

УДК 551:550.34

ИСТОРИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ПРОДОЛЖЕНИИ ВОСТОЧНО-АНАТОЛИЙСКИХ РАЗЛОМОВ

© 2023 г. Р. Э. Татевосян¹, *, Н. Г. Мокрушина¹, **, А. Н. Овсяченко¹, ***, А. С. Ларьков¹, ****

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

*E-mail: ruben@ifz.ru

**E-mail: nina305@inbox.ru

***E-mail: ovs@ifz.ru

****E-mail: las119@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.05.2023 г.

После доработки 15.05.2023 г.

Принята к публикации 13.06.2023 г.

Определены положение гипоцентра и магнитуа землетрясения 11/23.09.1888 г. на основании макросейсмических сведений, опубликованных в российской печати на русском, армянском и грузинском языках. Расчеты показали, что магнитуа землетрясения была ранее существенно недооценена, из-за чего оно не попало в каталог сильных землетрясений тестового региона Кавказ [Shebalin, Tatevossian, 1997]. Точность локации гипоцентра позволяет идентифицировать активный разлом, с которым связан очаг землетрясения 1888 г. Произошедшее спустя почти 100 лет землетрясение с $M_w = 6.6$ подтверждает долговременную активность Западной ветви Восточно-Анатолийской зоны разломов.

Ключевые слова: историческое землетрясение, Турция, макросейсмика, активные разломы.

DOI: 10.31857/S000233723060224, **EDN:** LVGGFN

ВВЕДЕНИЕ

Сильное землетрясение, как правило, вызывает повышенный интерес к региону, где оно произошло, стимулируя исследования по осмыслению тектонического строения и сейсмической истории региона. Не стали исключением и Караманмарашские землетрясения в Турции. 06.02.2023 г. с разницей менее чем 9 часов произошли два землетрясения с $M_w = 7.8$ и $M_w = 7.7$ [Global CMT ..., 2023]. Их очаги, а также афтершоковые последовательности, приурочены к юго-западному окончанию зоны Восточно-Анатолийских разломов, где они соединяются с трансформными разломами Мертвого моря (рис. 1) [Westaway, 2004].

В рамках концепции тектоники плит Восточно-Анатолийские разломы являются зоной, по которой проходит граница между Аравийской плитой и Анатолийским блоком. Протяженность зоны составляет свыше 600 км; вдоль нее реализуется до 2/3 общего смещения между Аравийской плитой и Анатолийским блоком Альпийско-Гималайского пояса [Duman, Emre, 2013]. За последние 0.9–0.8 млн лет смещение оценивается в 13–15 мм/год [Трифонов, 2017]. Высокая сейсмическая активность зоны хорошо известна. Инструментальные наблюдения обеспечивают до-

статочно высокое качество определения положения гипоцентров, по крайней мере, сильных землетрясений ($M_w \geq 6.0$). В целом, историческая сейсмичность региона также неплохо изучена, в основном благодаря трудам Н. Амбрейзиса [Ambraseys, Finkel, 2004; Ambraseys, 2009]. Известны публикации турецких и армянских специалистов (например, [Alsan et al., 1975, Babayan, 2006]). При составлении каталога сильных землетрясений территории СССР северо-восточное продолжение Восточно-Анатолийских разломов исследовалось как сопредельная территория [Кондорская, Шебалин, 1977]. Сейсмичность региона изучалась также в рамках международных проектов [Shebalin, Tatevossian, 1997]. Однако полнота и качество определения параметров исторических землетрясений, все еще могут быть существенно улучшены.

В настоящей статье мы не претендуем на пересмотр сейсмической истории всей 600-км зоны Восточно-Анатолийских разломов, к которой приурочены Караманмарашские землетрясения.

Цель — рассмотреть, как можно подробнее, землетрясение 11/23.09.1888¹ года, эпицентрально-

¹ Здесь и далее даты даны по старому и новому стилю через косую черту.

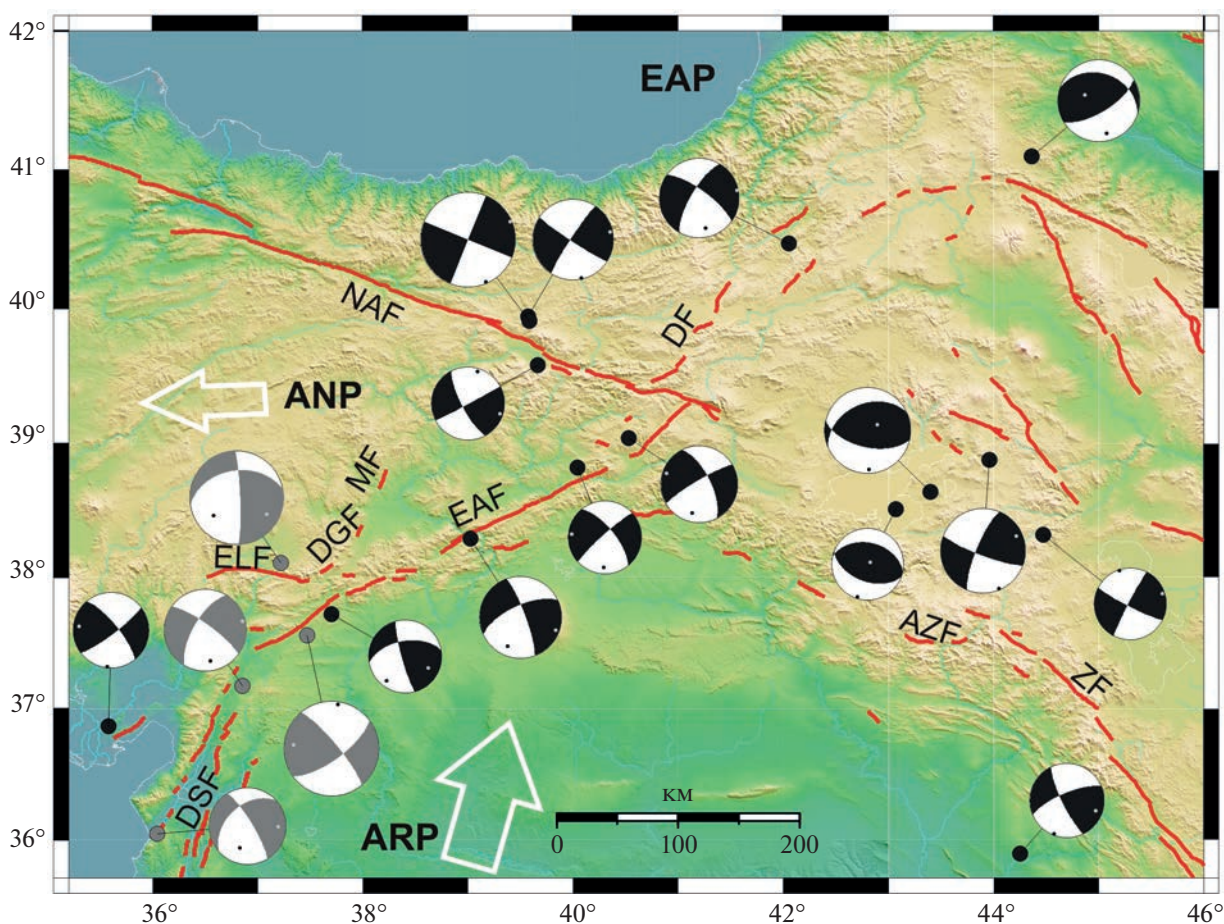


Рис. 1. Основные сейсмостектонические структуры района Восточной Анатолии. Активные разломы показаны по работе [Бачманов, 2017] (только надежно идентифицированные). Плиты: Анатolianская (ANP), Аравийская (ARP), Евразийская (EAP); разломы: Северо-Анатолийский (NAF), Восточно-Анатолийский (EAF), Мертвого моря (DSF), Думлу (DF), Анатолийско-Загросский (AZF), Загросский (ZF), Догансеhir (DGF), Элбистан (ELF), Малатия (MF). Белые стрелки показывают направление движения плит. Черные точки – эпицентры землетрясений с $M_w \geq 6.0$; закрашенные круги – механизмы очагов (закрашена область растяжения; для Караманмарашских землетрясений область растяжения закрашена серым). Механизмы по данным работ [Global CMT ..., 2023; International ..., 2023].

ная область которого расположена на северо-восточной оконечности зоны Восточно-Анатолийских разломов. Особый интерес к этому событию связан, в том числе, с тем, что это первое землетрясение района после взятия Карса Российскими войсками в 1877 г.² Административная карта области показана на рис. 2³. Заметим, что долготы на карте приведены относительно Пулковского меридиана. Фактически, это первое сейсмическое событие, которое может быть изучено на основании оригинальных описаний в источниках,

издававшихся в то время в России на русском, армянском, грузинском языках.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Все описания макросейсмических эффектов сведены в таблицу (табл. 1). Разыскания исходных описаний проводились в газетах, издававшихся в России. Газета “Карс” при канцелярии карсского военного губернатора выходила с 1883 г. еженедельно. Ближайшая цель издания – всестороннее изучение Карсской области. Газета “Мшак” (Труженник) – армянская литературно-политическая газета, издавалась в Тифлисе в 1872–1920 гг. Газета “Новое Обозрение” – ежедневная политическая, общественная и литературная газета, издавалась в Тифлисе в 1884–1906 гг. “Иверия” – периодическое издание литературно-политического направления на грузинском

² В настоящее время территория Турции.

³ Отпечатано в картографическом заведении Д.М. Руднева в Санкт-Петербурге. II. Азиатская Россия. XV. Кавказский край. – Карская область // Россия. Географическое описание Российской Империи по губерниям и областям съ географическими картами. Санкт-Петербург: Типография “Бережливость”, 1913.



языке. Ежедневная газета на армянском языке “Нор Дар” (Новый Век) выходит в Тифлисе и печатается в довольно значительном количестве экземпляров (до 1500). Первый номер газеты “Нор Дар” вышел 20 декабря 1883 г. Источники, из которых взяты цитаты, в таблице выделены жирным шрифтом. Остальные источники публикуют более или менее полные выдержки описаний, приведенных в таблице.

Идентификация и определение координат населенных пунктов проведена с использованием списков и карт, современных землетрясению 11/23.09.1888 г. [Список ..., 1910; Дорожная ..., 1903; Военно-топографическая ..., 1903]; также сверялись с картой [Топографическая ..., 1984].

ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Для определения параметров землетрясения использован метод колец [Mäntyniemi et al., 2017]. Суть метода заключается в следующем. Для каждого населенного пункта определяется интервал расстояний такой, что эпицентр землетрясения, находясь в этом интервале, вызовет сотрясения с интенсивностью I равной наблюдавшейся. Интервал расстояний, кроме балльности в населенном пункте, зависит от магнитуды землетрясения, глубины гипоцентра и принятого уравнения макросейсмического поля. В случае если для заданной магнитуды интенсивность зависит только от расстояния, как в уравнениях макросейсмического поля типа Блейка–Шебалина [Шебалин, 1974], интервал расстояний будет ограничен кольцом с центром в населенном пункте. Для определения внутреннего и внешнего радиусов этого кольца использовано уравнение Шебалина с коэффициентами, приведенными в Новом каталоге:

$$I = bM - v \lg \sqrt{R^2 + H^2} + c, \quad (1)$$

где: b , v и c — коэффициенты равные 1.5, 3.5 и 3 соответственно; $\lg$ — десятичный логарифм; M — магнитуда; R — эпицентральное расстояние, км; H — глубина гипоцентра, км.

Пересечение колец от всех населенных пунктов укажет на область, где может располагаться эпицентр землетрясения данной магнитуды и глубины очага. Ни одна точка внутри области пересечения колец не является более предпочтительной по отношению к другим точкам. При реализации алгоритма получается набор решений перебором значений магнитуд и глубины гипоцентра. Каждое решение соответствует исходному набору интенсивностей и заданному значению магнитуды и глубины гипоцентра. При некоторых вариантах решение недостижимо, в том смысле, что не существует пространственной области, в которой пересеклись бы все кольца. Фактически, это означает, что наблюдаемые данные,

по той или иной причине, не совместимы с принятым уравнением макросейсмического поля. Причина может быть как в ошибках оценки интенсивностей в населенных пунктах, так и в том, что уравнение макросейсмического поля недостаточно точно описывает пространственное распределение макросейсмического поля, в частности, оно не учитывает локальные эффекты, которые иногда могут быть весьма существенны.

Для значений интенсивностей в населенных пунктах, приведенных в табл. 1, были испытаны пробные магнитуды в интервале от 5.5 до 6.5 с шагом 0.1. Пересечение всех колец произошло только для магнитуды 6.0 (рис. 3). С учетом того, что дифференциация макросейсмического эффекта в эпицентральной зоне не представляется возможным, и всем им приписана интенсивность 7 баллов, кольца от отдельных пунктов эпицентральной зоны не строились. Вместо этого внешний радиус построен от точки, являющейся географическим центром населенных пунктов, в которых интенсивность оценена в 7 баллов, а радиус увеличен на 7 км. Пункты, для которых балльность не оценивалась (“ощущалось” в табл. 1), в расчетах не использованы. Решение получено для глубины гипоцентра 10 км.

Область, в которой может находиться эпицентр землетрясения с магнитудой 6.0, обеспечивающий согласно уравнению (1) интенсивность сотрясений в населенных пунктах таблицы, довольно компактная — 20 км × 8 км, площадь 160 км². Квадратный корень из этой площади, равный 12.6 км принимается в качестве оценки точности определения координат эпицентра. Точность оценки магнитуды, можно принять не хуже 0.1 — если магнитуда будет отличаться от 6.0 больше чем на 0.1, кольца не пересекутся. Важно только помнить, что все эти параметры получены при допущении, что интенсивность оценена с высокой точностью, и что принятая модель макросейсмического поля адекватно описывает пространственное распределение интенсивности.

ОБСУЖДЕНИЕ

Параметры землетрясения 11/23.09.1888 г. получены на основании интенсивности сотрясений в семи населенных пунктах в интервале от 5 до 7 баллов. Все оценки интенсивностей основаны на сведениях из газет и других источников, публиковавшихся в Российской империи на русском, армянском и грузинском языках⁴. Во многих сообщениях упоминается несколько последующих сотрясений, ощущавшихся после основного толчка. Сведений, чтобы точно определить их количество и оценить параметры отдельных афтершоков, недостаточно. Но явно они значительно

⁴ Все переводы с армянского и грузинского сделаны носителями этих языков.

Таблица 1. Сведения о макросейсмическом эффекте землетрясения 11/23.09.1888 г.

Пункты, координаты	Описание	l'	Источник
Алтунбулах (Алтынбулак) ² 40.809, 42.716 Хоштулбент (Дерекей) 40.847, 42.689 Плор-Мори (Дюздже) 40.832, 42.649 Мехкерек 40.748, 42.647 Шаки 40.775, 42.746 Топташ 40.721, 42.716 Кальникор (Фиданлык) 40.742, 42.686 Кундун-су (Узундере) 40.794, 42.772	По полученным нами сведениям, в Гельском участке Ардаганского округа, начавшееся в 3¼ часа утра, 11 сентября, землетрясение продолжалось с теми же перерывами, как и в Карсе, до 10 ч вечера 12 сентября, и затем возобновилось в 8 ч 40 мин утра 13 сентября. От первого удара во всех селениях участка постройки сильно расшатались, дав трещины, как в каменных стенах, так и в земляных крышах, более же ветхие здания разрушились. Наибольшее разрушение имело в селениях Алтунбулах, Хоштулбент, Плор-Мори, Мехкерек, Шаки, Топташ, Кальникор, Кундун-су, где большая часть построек обвалилась. Во время обрушения построек во многих селениях жители остались под обрушившимися стенами, но были откопаны подоспевшими односельцами, отделавшись только более или менее серьезными ушибами и испугом. Смертных случаев было всего пять. Скот уцелел, потому что был в поле. В Гельском участке, Ардаганского округа, изобилюющем болотистыми местами, где убито, по слухам до 5 человек, землетрясение ощущается сильнее, чем где-нибудь. Туземцы-жители очень напуганы, и большинство их вышло из селений и живет на открытом воздухе, боясь катастрофы, так как при плохой устойчивости туземных жилых зданий, построенных зачастую из тяжелой земляной крышей, в случае усиления колебаний почвы число человеческих жертв увеличивается. В это же приблизительно время и в такой же степени землетрясение, по полученным сведениям, было на Гельском участке, но с последствиями прискорбными. В сел. Плор-Мори обрушилась одна сакля, похоронив под собой двух детей и несколько скота. Сведения эти собраны на скорую руку и имеются предположение, что это не единственный случай несчастья... Ы-в.	7	Карс №38, 16 сент. 1888 Правительственный Вестник № 216, 6/18 окт. 1888 Изв. ИРГО т. 27, вып. 6, 1891, с. 546—551 Мушкетов, 1891 Новое Обозрение № 1638, 20 сент. 1888 Карс №38, 16 сент. 1888
Ардаган 41.108, 42.700	Нам доставлена из м. Ардагана следующая заметка: Самую животрепещущую злобу дня, связанную с ежечасно возрастающим мучительным вопросом о жизни и смерти, для нас, Ардаганцев, в эти два дня (11-го и 12-го), непамятное даже дряхлым старожилам, явление — <i>землетрясение</i>... Было землетрясение и в 1887 году (тоже, кажется, осенью), но оно было так слабо, что некоторые из обывателей и не заметили его. Нынешнее же с первого разу навело панику. Первый и самый сильный до сего часа удар и колебание почвы — произошел 11 сентября в 3 ч 40 мин утра. Сперва послышался подземный гул, а затем последовал удар наподобие сильного прибой жидкой массы в преграду, и постепенно утихающее колебание почвы. Удар, насколько возможно было заметить, имел направление от востока к западу. Несчастий в Ардагане не случилось, хотя не было ни одного дома, где бы потолок и стены не издали зловещего скрипу и треску, заставивших содрогнуться от ужаса не одного человека... При осмотре построек 12 сентября обнаружено повреждение стен в семи обывательских домах. Из них стены в двух домах настолько опасно отклонились, что оставлять в них жильцов было бы слишком рискованно, а потому жители из них выведены в другие помещенные в других же зданиях заметны пока трещины, не грозящие близкой опасностью, если, конечно, подземные удары не повторятся с большей силой. Насколько грозное явление само по себе произвело на душу тяжелое впечатление и страх пред невидимой опасностью, заставляющее многих проводить день и ночь под открытым небом — не обошлось и без казусов, вызывающих невольную усмешку: одного сборщика с кровати - другого ударило головой о стену; один невольно и машинально крестится — другой с просонков орет благим матом "караул!..". Кончится ли все благополучно — в душе вопрошает каждый. "Господи, да минует нас кара Твоя!" — шепчет всякий вольно и невольно. Ы-в.	6	Карс №38, 16 сент. 1888 Изв. ИРГО т. 27, вып. 6, 1891, с. 546—551

Таблица 1. Продолжение

Пункты, координаты	Описание	Г ¹	Источник
	Из Ардагана нам пишут: Жители ардаганского округа, с 10-го сентября и по настоящее время, сильно встревожены землетрясением, в особенности в Гельском участке, где землетрясение было сильнее и где им причинены громадные опустошения. Между прочим, здесь убито много народа и скота от разрушенных зданий. Тревота в населении настолько сильна, что все уже повыходили из домов и живут под открытым небом, ежедневно дрожа за свою жизнь и имущество.		Новое Обозрение № 1646, 28 сент. 1888 Московские ведомости № 276, 5 окт. 1888
	Сентября 11 3 h 40 m а. Ардаган. Подземный гул, удар и постепенно утихающее колебание почвы по направлению с 3 на В. Все дома трещали. Несчастий не было.		Мушкетов, 1891
	Наш корреспондент в Ардагане сообщает нам следующее. “С 10 сентября здесь, как днем, так и ночью, повторяются удары землетрясения, и, в страхе от землетрясения, несмотря на холодную погоду, большинство жителей и даже военные ночуют на открытом воздухе. Землетрясение было настолько сильным, что разрушилось несколько домов. В деревне Гёла, недалеко от Ардагана, в результате землетрясения было разрушено несколько домов, и, как говорят, до 15 человек пострадали из-за обрушения своих домов. Сегодня 14 сентября, и, хотя слабые, землетрясения продолжают.		Мшаак № 107, 20 сент. 1888
	Карс. Наш корреспондент в Карсе пишет нам от 11 сентября. Сегодня утром в 3 ч 40 мин ощущалось довольно сильное землетрясение, которое длилось около 40 секунд. Сейчас мы слышали, что от землетрясения обрушилось несколько домов. Подробности в следующем раз.	5	Мшаак № 105, 15 сент. 1888
Карс 40.610, 43.096	“Мшаку” пишут из Карса 11 сентября: сегодня на рассвете в 3 ч 40 мин произошло землетрясение. Сообщается, что несколько домов были повреждены.		Иверия № 193, 16 сент. 1888
	Хроника 11, 12, 13 и 14 сентября в Карсе и, судя по телеграфным известиям и дошедшим до нас слухам, почти во всей Области были ощущаемы более или менее сильные колебания почвы. Интенсивность нескольких ударов, а главным образом появление их через сравнительно короткие промежутки времени породили немало беспокойств среди жителей и в течение трех суток поддерживали ожидание и даже уверенность в последовании такого удара, который обратит город в развалины... Первое землетрясение последовало 11 числа в 3 ч 25 мин полуночи. Вследствие неудобного времени и неожиданности никаких наблюдений над этим явлением не произведено, так что относительно силы и направления ударов его приходится довольствоваться теми разноречивыми показаниями, которые могли дать лица, проснувшиеся от землетрясения. Одни из этих лиц утверждают, что были разбужены сильными вертикальными толчками и ясно слышали гул, удаляющийся по направлению к северо-востоку; другие гула не слышали и колебания им показались волнообразными в том же северо-восточном направлении; третьи проснулись от дребезжания окон и стука предметов, стоящих на столах, комодах и пр., бывшие на левом берегу реки и в городе, почувствовали колебание почвы, но слышали никакого землетрясения. Сопоставив все эти разноречивые сведения и сливая их с собственными наблюдениями, можно прийти к заключению, что с наибольшей интенсивностью землетрясение проявилось на левом нагорном берегу Карс-чая, где слышен был подземный гул, дребезжание стекол, скрип потолков и образование трещин в оконных перемычках каменной казармы на Мухлисе. На равнине, с юго-западной стороны города, сотрясения были, по-видимому, гораздо слабее, по крайней мере на форте Канлы их едва заметили не спавшие, но находившиеся в состоянии покоя, люди, а на форте Хафисе до наступления утра никто и не знал о бывшем землетрясении. Люди, находившиеся в движении, как-то часовые, хлебопеки и пр., бывшие на левом берегу реки и в городе, почувствовали колебание почвы, но бывшие на равнине не ощутили ни малейшего сотрясения... Сотрясения почвы, как это яствует из большинства показаний, были волнообразные и, судя по качаниям висящих предметов, имели направление с юго-запада на северо-восток. Это предположение подтверждается еще и тем обстоятельством, что все стеновые часы, маятники которых качались в плоскостях приблизительно перпендикулярных к указанному направлению, остановились, тогда как другие, повешенные на стенах, параллельных направлению волн, продолжали идти... На основании всех вышеприведенных наблюдений землетрясение 11 сентября (в г. Карс) по шкале Росси-Фореля должно быть по интенсивности отнесено к 6-му классу.		Карс № 38, 16 сент. 1888 Нор-Дар № 152, 17 сент. 1888 Новое Обозрение № 1641, 23 сент. 1888 Правительственный Вестник № 216, 6 /18 окт. 1888 Московские ведомости № 279, 8 окт. 1888 Изв. ИРГО т. 27, вып. 6. 1891 г. С. 546–551 Мушкетов, 1891

Таблица 1. Продолжение

Пункты, координаты	Описание	Г ¹	Источник
	Газете “Мшак” пишут из Карса, что 11-го сентября, в 3 чаи 40 мин утра, чувствовалось довольно сильно землетрясение, продолжавшееся 40 секунд и разрушившее несколько домов.		Новое Обозрение № 1635, 17 сент. 1888
	Из Карса нам пишут: Вот уже пятый день, как у нас продолжается землетрясение, сопровождающееся незначительным подземным гулом и легкими колебаниями земной поверхности. Началось землетрясение около 3-х с половиной часов ночи 11-го сентября. Первое колебание земной поверхности, продолжавшееся около 10 с, было настолько чувствительно, что большинство из городских жителей проснулось. Затем слабое сотрясение земли повторилось: около 9 ч утра, около 3-х с половиною час. пополудни и около половины 9-го часа вечером того же 11 числа, так что промежутки между четырьмя подземными ударами в первые сутки были почти равноммерны, около 6 часов времени. Затем ежедневно и до сегодняшнего дня включительно повторяется слабое землетрясение 1–2 раза в сутки, по преимуществу утром и около половины дня. В городе несчастий не было, и строения также несколько не пострадали, но в каресской области разрушившимися от сотрясения земли домами убито несколько человек.		Новое Обозрение № 1638, 20 сент. 1888
Окам 40.877, 42.629	Во время землетрясения в с. Окам был, между прочим, и кареский военный губернатор, генерал-майор Томич, откуда в тот же день он выехал в Карс. Вечером того же числа прибыл в с. Окам управляющий государственными имуществами Эриванской губернии г. Беллик, который тоже, как и все прочие жители этого селения, принужден был ночевать под открытым небом, несмотря на то, что смежные горы уже покрыты снегом и здесь чувствительно холодно.	7	Новое Обозрение № 1646, 28 сент. 1888 Московские ведомости № 276, 5 окт. 1888
Батум (Батуми) 41.637, 41.986	Батум, 11-го сентября. Сегодня, в 3 ч 23 мин, здесь было землетрясение. Два колебания следовали непосредственно одно за другим.	5	Правительственный Вестник № 199, 13/25 сент. 1888
	11-го сентября, в 4 ч 43 мин утра, в Батуме чувствовался сильный подземный удар, повторившийся в тот же день, в 4 ч 40 мин пополудни, но гораздо слабее первого. По словам “Мшак”, утреннее землетрясение, продолжалось 3 секунды, разбудило всех батумцев, причем один из спавших был сброшен с кровати. Затем в одном доме лампа была опрокинута со стола. В некоторых домах треснули стены. Старожилы Батума не запомнят такого сильного землетрясения. Направление удара было с юго-востока на северо-запад.		Кавказ № 245, 17 сент. 1888 Мушкетер, 1891
	Полобное же сильное землетрясение наблюдалось и в Батуме 11-го сентября, в 4 ч и 43 мин утра. Такого землетрясения батумцы не помнят: удар до того был силен, что все спавшие проснулись. Землетрясение повторилось, с меньшей силой, в 4 ч 40 мин дня.		Новое Обозрение № 1635, 17 сент. 1888
	В главной конторе Русского общества пароходства и торговли в Одессе получены сведения о том, что 11-го сентября в Батуме произошло землетрясение. Утром последовало два ощутительных подземных толчка, почти один вслед за другим, а затем вечером удар повторился, но уже с значительно меньшей силойю. Повреждений от землетрясения нигде не произошло.		Одесский Вестник № 251, 18 сент. 1888 Русский курьер (Москва) № 267, 27 сент. 1888

Таблица 1. Продолжение

Пункты, координаты	Описание	Г ¹	Источник
	11 и 12 сентября, в 8 ч 35 мин вечера, в 2 ч 32 мин дня, в Батуме, опять повторилось землетрясение. Колебания почвы легкие и направляются с востока на запад.		Северный Кавказ (Старополь), №76, 22 сент. 1888
	Батуми: 11 сентября в четыре часа утра произошло сильное землетрясение на северо-востоке, продолжительностью три минуты. Второе землетрясение произошло в тот же день в 3 часа дня, но более слабо. В первый раз было настолько сильно, что в одном доме лампа упала со стола. Одного мужчину землетрясение сбросило с кровати. Такого землетрясения в Батуми еще не было. Жители Батуми очень напуганы и каждую минуту ждут сильного землетрясения. Говорят, что стены некоторых домов потрескались.		Иверия №193, 16 сент. 1888
	Из Батуми нам пишут 11 числа этого месяца. “Вчера ночью в 4:43 произошло довольно сильное землетрясение, подобно которому многие в Батуми и не упоминят. Все спящие люди проснулись. Сегодня в 4:40 после полудня произошло землетрясение, но не такое сильное”.		Мшак №105, 15 сент. 1888
Кеда 41.567, 41.967	Сел. Кеда (Аджария). 10-го числа этого месяца, в четыре часа пополудни ощущалось сильное землетрясение в направлении с юга на север. Еще – 11-го этого месяца повторно в девять часов вечера земля снова дважды содрогнулась так сильно, что дома начали производить звуки.	5	Иверия №193, 17 сент. 1888
	Сел. Кеда. 10-го сентября в сел. Кеда, в Аджарии, около четырех часов пополудни, было сильное землетрясение. Подземные удары, по словам “Иверии”, повторились и на другой день, в 9 часов вечера. Во многих домах стены дали трещины.		Кавказ №246, 18 сент. 1888 Правительственный Вестник № 211, 29 сент. / 11 окт. 1888 Мушкетов, 1891
Ахалхих 41.389, 42.986	Пишут нам из Ахалхих “10 числа в 3:35 ночи в Ахалхих произошло сильное землетрясение. Удары были повторены 11 и 12 числа в 2½ после полудня, но эти последние удары были слабыми”.	5	Мшак №107, 20 сент. 1888
Артвин 41.182, 41.819 Ардануч 41.129, 42.059	В соседнем с Ардаганским округом землетрясения было в Артвине и Ардануче. Ъ-в.	ош.	Карс №38, 16 сент. 1888
Ахалкалаки 41.413, 43.478	В Ахалкалаках не было. Ъ-в.	н/о	Карс №38, 16 сент. 1888
Олты 40.549, 41.997 Кагызман 40.152, 43.131 Александрополь (Помри) 40.783, 43.833	Как говорят, в м. Ольтах, расположенных от Карса на запад, в Кагызмане – от Карса на юг, и в Александрополе – от Карса на восток, – вовсе нет землетрясения, которое, следовательно, проходит довольно узкой полосой, так как вышеупомянутые местности отстоят от Карса в перечисленных направлениях менее чем на 80 верст.	н/о	Новое Обозрение №1638, 20 сент. 1888

¹ Оценки интенсивности по шкале MSK64.² В таблице современные названия пунктов даны в скобках.

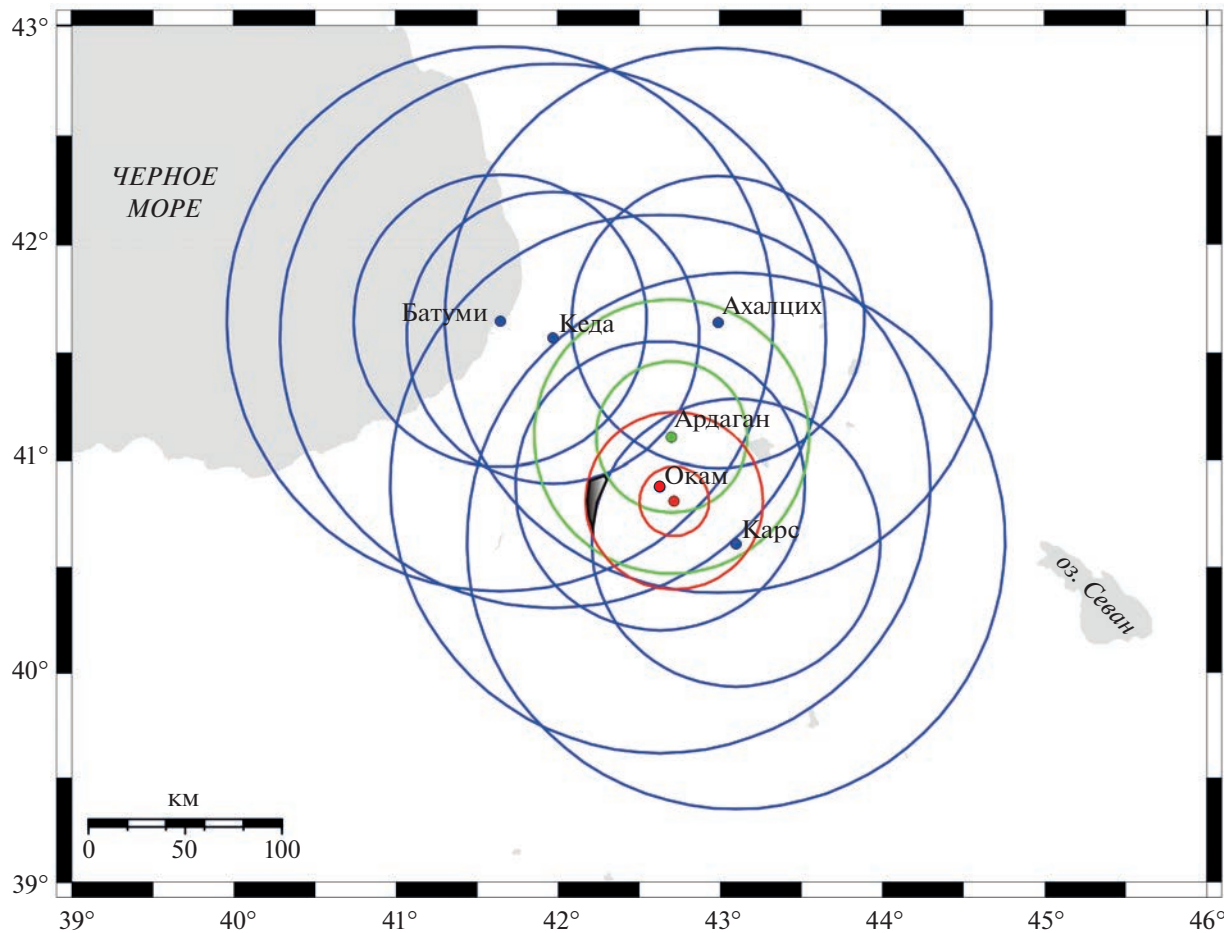


Рис. 3. Положение эпицентра землетрясения 11/23.09.1888 г. Закрашена область пересечения колец для всех населенных пунктов. Красная точка — географический центр населенных пунктов с интенсивностью 7 баллов.

слабее, т.е. афтершоковая серия, скорее всего, соответствовала часто наблюдаемым статистическим закономерностям, например, закону Бота [Bâth, 1965].

На рис. 4 показан эпицентр землетрясения. Наше решение находится на 30 км к западу от эпицентра в каталоге [Кондорская, Шебалин, 1977], расположенного фактически в селе Окам — населенном пункте, где отмечались лишь 7-балльные сотрясения. В каталоге [Кондорская, Шебалин, 1977] магнитуда оценена 5.1. Скорее всего по этой причине землетрясение отсутствует в каталоге [Shebалиn, Tatevossian, 1997] — он содержит

только сильные землетрясения с магнитудой не менее 6.0. Параметры землетрясения из каталога [Кондорская, Шебалин, 1977] и полученные в настоящей статье приведены в табл. 2.

При том, что активные разломы, включая недостоверные, исписывают практически всю карту, а расстояние между прежним и нашим решением составляет всего 30 км, эпицентры приурочены к явно различным активным разломам. Восточно-Анатолийская зона севернее пересечения с Северо-Анатолийской представлена двумя ветвями [Трифонов, 2017]. Новое решение эпицентра землетрясения 1888 г. привязывается к Западной ветви.

Таблица 2. Параметры землетрясения 11/23.09.1888 г. в Восточной Анатолии

Источник	С.ш.,°	В.д.,°	<i>H</i> , км	<i>I</i> ₀ , MSK64	<i>M</i>
[Кондорская, Шебалин, 1977]	40.9	42.8	12	7–8	5.1
	±0.2°		6–24	±1	±0.5
Настоящая статья	40.85	42.22	10	7	6.0
	±12.6 км		±5	±0.5	±0.1

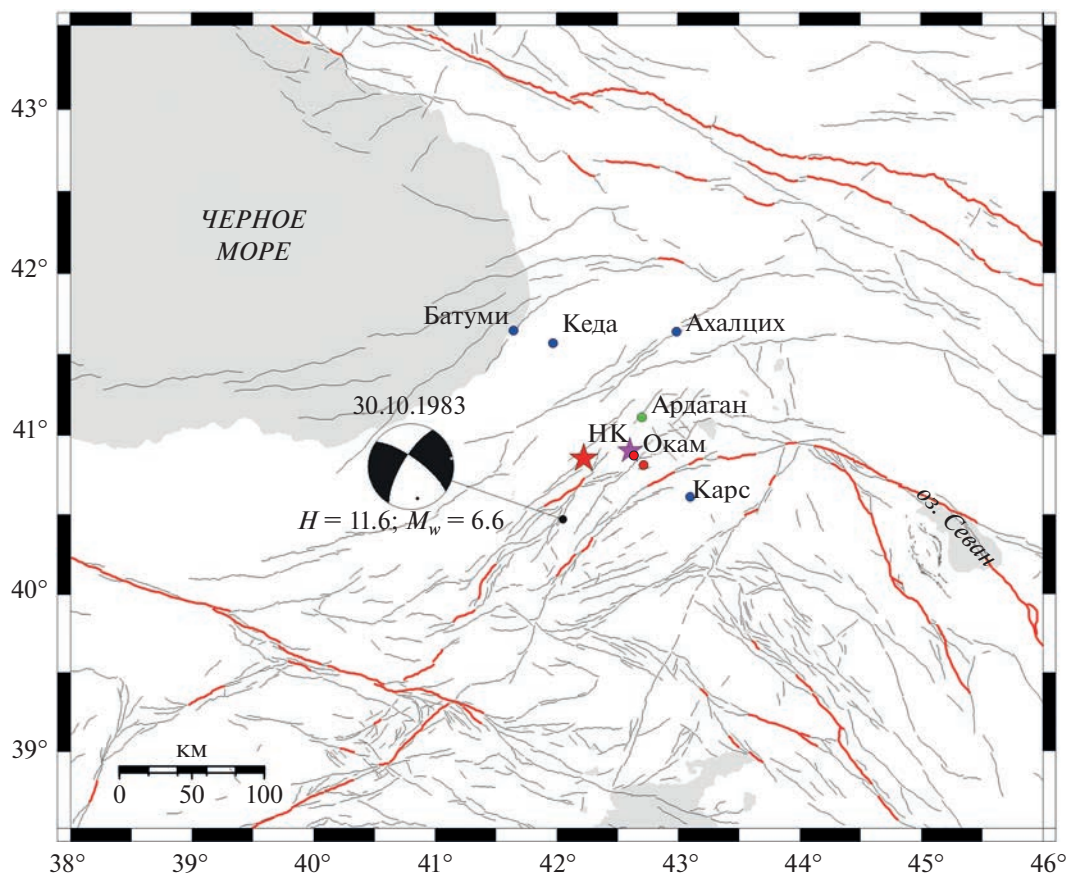


Рис. 4. Эпицентр землетрясения 11/23.09.1888 г. (красная звезда) и активные разломы региона по работе [Бачманов и др., 2017]. Активные разломы: надежно идентифицированные (красные линии), недостоверные (тонкие черные линии). НК — положение эпицентра согласно работе [Кондорская, Шебалин, 1977]. Механизм очага по [Global CMT ..., 2023].

Она образована эшелонированно расположенными разломами Эрзурумской разломной зоны [Emre et al., 2013]. Вдоль них отмечаются признаки позднечетвертичных взбросовых и левосдвиговых смещений. В целом же, разломы плохо изучены. Севернее Западной ветви Восточно-Анатолийской зоны разломы прослеживаются до г. Ахалкалаки в Южной Грузии, где кулисно подставляются Казбек-Цхинвальским новейшим разломом, описанным Е.Е. Милановским [Милановский, 1968].

С Западной ветвью ассоциируется очаг землетрясения 30.10.1983 г. (рис. 4). Его эпицентр находится менее чем в 50 км от эпицентра сейсмического события 1888 г. Глубина очага (11.6 км) инструментального землетрясения 1983 г. служит косвенным обоснованием глубины 10 км, принятой нами в расчетах методом колец.

Не только землетрясения 1888 и 1983 гг. показывают высокую сейсмическую активность. Населенные пункты района упоминались и в связи с более ранними сейсмическими событиями. В связи с землетрясением 1888 г. газета Карс (№ 40, 30.09.1888 г.) сообщала: “Со времени заня-

тия русскими Карса, настоящее землетрясение первое. Некоторые старожилы рассказывают, что лет двадцать тому назад здесь, а также в Эрзеруме, Ардагане и Кагызмане было сильное землетрясение, от которого большинство домов дали трещины и были даже случаи разрушения некоторых сакель, но удар, насколько они запомнят, был только один и случился вечером. По всей вероятности это то самое землетрясение, которое наблюдалось в Александрополе 7-го февраля 1868 года. Подобных же частых потрясений почвы, как нынешнее, старики не запомнят”.

ВЫВОДЫ

1. Землетрясение 11/23.09.1888 г. фактически первое сейсмическое событие региона, которое может быть исследовано на основании сведений в российской периодической печати.

2. Магнитуда землетрясения была ранее существенно недооценена, из-за чего оно не попало в каталог сильных землетрясений тестового региона на Кавказ [Shebalin, Tatevossian, 1997].

3. Точность локации гипоцентра позволяет идентифицировать активный разлом, с которым связан очаг землетрясения 1888 г. Произошедшее спустя почти 100 лет землетрясение с $M_w = 6.6$ подтверждает долговременную активность Эрзурумской зоны разломов, принадлежащей системе Восточной Анатолии.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках госзадания ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 711–736.
- Военно-Топографическая карта Кавказского военного округа. Карта составлена и литографирована в Военно-Топографическом отделе Кавказского военного округа в Тифлисе. 1903 г. Масштаб 20 верст в английском дюйме 1 : 840000.
- Дорожная карта Кавказского края. Составлена и литографирована в военно-топографическом отделе Кавказского военного округа. Карту гравировал И. Михайлов. Тифлис. 1903 г. Масштаб 20 верст в английском дюйме 1 : 840000.
- Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. (ред.). Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. 1977. 506 с.
- Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра. 1968. 483 с.
- Мушкетов И.В. Материалы для изучения землетрясений России. Известия ИРГО. Приложение к т. XXVII. С-Пб. 1891. 62 с.
- Список населенных пунктов Карсской области. Памятная книжка и Адрес-календарь Карсской области на 1910 год. Карс. 1910. С. 93–130.
- Топографическая карта Генерального штаба СССР. Масштаб 1 : 200000 (2 км в 1 см). 1984.
- Трифонов В.Г. Неотектоника подвижных поясов. М.: ГЕОС. 2017. 180 с.
- Alsan E., Tezucan L., Bath M. An earthquake catalogue for Turkey for the interval 1913–1970. - Kandilli Obs., Istanbul, Turkey; Seismological Institute, Uppsala, Sweden. Rep. P. 7–75. 1975.
- Ambraseys N.N. Earthquakes in the Mediterranean and Middle East. Cambridge University Press. 2009. 947 p.
- Ambraseys N.N., Finkel C.F. Seismicity of Turkey and neighbouring regions, 1899–1915. Ann. Geoph. 5B (6) 1987. P. 701–726.
- Babayan T. Atlas of strong earthquakes of the Republic of Armenia, Artsakh and adjacent territories from ancient times through 2003. Gyumti. Armenia. 139 p.
- Båth M. Lateral inhomogeneities of the upper mantle // Tectonophysics. 1965. 2(6). P. 483–514.
- Duman T.Y., Emre Ö. The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics // Geological Society. 2013. V. 372. P. 495–529.
- Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş., Şaroğlu F. Active fault map of Turkey with an Explanatory text. Scale 1 : 1 250 000. Special Publication Series–30. Ankara, 2013.
- Global CMT, 2023 (<http://www.globalcmt.org>), скачан в 2023.
- International Seismological Centre. ISC-GEM Earthquake Catalogue. 2023. <https://doi.org/10.31905/d808b825>
- Mäntyniemi P., Tatevossian R., Vakarchuk R. On the Epicenter Determination of Historical Earthquakes Attested to by Sparse Intensity Data Sets // Bulletin of the Seismological Society of America. 2017. V. 107. № 3. P. 1136–1146.
- Shebalin N.V., Tatevossian R.E. Catalogue of large historical earthquakes of the Caucasus / D. Giardini, S. Balassanian (eds.). Historical and prehistorical earthquakes in the Caucasus 1997. P. 201 – 232.
- Westaway R. Kinematic consistency between the Dead Sea Fault Zone and the Neogene and Quaternary left-lateral faulting in SE Turkey // Tectonophysics. 2004. V. 391. № 1–4. P. 237.

Historical Earthquake on the North-Eastern Extension of the East Anatolia Fault

R. E. Tatevossian^{a, *}, N. G. Mokrushina^{a, **}, A. N. Ovsuchenko^{a, ***}, and A. S. Larkov^{a, ****}

^aSchmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow, 123995 Russia

*e-mail: ruben@ifz.ru

**e-mail: nina305@inbox.ru

***e-mail: ovs@ifz.ru

****e-mail: las119@yandex.ru

Abstract—The position of the hypocenter and the magnitude of the earthquake of September 11/23, 1888 were determined based on macroseismic data published in the Russian press in Russian, Armenian and Georgian. Calculations showed that the magnitude of the earthquake was previously significantly underestimated, which is why it was not included in the catalog of strong earthquakes in the Caucasus test region [Shebalin and Tatevossian, 1997]. The accuracy of the location of the hypocenter makes it possible to identify the active fault with which the source of the 1888 earthquake is associated. The earthquake with $M_w = 6.6$ that occurred almost 100 years later confirms the long-term activity of the Western branch of the East Anatolian fault zone.

Keywords: historical earthquake, Turkey, macroseismic, active faults