

# ПРИРОДА

№11 - 1999 г.

**А.А. Никонов**

## **Сейсмическая катастрофа в Турции**

© Природа

*Использование или распространение этого материала  
в коммерческих целях  
возможно лишь с разрешения редакции*



Образовательный сетевой выпуск  
**VIVOS VOCO! - ЗОВУ ЖИВЫХ!**  
<http://www.accessnet.ru/vivovoco>

## Сейсмическая катастрофа в Турции

**А.А.Никонов,**

доктор геолого-минералогических наук  
Объединенный институт физики Земли РАН  
Москва

**З**ЕМЛЕТРЯСЕНИЯ силой 9 баллов и магнитудой 7—7.5 в Турции, как и вообще в европейско-азиатском секторе Альпийского подвижного пояса, не такая уже редкость. В XX в. их здесь было несколько десятков. Но катастрофа 17 августа 1999 г. по своим последствиям явно выделяется. Ее можно ставить на один уровень с такими известными бедствиями века, как Мессинское землетрясение 1908 г., Ашхабадское 1948 г., Спитакское 1988 г. В самой Турции это землетрясение оказалось самым губительным за последние 100 лет. Свыше 18 тыс. погребенных, 30—35 тыс. оставшихся под развалинами, 23—27 тыс. раненых, 500—600 тыс. лишившихся крова (табл.1). Материальный ущерб — 20—40 млрд амер. долл. Таково Европа и Ближний Восток давно не знали. При нынешней катастрофе потери Турции достигли двух третей всех ее потерь от землетрясений XX в., причем ущерб, оцененный в одну десятую национального дохода, — это в стране впервые.

Причины столь крупного бедствия ясны. Землетрясение постигло обширную область с плотным населением, довольно развитой инфраструктурой, крупными промышленными объектами. Качество массовой застройки в последние десятилетия оказалось совершенно неудовлетворительным. Прогнозных ожиданий не было, население и управленческие структуры к катастрофе подобного масштаба оказались не готовы. К тому же толчок произошел ночью, когда все люди находились в домах.

«Турцию трясло на 7 баллов», — так озаглавила свое сообщение одна уважаемая газета. И тем самым проде-

монстрировала свое сейсмологическое невежество, запутала своих читателей. И никакие разъяснения сейсмологов не помогают — журналисты никак не могут усвоить различия двух шкал: Рихтера и сотрясений.

Шкала Рихтера — это устанавливаемая по инструментальным записям энергетическая характеристика (от 1 до 9 усл. ед.), определяющая количество энергии, высвобождающейся в очаге, т.е. на глубине. Это магнитуда. Ее показатель позволяет сравнивать энергии разных сейсмических толчков.

Шкала балльности (от 1 до 12 баллов) характеризует степень воздействия землетрясения на поверхность в конкретном месте. Балльность даже в эпицентральной области зависит не

**Таблица 1**  
**Число жертв при наиболее разрушительных землетрясениях XX в. в Турции**

Дата	Место события	Магнитуда	Число жертв
1903, 29.IV	Малазгирт	7.0	6000 (3560)*
1912, 9.VIII	о.Мармара	7.4	2836 (3000)
1939, 27.XII	Эрзинджан	7.9	32700
1942, 20.XII	Эрбаа	7.1	500 (1100)
1943, 26.XI	Ладик	7.3	4020
1944, 1.II	Болу (Гереде)	7.3	2790
1953, 18.III	Ениджа	7.5	1070
1964, 6.X	Маньяс	6.9	1800
1966, 19.VIII	Варто	6.8	21700 (2520)
1970, 28.III	Гедиз	7.1	1100
1975, 6.IX	Лидже	6.7	2380
1976, 24.XI	Чалдиран	7.3	5000 (3800)
1983, 30.X	Нарман	6.9	2000 (1150)
1999, 17.VIII	Измит	7.4	более 15000

\* В скобках приведены данные менее надежных определений.

только от энергии очага, но и от его глубины, механизма и грунтово-геологических условий. Именно балльность — величина, определяемая визуально, используемая в строительных нормах независимо от магнитуды, наиболее доступна пониманию неспециалистов. Однако выдающийся американский сейсмолог Чарлз Рихтер к шкале балльности отношения не имеет, и не следует его почитать всеу.

Сказать, что «Турцию трясло на 7 баллов», — это значит утверждать, что в эпицентральной области были лишь легкие повреждения старых построек и ни о каких жертвах и речи нет (разве что кирпич случайно свалился кому-то на голову).

Последнее событие в Турции в районе г.Измит — землетрясение силой до 10 баллов при магнитуде 7.4—7.8. Интенсивность его примерно такая же, как Спитакского 1988 г. и японского (в Кобэ) 1995 г., но энергия в очаге значительно выше.

#### ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФЕНОМЕН NAFZ

Даже те, кто не интересовался специально геологией Турции, вероятно, читали или слышали о выдающейся геологической структуре, проходящей по территории этой страны. Речь идет о всемирно известном Северо-Анатолийском разломе (North Anatolian Fault Zone) — зоне разрывов субширотного простирания, протянувшейся более чем на 1000 км через весь п-ов

Малой Азии. Эта зона считается границей двух подвижных плит — Анатолийской и Черноморской. Она располагается на удалении 50—100 км от Черноморского побережья Турции и пересекает разные элементы рельефа, переходя из одного речного бассейна в другой. Геологическими исследованиями установлено, что Северо-Анатолийский разлом — крупный правосторонний сдвиг. С начала плиоцена смещения по нему составили 25—40 км. Специальные повторные геодезические измерения, как наземные, так и с помощью космической техники, определили скорость смещения южного крыла относительно северного к западу в несколько сантиметров в год.

При наличии в зоне разлома ветвей, кулисных подставлений, изгибов (т.е. зацеплений) время от времени здесь не могут не возникать мощнейшие землетрясения. Так и происходит в действительности. За последние 60 лет Северо-Анатолийский разлом породил около 10 сильных и очень сильных сейсмических событий, причем развивались они в определенной последовательности.

Очень важно, что подвижка, в том числе и видимая на поверхности, при каждом из них была правосторонней, составляла значительную величину (0.5—3.0 м) и была пропорциональна магнитуде соответствующего землетрясения. В этот раз разлом вскрылся на протяжении свыше 100 км, а максимальная измеренная подвижка достигла 4.9 м (табл.2.).

**Таблица 2**  
**Основные характеристики разрывообразования (правый сдвиг) вдоль Северо-Анатолийского разлома при сильнейших землетрясениях XX в.**

Год события	Магнитуда, $M_s$	Длина участка разрыва, км	Максимальная наблюдаемая величина горизонтальной подвижки, м
1939	7.9—8.0	500 (320)	7.5 (3.7)
1942	7.1	100 (35)	1.7
1943	7.3	≥280	1.5
1944	7.3	300 (≥180)	3.5
1957	7.0	60	1.6
1967	7.1	65	1.9
1999	7.8	≥110	4.9 (2.6)

## ИЗ ГЛУБИНЫ ВЕКОВ

Для северо-запада Турции письменная история исчисляется двумя тысячелетиями, ибо земля эта неизменно оставалась областью обитания сначала древних греков, затем римлян и византийцев. Когда-то на берегу Измитского залива стоял античный город Никомедия. Согласно хроникам, он и его окрестности разрушались мощными землетрясениями 69, 358 и 554 гг. Их эпицентральные области, вероятно, были близки к эпицентру последнего землетрясения, а интенсивность колебаний, судя по сохранившимся описаниям разрушений, приближалась к 9—10 баллам.

Нынешний Стамбул — наследник Константинополя, а перед тем Византия, столиц великих империй, чья история запечатлена в многочисленных трудах средневековых хронистов. Поскольку землетрясения в древности всегда рассматривались как предвестники бедствий общественных и государственных, фиксировались такие события достаточно полно. Во всяком случае в столице. Поэтому сообщения о землетрясениях в этой части империи весьма многочисленны.

Византийский историк Лев Диакон, например, пишет, что «страшное землетрясение, какому равного не бывало в те времена, опрокинуло башни Византия, повалило множество домов, которые стали могилами для их обитателей, соседние с Византием селения разрушило до основания и причинило смерть многим деревенским жителям»<sup>1</sup>. Это событие относят к 989 г. Византийский поэт Иоанн Геометр описал катастрофу в следующих стихах:

В ужасных корчах вся земля колеблется:  
Дрожит она внутри — снаружи молнии  
Испепеляют самый пепел пламенем,  
Срывают города зубцы со стен своих  
И наземь их бросают с плачем горестным.  
Так волосы себе рвут девы в трауре<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Лев Диакон. История. М., 1988.

<sup>2</sup> См.: История Льва Диакона Калойского. СПб., 1820.

В 1199 г. около Константинополя снова произошло мощное землетрясение. Император, спасаясь, вышел со свитой из города, но земля разверзлась, поглотив шедших впереди него придворных.

Землетрясения более позднего периода отмечались и в славянских источниках. Так, в рукописи XVI в. старца Филофея находим свидетельство того, что «в царствующем граде (Царьграде — Константинополе) был трус: стены города колебались и большие дома рушились до основания, без милости убивая живущих в них»<sup>3</sup>.

Когда же непосредственно в этом районе возникло последнее сейсмическое событие такого масштаба? На берегах Измитского залива известно разрушительное землетрясение 1719 г., по видимому, в 10 баллов. Во всяком случае тотальные разрушения захватили площадь большую, чем при катастрофе 1999 г. По дошедшим до нас описаниям<sup>4</sup>, область распространения 9-балльной и 8-балльной изосейст была значительнее, и ощутимые сотрясения распространялись гораздо дальше, достигая городов Салоники, Измир и о.Хиос. Это позволяет оценивать магнитуду землетрясения 1719 г. в 7.5—8, т.е. его энергия сопоставима с энергией Великого Эрзинджанского землетрясения 1939 г. на восточном краю Северо-Анатолийского разлома и в 10—15 раз превышает энергию землетрясения 1999 г.

Отметим два момента: во-первых, оба землетрясения на северо-западе страны имели очаги, вытянутые широтно, в точном соответствии с простиранием Северо-Анатолийского разлома. Несомненно, оба события связаны с проскальзыванием блоков земной коры именно по этому разлому (правостороннему сдвигу). Во-вторых, несмотря на большую разрушительную силу, землетрясение XVIII в. унесло, насколько известно, 6 тыс. жизней (возможно, до

<sup>3</sup> Малинин В. Старец Елеазарова монастыря Филофей и его послания. Киев, 1901.

<sup>4</sup> Ambraseys N.N., Finkel C.F. The seismicity of Turkey and adjacent areas. Istanbul, 1995.

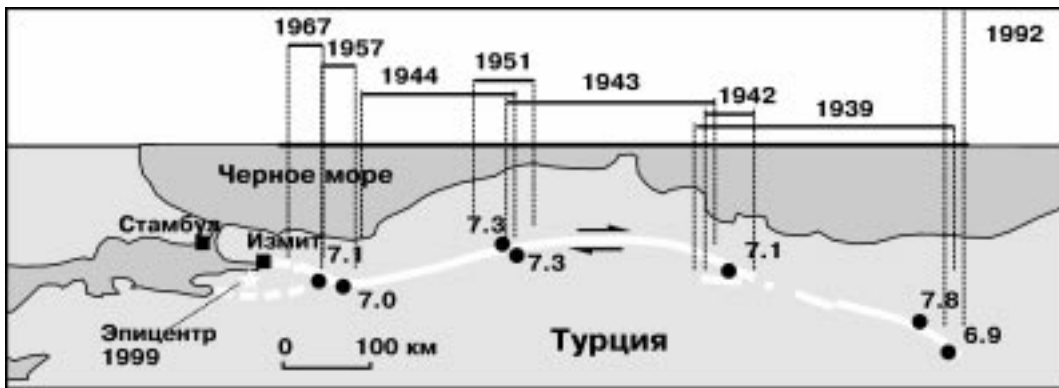


Схема миграции очагов сильнейших землетрясений и сопровождавших их разрывов вдоль Северо-Анатолийского разлома (распространено агентством Рейтер). Цветом показана эпицентральной зона и эпицентр последнего землетрясения 17 августа 1999 г.

10—15 тыс., с учетом сельского населения), а последнее — XX в. — до 40—45 тыс. Объясняется это, вне всякого сомнения, значительно меньшей численностью и плотностью населения в прошлом, но также изъятиями современного строительства. Так что землетрясение в 1999 г. на северо-западе Турции — только очередное и не самое сильное в долгом ряду прошедших здесь за 2 тыс. лет сейсмических катастроф. Но повторяются они, если говорить об одной и той же очаговой области (а не о регионе в целом), с частотой около одного сильнейшего события в несколько сотен лет. За такой промежуток времени предыдущая катастрофа прочно забывается.

#### ЧТО МОЖНО БЫЛО ПРЕДВИДЕТЬ

В 1976 г. сотрудники Балканской миссии ЮНЕСКО оценили возможные сейсмические ускорения (с 70%-й вероятностью) в районе Мраморного моря и Измита не выше  $0.35g$  за 200 лет и не выше  $0.15g$  за 25 лет, т.е. землетрясения интенсивностью 9 и 8 баллов в эти промежутки времени здесь не ожидалось<sup>5</sup>.

Составленная нашими специалистами в рамках того же Балканского

проекта прогнозная карта зон землетрясений<sup>6</sup> для района Измитского залива также не предусматривала событий с  $M > 7.0$ .

10-балльное Измитское землетрясение разразилось, не дождавшись конца 25-летнего срока. Между тем были известны разрушительные (с  $M=7.0-7.1$ ) события в западной части Северо-Анатолийского разлома в 1957 и 1967 гг., продемонстрировавшие распространение разрывов по нему к западу, в сторону Измитского залива.

Начиная с 1979 г. этот участок (и вся зона разлома) рассматривался как потенциально опасный. На карте сейсмического районирования Турции полоса вдоль Северо-Анатолийского разлома отнесена к первой категории опасности, где возможны землетрясения силой более 9 баллов и сейсмические ускорения  $0.4-0.6g$ . К сожалению, эта карта вышла только в 1993 г., тогда как массовое строительство дешевого жилья началось значительно раньше.

Ослабить последствия катастрофы в данном случае помогло бы не только нормативное строительство, но и обоснованное ожидание сейсмического события такой силы. Речь идет о направленной миграции очагов землетрясений

<sup>5</sup> Algermissen S.T. et al. Seismic risk evaluation of the Balkan region // Proceed. of the Seminar on Seismic Zoning Map. V.2. Skopje, 1976. P.171—220.

<sup>6</sup> Shebalin N.V. et al. Earthquake origin zones and distribution of maximum expected seismic intensity for the Balkan region // Ibid. P.68—171.

вдоль разлома. Все началось с сильнейшего в Турции в XX в. Великого Эрзинджанского землетрясения с  $M=7.9$  и интенсивностью 11 баллов. Тогда погибло свыше 32 тыс. человек, более 30 тыс. домов было разрушено. Разлом вскрылся на протяжении свыше 300 км с продольным смещением до 7.5 м, ширина трещин в земле местами достигала нескольких метров.

В 1942—1944 гг. произошло еще три землетрясения с  $M=7.1—7.3$ . Их эпицентральные зоны также вытягивались широтно, вдоль Северо-Анатолийского разлома. Интенсивность сотрясений достигала 10 баллов, но из-за меньшей населенности местности людские потери составили чуть более 10—11 тыс. человек. В результате этой серии разрушительных толчков разлом вскрылся еще на 450 км, причем каждый раз происходило смещение эпицентрального участка к западу от предыдущего, с правосторонним сдвигом на 1—3 м. А в 1946 и 1992 гг. зона разлома активизировалась восточнее очага 1939 г.

Охарактеризованная миграция очагов считается классическим примером и общеизвестна. Говоря о дальнейшей активизации процесса на западе Турции, некоторые исследователи ссылались на сильные землетрясения 1953, 1964 и 1970 гг. Но последние возникали южнее трассы Северо-Анатолийского разлома, вне прямой связи с ним. Однако и западный отрезок разлома давал о себе знать после 40-х годов весьма сильными событиями. 25 мая 1957 г. 9-балльным землетрясением вспоролся участок западнее г.Болу, а 10 лет спустя сейсмический разрыв при очередном разрушительном 9-балльном землетрясении продвинулся еще далее к западу. Неактивным оставался лишь крайний западный отрезок разлома... у Измитского залива. Здесь формировалась зона сейсмического молчания. В 1997 г. вышла статья американских и турецких исследователей<sup>7</sup>, в которой участок разлома

у Измитского залива рассматривался как кандидат на будущее сильное землетрясение (с  $M \geq 6.7$ ). Но — и в этом трагическая ирония — авторы определили вероятность такого события в последующие 30 лет всего в 12%. Расчеты основывались на перераспределении напряжений вдоль разлома после каждого сильного землетрясения. В который раз природа подтвердила, что она сложнее математики. Но в этом, как и во многих других случаях, не был корректно использован другой путь выработки прогноза — обращение к сведениям исторического характера о происходивших на данной территории разрушительных землетрясениях.

Весьма значимым оказывается тот факт, что на востоке Северо-Анатолийской зоны предыдущее событие<sup>8</sup> с такой же магнитудой (около 8) произошло в 1668 г., т.е. за 271 год до Эрзинджанской катастрофы 1939 г. Измитское землетрясение 1719 г. на западном краю возникло спустя 51 год. На вспарывание того же западного плеча зоны в XX в. потребовалось 60 лет. Это наводит на мысль о том, что интервал 270—280 лет отражает цикличность возникновения сильнейших импульсов на восточном фланге дуги Северо-Анатолийской зоны разлома и последующей миграции очагов сильных землетрясений к западу.

#### ЧТО ДАЛЬШЕ?

В целом, напряжения в земной коре вдоль Северо-Анатолийского разлома теперь сняты, так что вряд ли в XXI в. в этой полосе следует ожидать катастрофических событий. Небольшие отрезки и отвершки, однако, могут продуцировать землетрясения умеренных магнитуд.

Но в перспективе будущего столетия, по-видимому, целесообразно сконцентрировать усилия специалистов на других частях страны. Опасны районы

<sup>7</sup> Stein R.S., Barka A.A., Dieterich J.H. // Geoph. Journ. International. 1997. V.128. P.594—604.

<sup>8</sup> Ambraseys N.N., Finkel C.F. Anatolian earthquake of 17 August 1668 // Historical Seismograms and Earthquakes of the World. London, 1988. P.173—180.

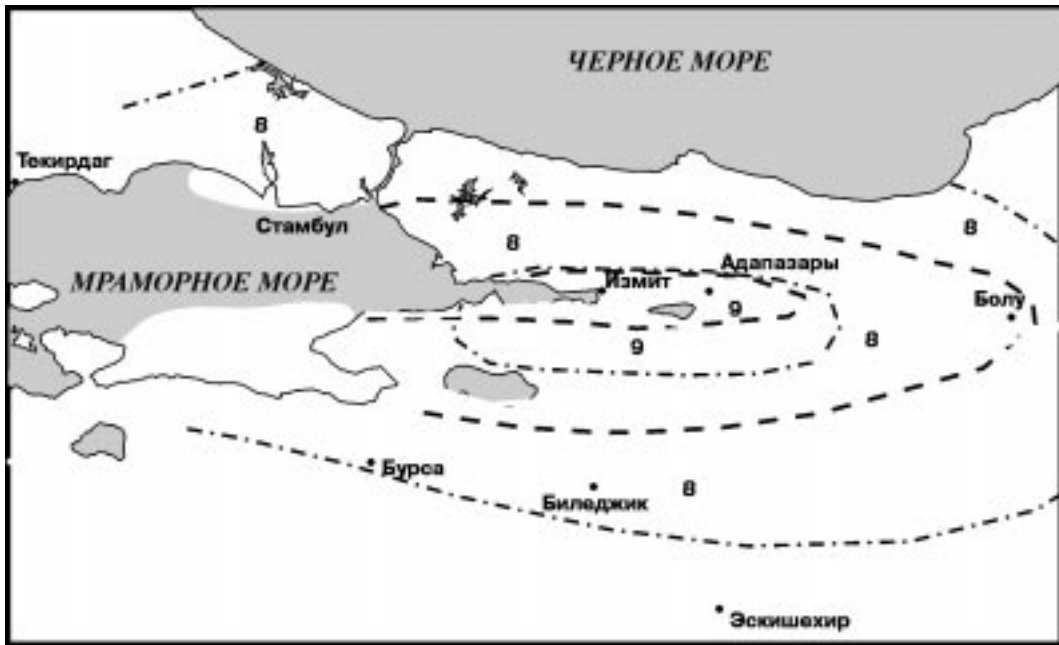


Схема эпицентральных зон двух сильнейших сейсмических событий в районе г.Измит и места (цветные области) вероятного возникновения последующих сильных ( $M > 6.5$ ) землетрясений в районе Мраморного моря. Штриховой линией показаны предполагаемые изосейсты землетрясения 17 августа 1999 г., штрихпунктирной — 1719 г.; цветной линией — основные активные разломы. Составил А.А.Никонов 30 августа 1999 г.

Европейской Турции, ее Средиземноморское побережье, внутренние области. Постоянную угрозу таит юго-восточная часть страны вокруг оз.Ван. Seriously недооценена сейсмическая опасность Черноморского побережья.

В ближайшее время необходимо следить за сейсмической обстановкой в регионе, окружающем эпицентральную область последнего землетрясения. И здесь речь может идти как о месяцах, с одной стороны, так и о годах и даже десятилетиях — с другой.

Сразу после события многих волновал вопрос, не повторится ли вскоре такая же катастрофа. Мнения сейсмологов на этот счет разделились. Часть специалистов полагает, что землетрясение с магнитудой 7.4 не могло реализовать всю накопившуюся энергию и добавочная разрядка неизбежна. Между тем, в первые 20 дней были только сравнительно слабые афтершоки.

Американские эксперты разработали алгоритм, согласно которому на 24

августа 1999 г. вероятность возникновения сильных афтершоков в последующие полгода составляла 60% для событий с  $M \geq 6$  и 10% с  $M \geq 7$ . Ко времени выхода этой публикации в свет уже станет ясно, подтвердит или опровергнет природа очередные статистические расчеты.

Не менее важно попытаться наметить участки возможного возникновения последующих событий. С большей вероятностью следует ожидать афтершоков, в том числе и значительных, на краях вспоровшегося участка, т.е. у г.Ялова на западе и близ оз.Сапандже на востоке.

В первой половине следующего века район возможного возникновения землетрясений скорее всего переместится к западу. Если исходить из структурно-кинематической обстановки (насколько она ныне известна) и сведений о разрушительных землетрясениях прошлого, можно наметить несколько потенциально опасных участков. Во-первых, на западном продолжении Северо-

Анатолийского разлома может активизироваться 100-километровый участок под дном Мраморного моря, между очаговыми зонами землетрясений 1935 и 1999 г. с магнитудами 6.4 и 7.4. Менее вероятно оживление южной ветви разлома (по южному берегу оз.Изник), где два высокомагнитудных землетрясения состоялись в 1855 г. Если этот участок и породит сильные землетрясения, то на южном берегу Мраморного моря или восточнее оз.Изник.

Кандидатом на предстоящее разрывообразование с сильным землетрясением должен считаться и разлом Улубат вблизи г.Бурса, восточнее очага землетрясения 1964 г. с  $M=7.0$ .

Но самым важным для специального последующего изучения надо считать участок вблизи Босфора, на берегах которого расположен Стамбул с 12-миллионным населением.

Основания для такого изучения есть. Этот район (согласно письменным документам) многократно подвергался сокрушительным землетрясениям. 9—10-балльное событие разразилось в северной части Мраморного моря в 1766 г. Поскольку по Северо-Анатолийскому разлому северный блок устойчиво и постоянно смещается к востоку, на его флангах должны возникать косые сдвиги и отрывы. У западного края Измитского залива такого рода отвершком можно считать прибрежный разлом северо-западного протяжения с очагами сильных землетрясений 1878 и 1894 гг. Не случайным в этом смысле видится и тот факт, что при землетрясении 17 августа 1999 г. прилегающая к Босфору с запада часть побережья Мраморного моря пострадала больше, чем иные промежуточные участки. По-видимому, тут сказались динамическое взаимодействие двух разнонаправленных разрывов и повышенная напряженность участка разлома, ограничивающего Мраморное море с севера.

Динамическая связь между регионами Босфора и Измитского залива подтверждается также тем, что во время сильнейшего землетрясения 10 сен-

тября 1509 г., разрушившего Стамбул и окрестности, сопряженный разрушительный толчок возник и в Измитском заливе.

Между двумя сильнейшими 9—10-балльными землетрясениями на востоке и севере Мраморного моря 1509 и 1766 гг. прошло 257 лет, а со времени последнего — 233 года. Интервал между самыми высокомагнитудными землетрясениями в Измитском заливе 1719 и 1999 гг. составил 280 лет, а сильнейшее событие на севере произошло спустя 45 лет после первого из них. Если между рассматриваемыми структурами и очагами катастрофических землетрясений существует динамическая связь и последовательность вспарывания, то следующее разрушительное землетрясение в районе Стамбула можно, по-видимому, ожидать в течение 25—50 лет. Вероятность ожидания усилится, если событие не произойдет в ближайшие месяцы—годы.

Сейсмическое событие, взволновавшее все мировое сообщество, жестоко подтверждает все еще не усвоенные сейсмологами уроки. Если ограничиться только научными аспектами, то можно выделить два положения.

1. Проблема распознавания эпицентральных областей будущих (в том числе в обозримом времени) сильных и разрушительных землетрясений требует не просто привлечения исторических данных, но специального разностороннего изучения землетрясений за сотни и тысячи лет.

2. В ряде секторов Альпийско-Гималайского сейсмического пояса существуют крупные разрывные структуры, предопределяющие и контролирующее последовательную миграцию очагов сильнейших землетрясений, которую можно использовать в качестве прогностического признака в долговременном плане.

Работы в обоих направлениях давно начаты (и автор приложил к этому немало усилий), однако они не заняли достойного места в российской сейсмологии.