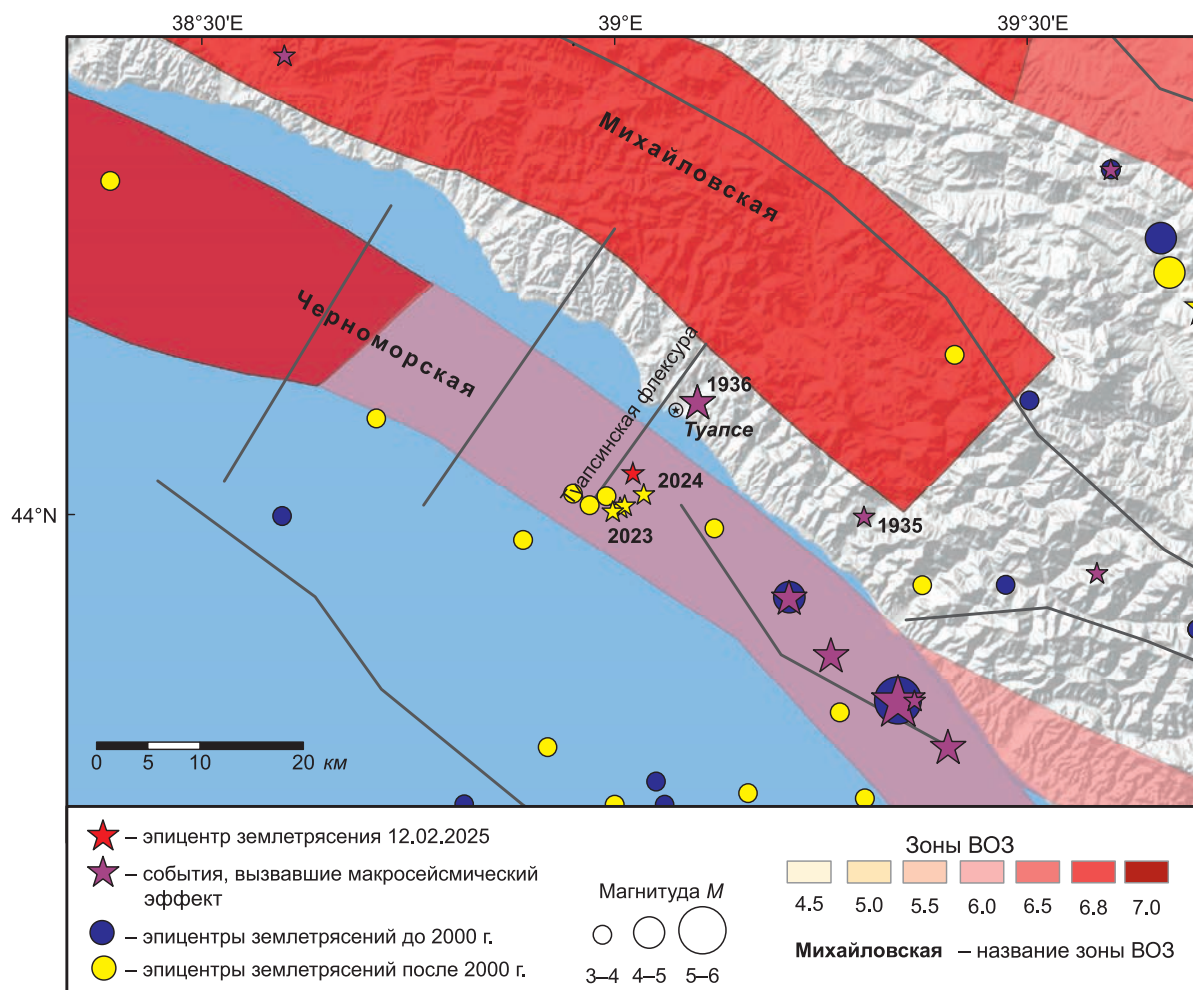


Рис. 2. Карта распределения эпицентров землетрясений вблизи Туапсинского района с 1799 г. по настоящее время на фоне зон ВОЗ [Рогожин и др., 2019]

Эпицентр соотносится с восточной частью Черноморской зоны ВОЗ с $M_{\max}=6.0$. Данный район характеризуется роевыми последовательностями землетрясений. За последние 20 лет здесь отмечены следующие серии землетрясений [Королецьки и др., 2023]:

- четыре слабо ощутимых (от 2 до 3 баллов) землетрясения 2, 8, 12 и 14 сентября 2010 г. с $M=3.3-3.8$;
- землетрясение 26 апреля 2018 г. с $M=3.0$, ощущалось в Лазаревском с $I=2$ балла;
- землетрясение 1 сентября 2020 г. с $M=3.8$, ощущалось с $I_{\max}=5$ баллов в Туапсе;
- рой землетрясений с 13 по 25 мая 2023 г. с $M=1.5-3.7$, ряд землетрясений в рое были ощутимыми в Туапсе до $I_{\max}=4-5$ баллов.

Макросейсмические данные

Проведено макросейсмическое обследование землетрясения 12 февраля 2025 г. путём опроса населения через социальную сеть «ВКонтакте»

и мессенджер «Telegram» с заполнением специальной анкеты. Собраны макросейсмические данные от 154 респондентов в девяти населённых пунктах. На основании полученных данных были рассчитаны средние значения интенсивности в каждом населённом пункте по шкале MSK-64 [Медведев и др., 1965].

4 балла — землетрясение ощущалось в Туапсе (8 км), пос. Гизель-Дере (8 км), с. Дедеркой (9 км), с. Кромянское (10 км) и с. Шепси (11 км). Жители ощущали землетрясение отчётливо, отмечали отсутствие реакции и испуг, наблюдали: заметное раскачивание висячих предметов; дребезжание окон и посуды; дрожание лёгкой и тяжёлой мебели; раскачивание или незначительное смещение небольших предметов (книги, флаконы, игрушки, сувениры и др.); наблюдалось сотрясение здания целиком. На открытом воздухе респонденты ощущали землетрясение также отчётливо, многие отмечают, что был слышен подземный гул.

3–4 балла — землетрясение ощущалось в с. Кройское (10 км) и с. Шепси (11 км), мрн Макопсе (Сочи, 13.5 км). Жители ощущали землетрясение слабо или отчётливо, наблюдали: вибрацию или дрожание на нижних этажах зданий; плавное покачивание небольших предметов; дребезжание окон и дрожание тяжёлой мебели; сотрясение дома целиком на верхних этажах; был слышен подземный гул.

3 балла — землетрясение ощущалось в с. Агой (12 км), мрн Макопсе (Сочи, 13.5 км), с. Небуг (14 км) и ауле Агуй-Шапсуг (16 км). Жители слабо или в спокойном состоянии отчётливо ощущали в основном вибрацию, плавное колебание на верхних этажах зданий; наблюдали едва заметное раскачивание висячих предметов, вибрации небольших предметов; слышали подземный гул.

По шкале сейсмической интенсивности ШСИ-17 [ГОСТ ..., 2017] интенсивность в Туапсе составила $I=3.8\pm 0.04$ по 139 анкетам респондентов.

Заключение

Выполнено детальное изучение параметров землетрясения 12 февраля 2025 г. в 13:40 в акватории Чёрного моря вблизи Туапсе по инструментальным и макросейсмическим данным, что позволило собрать обобщённую информацию и выделить его характерные особенности. Проведён расчёт спектральных параметров сейсмического момента M_0 , величины сброшенных напряжений $\Delta\sigma$ и радиуса разрыва R , а также получено значение моментной магнитуды M_w . Эпицентр исследуемого землетрясения расположен в западной части Большого Кавказа вдоль Черноморской разрывной зоны ВОЗ ($M_{\max}=6.0$). Именно это землетрясение связано с поперечной Туапсинской флексурой с грабеновым прогибанием, которая имеет правосдвиговую кинематику, так как эпицентр находился ближе всего к ней. Данная территория известна исторической сейсмичностью и макросейсмическими проявлениями. Макросейсмические данные собраны через социальную сеть «ВКонтакте» и мессенджер «Telegram». По результатам макросейсмического обследования интенсивность в ближайших к эпицентру населённых пунктах Туапсе (8 км) и пос. Гизель-Дере (8 км) составила 4 балла по шкале MSK-64.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-00604-25) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке

«Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

Литература

Габсатарова И.П., Зверева А.С. Сейсмический мониторинг Северного Кавказа в первую четверть XXI века // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Т. XIII. — М.: ИИЕТ РАН, 2023. — С. 257–264. — DOI: 10.26200/GSTOU.2023.81.74.035. — EDN: KRSENW
ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. — Введ. 2017-07-19. — М.: Стандартинформ, 2017. — 28 с. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146265>

Зверева А.С., Клянчин А.И. Землетрясение 24 января 2024 г. в районе г. Краснодара с $M_w=4.1$, $I_0=5$ баллов // Российский сейсмологический журнал. — 2024. — Т. 6, № 2. — С. 70–81. — DOI: 10.35540/2686-7907.2024.2.05. — EDN: WPLUZY

Зверева А.С., Скоркина А.А., Габсатарова И.П. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа в 2020 г. // Землетрясения Северной Евразии. — 2024. — Вып. 27 (2019–2020). — С. 242–254. — DOI: 10.35540/1818-6254.2024.27.22. — EDN: LCKDSF

Институт сейсмологии и геодинамики (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» [сайт]. — URL: <https://cfuv.ru/strukturnye-podrazdeleniya-i-filialy-2/institut-sejsmologii-i-geodinamiki> (дата обращения 15.04.2025).

Королежки Л.Н., Габсатарова И.П., Клянчин А.И. Туапсинская активизация в мае 2023 г. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. — Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. — С. 56. — EDN: CLLCMI

Ландер А.В. Программа расчёта и графического представления механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений P -волн (FA) / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662004 от 25 сентября 2018 г. — EDN: GTRUYE

Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. — М.: МГК АН СССР, 1965. — 11 с.

Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времён до 1975 г. / Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. — М.: Наука, 1977. — 536 с.

- Рогожин Е.А., Лутиков А.И., Овсяченко А.Н., Донцова Г.Ю., Сысолин А.И. Детальное сейсмическое районирование Северо-Западного Кавказа с учётом результатов палеосейсмологических исследований // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. — 2019. — № 4 (41). — С. 32–38. — EDN: RDQFEA
- Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатилов А.В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. — М.: ИФЗ РАН, 2014. — 256 с. — EDN: ZPKBCV
- Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизийного пояса. — М.: ГЕОС, 2002. — 225 с. (Тр. ГИН РАН; вып. 541).
- Хаин В.Е. Кавказ. Тектоническая карта. — М: 1:5 500 000 // Большая Советская Энциклопедия. Т. 11. — М.: «Советская Энциклопедия», 1973. — С. 112–114.
- Brune J.N. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // Journal of Geophysical Research. — 1970. — V. 75, N 26. — P. 4997–5009. — DOI: 10.1029/JB075I026P04997
- Havskov J., Voss P.H., Ottemöller L. Seismological observatory software: 30 Yr of SEISAN // Seismological Research Letters. — 2020. — V. 91, N 3. — P. 1846–1852. — DOI: 10.1785/0220190313
- Iliia State University - Seismic Monitoring Centre of Georgia. National Seismic Network of Georgia [Data set]. — International Federation of Digital Seismograph Networks, 1988. — DOI: 10.7914/lyx9-8844
- Kanamori H. The energy release in great earthquakes // Journal of Geophysical Research. — 1977. — V. 82, N 20. — P. 2981–2987. — DOI: 10.1029/JB082I020P02981
- Malovichko A.A., Gabsatarova I.P., Dyagilev R.A., Mekhryushev D.Yu., Zvereva A.S. Evaluation of the detection and location capability of the seismic network in the western part of the North Caucasus using network layout and local microseismic noise level // Seismic Instruments. — 2021. — V. 57, Iss. 2. — P. 209–230. — DOI: 10.3103/S0747923921020274. — EDN: SFCIWL
- Milyukov V.K., Mironov A.P., Ovsyuchenko A.N., Gorbatikov A.V., Steblov G.M., Korzhenkov A.M., Agibailov A.O., Sentsov A.A., Drobyshev V.N., Khubaev K.M., Dogan U., Ergintav S. Contemporary tectonic movements of the Western Caucasus and the Ciscaucasia based on satellite-geodetic observations // Geotectonics. — 2022. — V. 56, N 1. — P. 41–54. — DOI: 10.1134/S0016852122010058. — EDN: TGMOQY

Сведения об авторах

Зверева Анастасия Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, науч. сотр. Федерального государственного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН), г. Обнинск, Россия. E-mail: zvereva.as59@gmail.com

Клянчин Андрей Игоревич, инженер-исследователь ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. E-mail: astrogeolog@mail.ru

Михайлова Анастасия Валентиновна, инженер-программист ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия. E-mail: mihailovaav@gsras.ru

Earthquake on February 12, 2025 at 13:40 in the Black Sea (near Tuapse city) with $M_w=3.3$, $I_0=4$ points

© 2025 A.S. Zvereva, A.I. Klianchin, A.V. Mikhailova

GS RAS, Obninsk, Russia

Received May 5, 2025

Abstract Instrumental and macroseismic data on the earthquake of February 12, 2025, with the epicenter in the Black Sea near Tuapse at 13:40 with $h=11$ km, $M_w=3.3$ are presented. The earthquake parameters were determined based on instrumental data from regional seismic station networks of the GS RAS, the Crimean Center, and Georgia. Source spectra were calculated based on the records of regional seismic stations of the GS RAS and the spectral parameters were determined: seismic moment M_0 , stress drops $\Delta\sigma$ and rupture radius R . In tectonic terms, the earthquake under study occurred in the Tuapse Trough zone in the Black Sea ESZ with $M_{\max}=6.0$. The focal mechanism of the earthquake was defined as a normal fault with a right-lateral strike-slip. Macroseismic data collection was carried out; the maximum intensity in the nearest populated area to the epicenter, the city of Tuapse, was 4 points on the seismic intensity scale – national standards of Russia GOST R 57546-2017.

Keywords North Caucasus, seismicity, spectral parameters of the source, macroseismic data.

For citation Zvereva, A.S., Klianchin, A.I., & Mikhailova, A.V. (2025). [Earthquake on February 12, 2025 at 13:40 in the Black Sea (near Tuapse city) with $M_w=3.3$, $I_0=4$ points]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 7(2), 49-56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2025.2.04>. – EDN: LMRWQA

References

- Brune, J.N. (1970). Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, 75(26), 4997-5009. DOI: 10.1029/JB075I026P04997
- Gabsatarova, I.P., & Zvereva, A.S. (2023). [Seismic monitoring of the North Caucasus in the first quarter of the 21st century]. In *Sovremennye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza. T. XIII* [Modern problems of geology, geophysics and geoecology of the North Caucasus. Vol. XIII] (pp. 257-264). Moscow, Russia: IIET RAS Publ. (In Russ.). DOI: 10.26200/GSTOU.2023.81.74.035. EDN: KRSENW
- GOST R 57546-2017. (2017). [State Standard 57546-2017. Earthquakes. Seismic intensity scale]. Moscow, Russia: Standartinform Publ., 28 p. (In Russ.).
- Havskov, J., Voss, P.H., & Ottemöller, L. (2020). Seismological observatory software: 30 Yr of SEISAN. *Seismological Research Letters*, 91(3), 1846-1852. DOI: 10.1785/0220190313
- Ilia State University - Seismic Monitoring Centre of Georgia. (1988). *National Seismic Network of Georgia* [Data set]. International Federation of Digital Seismograph Networks. DOI: 10.7914/Iyx9-8844
- Institut seismologii i geodinamiki (strukturnoe podrazdelenie) FGAOU VO «Krymskii federal'nyi universitet imeni V.I. Vernadskogo» [Institute of Seismology and Geodynamics (structural division) of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky]. (In Russ.). Retrieved from <https://cfuv.ru/strukturnye-podrazdeleniya-i-filialy-2/institut-seizmologii-i-geodinamiki>
- Kanamori, H. (1977). The energy release in great earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, 82(20), 2981-2987. DOI: 10.1029/JB082I020P02981
- Khain, V.E. (1973). [Caucasus. Tectonic map. M: 1:5 500 000]. In *Bol'shaia Sovetskaia Entsiklopediia, T. 11* [Great Soviet Encyclopedia, V. 11] (pp. 112-114). Moscow, Russia: Soviet Encyclopedia Publ. (In Russ.).
- Kondorskaya, N.V., Shebalin, N.V. (Eds.). (1977). *Novyj katalog sil'nykh zemletryasenij na territorii SSSR s drevnejshih vremyon do 1975 g.* [New catalogue of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 536 p. (In Russ.).
- Koroletski, L.N., Gabsatarova, I.P., & Klyanchin, A.I. (2023). [Tuapse activation in May 2023]. In *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannyx. Tezisy XVII Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly. Otv. red. A.A. Malovichko* [Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Abstracts of the XVII International Seismological Workshop. Ed. A.A. Malovichko] (pp. 56-56). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: CLLCMI

- Lander, A.V. (2018). [Program for calculating and graphically representing earthquake focus mechanisms based on the signs of the first arrivals of P-waves]. Certificate of state registration of a computer program No. 2018662004. (In Russ.). EDN: GTRUYE
- Malovichko, A.A., Gabsatarova, I.P., Dyagilev, R.A., Mekhryushev, D.Yu., & Zvereva, A.S. (2021). Evaluation of the detection and location capability of the seismic network in the western part of the North Caucasus using network layout and local microseismic noise level. *Seismic Instruments*, 57(2), 209-230. DOI: 10.3103/S0747923921020274. EDN: SFCIWL
- Medvedev, S.V., Sponheuer, W., & Karnik, V. (1965). *Shkala seismicheskoi intensivnosti MSK-64* [Seismic Intensity Scale MSK-64]. Moscow, Russia: Interdepartmental Geophysical Commission of the USSR Acad. Sci. Publ., 11 p. (In Russ.).
- Milyukov, V.K., Mironov, A.P., Ovsyuchenko, A.N., Gorbatiykov, A.V., Steblov, G.M., Korzhenkov, A.M., Agibalov, A.O., Sentsov, A.A., Drobyshv, V.N., Khubaev, K.M., Dogan, U., & Ergintav, S. (2022). Contemporary tectonic movements of the Western Caucasus and the Ciscaucasia based on satellite-geodetic observations. *Geotectonics*, 56(1), 41-54. DOI: 10.1134/S0016852122010058. EDN: TGMOQY
- Rogozhin, E.A., Lutikov, A.I., Ovsyuchenko, A.N., Dontsova, G.Yu., & Sycolin, A.I. (2019). [Detailed seismic zoning of the North-West Caucasus taking into account the results of paleoseismogeological studies]. *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenii* [Natural and man-made risks. Safety of structures], 4(41), 32-38. (In Russ.). EDN: RDQFEA
- Rogozhin, E.A., Ovsuchenko, A.N., Lutikov, A.I., Sobisevich, A.L., Sobisevich, L.E., & Gorbatiykov, A.V. (2014). *Endogennye opasnosti Bol'shogo Kavkaza* [Endogenous hazards of the Greater Caucasus]. Moscow, Russia: IPE RAS Publ., 256 p. (In Russ.). EDN: ZPKBCV
- Trifonov, V.G., Soboleva, O.V., Trifonov, R.V., & Vostrikov, G.A. (2002). *Sovremennaya geodinamika Al'piiskogo Gimalayskogo kollizionnogo poiasa* [Recent geodynamics of the Alpine-Himalayan collision belt]. Moscow, Russia: GEOS Publ., 224 p. (In Russ.).
- Zvereva, A.S., & Klianichin, A.I. (2024). [Earthquake on January 24, 2024 near Krasnodar city, Mw=4.1, I₀=5]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 6(2), 70-81. DOI: 10.35540/2686-7907.2024.2.05. EDN: WPLUZZ
- Zvereva, A.S., Skorkina, A.A., & Gabsatarova, I.P. (2024). [Spectral and focal parameters of the North Caucasus earthquakes in 2020]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes of the Northern Eurasia], 27(2019-2020), 242-254. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2024.27.22. EDN: LCKDSF

Information about authors

Zvereva Anastasia Sergeevna, PhD, Researcher of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (GS RAS), Obninsk, Russia. E-mail: zvereva.as59@gmail.com

Klyanchin Andrei Igorevich, Researcher Engineer of the GS RAS, Obninsk, Russia. E-mail: astrogeolog@mail.ru

Mikhailova Anastasia Valentinovna, Software Engineer of the GS RAS, Obninsk, Russia. E-mail: mikhailovaav@gsras.ru