

УДК 521.15, 550.343.62

Связь сильных землетрясений Кавказа с движением Луны и характером тектонических напряжений земной коры

Качахидзе М.К., Киладзе Р.И., Качахидзе Н.К., Кухианидзе В.Д., Рамишвили Г.Т.

В каждом сейсмоактивном регионе и в том числе на Кавказе, должны существовать определенные экзогенные (космические) факторы, которые играют триггерную роль в происхождении землетрясений, если регион находится на пределе критического значения напряжения геологической среды.

В этом случае действие малейшей внешней силы может сыграть роль спускового механизма.

В данной работе этот вопрос изучен для Кавказского сейсмоактивного региона, так как Кавказский регион является одним из сложных с точки зрения распределения тектонических напряжений. В этом регионе работают как силы сжатия (с севера к югу и с юга к северу) так и растягивающие (с востока на запад и с запада к востоку) и предполагается, что существуют определенные направления космических сил, которые являются триггерными факторами.

Таким агентом оказалось возмущение от Луны, когда его азимут равен 302^0 . Эта экзогенная (космическая) сила в момент происхождения землетрясений действительно, имеет такое направление, что она совпадает или с направлением силы сжатия, или с растягивающей силой.

Введение

Роли космических факторов в происхождении землетрясении посвящено множество работ, в которых изложены противоречивые результаты: преобладающие в общих случаях – влияние солнечных, в других – лунных компонент земного прилива [1, 2, 5, 6, 9, 10, 12] в отдельных случаях – отсутствие явной связи сейсмичности с приливным действием Луны и Солнца [8, 11].

В большинстве работ изучена связь приливных явлении с сейсмичностью определенного региона, но встречаются работы, в которых та же задача рассматривается на примере глобальной сейсмичности Земли [9, 10].

Некоторые исследователи в своих работах также указывают на определенную связь между приливами и вулканическими извержениями [1, 2].

Не вызывает сомнения тот факт, что если бы не было в земле переменных напряжений (внутриземного, метеорологического или космического происхождения), то землетрясения происходили бы в те моменты, когда тектонические напряжения в зоне подготовки землетрясения достигали бы определенного критического значения – предела прочности геологической среды.

Наличие же в Земле переменных напряжений значительно меняет ход событий. Эти напряжения, накладываясь на плавновозрастающие тектонические напряжения, могут преждевременно довести суммарное напряжение до критического значения и таким образом спровоцировать землетрясение на относительно ранней стадии его подготовки. С этой точки зрения можно утверждать, что землетрясения не успевают «созреть» до конца и не

происходят сами по себе. Они часто оказываются запущенными раньше срока в результате совместного действия факторов, обуславливающих в Земле переменные напряжения.

По своей природе эти инициирующие факторы можно разделить на два вида – внутриземные (эндогенные) и внешние (экзогенные, т.е. космические).

Поэтому, можно предположить, что наиболее существенное влияние на сейсмичность могут оказать те внешние силы, которые ориентированы в направлении тектонических напряжений.

Это предположение нуждается в проверке, что и предпринято в настоящей работе.

Исходные данные

Задача об определении экзогенного (космического) воздействия со стороны основных светил, может быть решена для любого момента времени. Существенно, что приливные силы и деформации зависят также от географической широты и от времени года: для любой точки и любого момента времени величины добавочного напряжения, сообщаемых Земле гравитационным воздействием Солнца и Луны, могут быть вычислены.

В то же время, задача об определении направлений действия тектонических сил решается с гораздо меньшей точностью. Поле тектонических напряжений имеет иерархическую структуру.

Его наиболее характерные черты, связанные с тектоническими элементами регионального масштаба, определяются геолого-тектоническими данными.

Из теории тектоники литосферных плит известно, что в разных регионах действуют разные суммарные силы тектонического напряжения, которые обусловлены движением плит.

Например, известно, что в кавказском регионе и близлежащих регионах распределение тектонических напряжений имеет следующий вид (рис.1).

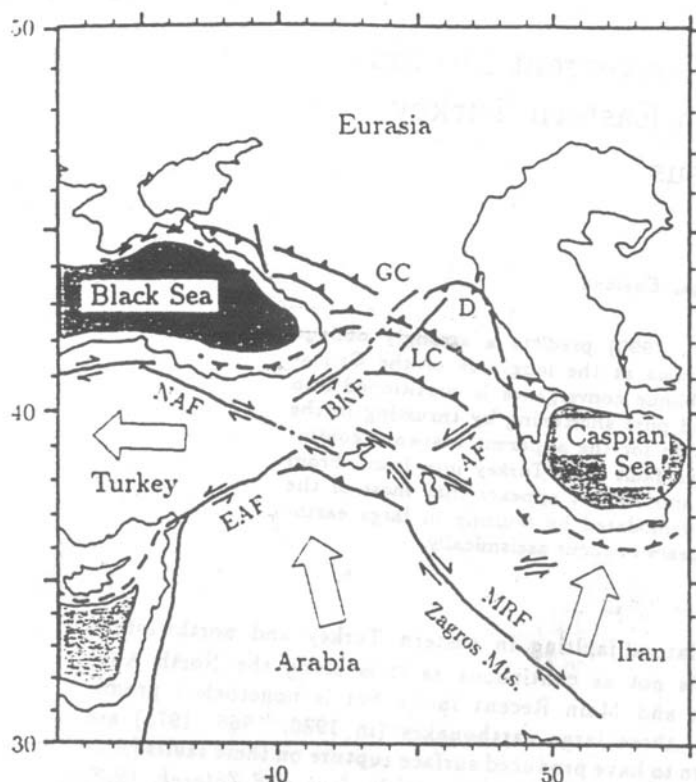


Рис.1. Суммарная карта напряжений Кавказского региона и Восточной Турции

На рисунке светлые стрелки обозначают приблизительное направление движений Турции, Аравийского полуострова и Ирана относительно Европы. Черные стрелки обозначают действие условных триггерных сил, GC- Большой Кавказ, D –Дагестан, LC- Малый Кавказ, NAF-Северный разлом Анатолии, EAF- зона восточного разрыва Анатолии, ВКФ- Боржом-Казбегский разлом, AF- зона разлома реки Аракс. Заштрихованная область обозначает океаническую кору.

Также известно, что любая планета испытывает не только притяжение от Солнца, но и других тел солнечной системы. Однако, так как планеты солнечной системы имеют массы во много раз меньше, чем Солнце, то «главными возмущающими» телами для Земли являются Луна и Солнце.

Таким образом, сила, которая со стороны тел солнечной системы действует на Землю - а в нашем случае, на Кавказский регион одновременно, сможет сыграть роль триггерного фактора только в том случае, если ее направление такое, что она увеличивает тектоническое напряжение в данном регионе. Та же сила, конечно, действует и на соседний регион, допустим на Турцию и Аравийский полуостров, но как в Турции, так и на Аравийском полуострове направление тектонических напряжений имеет совершенно другой вид, то сила, действующая от тел солнечной системы на Кавказский регион, в этом случае, не сможет сыграть роль триггерного фактора для Турции и Аравийского полуострова и наоборот, та сила, направление которой таково, что накладываясь на тектоническое напряжение Турции, является иницирующим фактором землетрясений в этом регионе, не сможет сыграть роль триггерного фактора для Кавказа или Аравийского полуострова.

Таким образом, если в некоторый момент сила притяжения со стороны тел солнечной системы имеет такое направление, что она совпадает с тектоническим напряжением определенного сейсмоактивного региона, вероятность происхождения землетрясений растет.

Конечно, в каждом регионе, как правило, имеется сложная картина распределения тектонических напряжений. Она меняется постоянно, и поэтому для каждого региона задачу следует рассматривать отдельно. В этой работе, однако, речь не идет о характере тектонических напряжений того или иного региона, а рассматривается общий механизм действия экзогенного триггерного фактора и на примере сильных землетрясений Кавказа объясняется триггерная роль гравитационного поля солнечной системы.

Допустим, что гравитационное поле, действующее со стороны солнечной системы, направлено к западу.

В этом случае, такое направление гравитационного поля может сыграть триггерную роль для Турции, так как $\alpha=0$ (где α угол между тектоническим напряжением региона и направлением гравитационного поля), тектоническое напряжение увеличивается и суммарная сила максимальна. Та же сила, составляя угол α_1 с тектоническим напряжением Аравийского полуострова, не сможет значительно увеличить суммарную силу, и тем более, сомнительно, что она сможет вызвать землетрясение в Иране, так как в этом случае вышеупомянутая триггерная сила уменьшает ее, составляя угол α_2 с тектоническим напряжением.

Таким образом, когда независимо друг от друга рассматриваются три региона: Кавказ, Греция и Турция, картины направления гравитационного поля солнечной системы во время возникновения землетрясений оказываются разными, т.е. экзогенная сила, вызванная определенным направлением гравитационного поля солнечной системы несмотря на то, что в данный момент одинакова для всей Земли, только для одного региона является триггерным фактором, а соседние регионы не откликаются на ее действие.

К сожалению, пока не удастся измерить силы, обусловленные движением плит, а также аналитически не решается задача нескольких тел.

Методы исследования

Взаимодействие космических и эндогенных факторов приходится исследовать численными методами.

С этой целью мы рассмотрели связь землетрясений с притяжением Луны и гравитационным составляющим возмущений от приливов, которые в дальнейшем назовем «инициирующими агентами» землетрясений.

Вертикальные (Z) и горизонтальные (D) составляющие силы притяжения имеют вид:

$$F_z = \frac{G}{R^2} \cos Z \quad (1)$$

$$F_D = \frac{G}{R^2} \sin Z \cos(A - D) \quad (2)$$

где G - гравитационная постоянная, R - расстояние до светила, Z - зенитное расстояние, A - азимут светила и D - азимут горизонтальной составляющей силы.

Зенитное расстояние и азимут светила вычисляются по формулам:

$$\cos Z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{\cos \delta \sin t}{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos t} \quad (4)$$

где ϕ - широта местности, δ - склонение светила и t- его часовой угол.

Приливные силы, вызванные светилом, вычисляются формулами:

$$\Delta F_z = \frac{Gr}{R^2} (1 - 3 \cos^2 Z) \quad (5)$$

$$\Delta F_D = -3 \frac{Gr}{R^3} \sin Z \cos Z \cos(A - D) \quad (6)$$

где r - радиус Земли.

В нашем случае под приливной силой ΔF подразумевается разность сил, приложенных к данной точке и к центру Земли.

В интервале, возможных направлений приливов принимая во внимание частоту повторяемости азимутов, были построены гистограммы частот землетрясений. Интервал был разбит на 18 частей.

В работе использован каталог землетрясений Кавказа, разработанный отделом региональной сейсмологии института Геофизики АН Грузии.

Рассмотрены все землетрясения с $M \geq 4.5$. Их количество оказалось равным 393.

Для гравитационного притяжения и приливов от Луны, были построены 2 гистограммы. Эти гистограммы приведены на рисунках 2-3.

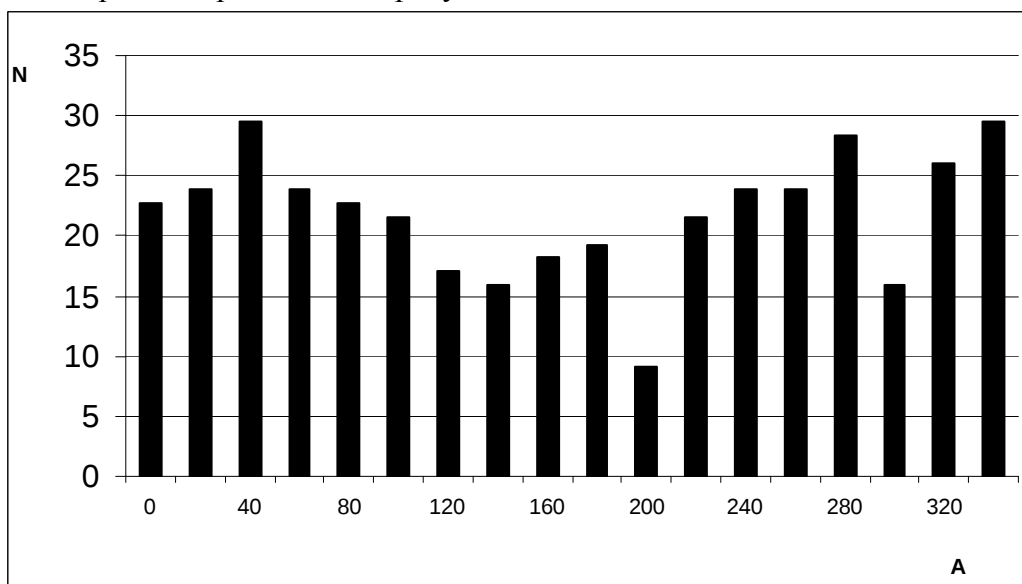


Рис 2. Гистограмма гравитационной силы Луны

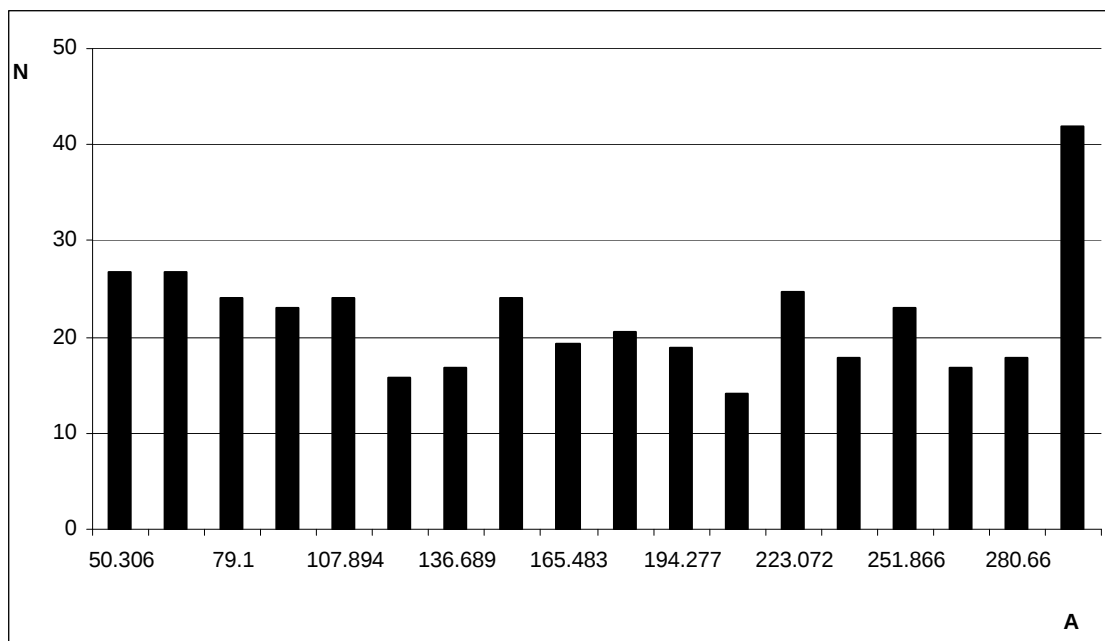


Рис. 3. Гистограмма гравитационных возмущений от Луны

В таблице 1 дан список тех точек, для которых отклонение от среднего больше 2σ . В ней даны: триггерный фактор, азимут направления силы А, относительное отклонение от среднего значения, достоверности события для данного и произвольного азимутов.

Во всех этих случаях количество землетрясений оказывается больше среднего значения.

В таблице 1 приведены значения азимутов Луны в момент происхождения значительного количества землетрясений.

Таблица 1

Триггерные факторы	А	$\frac{n - \bar{n}}{\sigma}$	Достоверность события для данного азимута	Достоверность события для произвольного азимута
гравитация Луны приливы от Луны	- 30	- 3.3	- 99,9%	- 98,2%

Результаты исследования и обсуждение

Как видно из таблицы 1, гравитационное поле Луны чрезвычайно мала, но возмущение от Луны является возможным «агентом», с которым связано возросшее количество землетрясений.

Приведенное в таблице 1 направление триггерного фактора хорошо совпадают с направлением разрывов в кавказском сейсмоактивном регионе (рис.4).

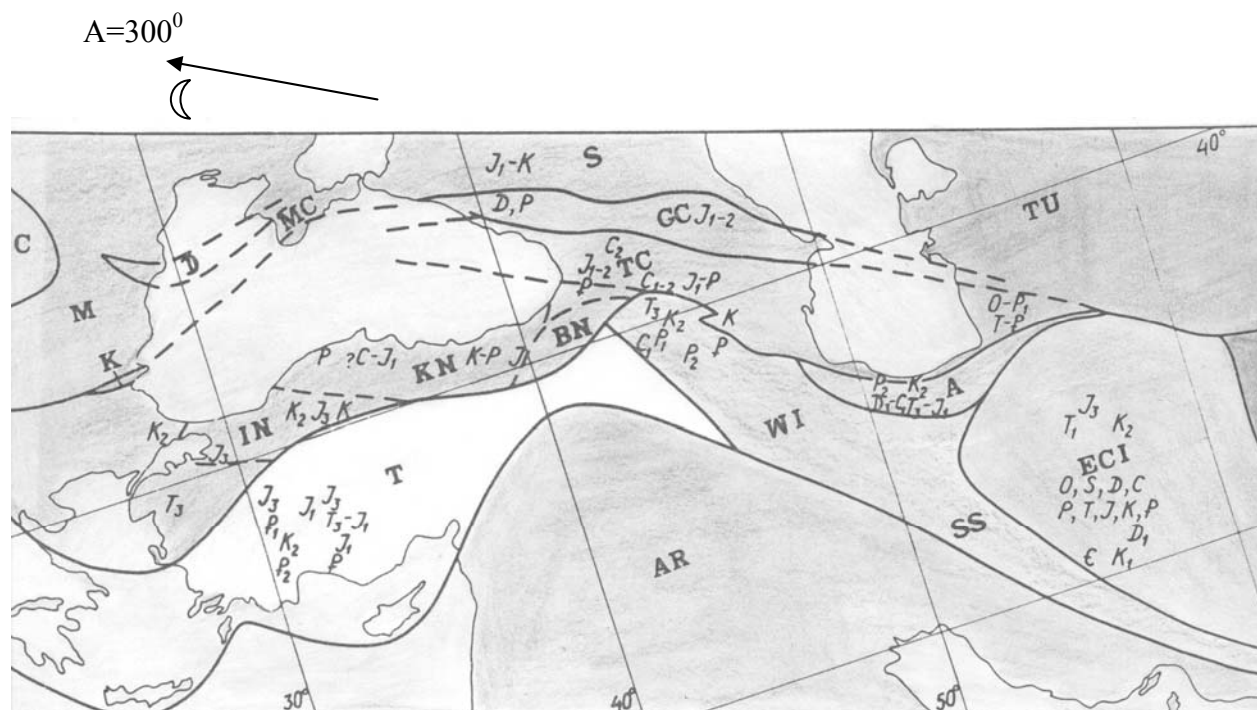


Рис 4. Карта главных тектонических разломов Кавказского региона

Если полученные результаты сопоставить с тектонической картой Кавказа, окажется, что большинство землетрясений на Кавказе происходят в моменты, когда:

Направление прилива от Луны совпадают с направлением той тектонической силы, которая в кавказском сейсмоактивном регионе направлена приблизительно по простиранию общекавказских структур, к северо-западу (вдоль вышеупомянутых разрывов) и известна, как растягивающая сила. Эта сила с 40° -ым меридианом составляет 60° угол.

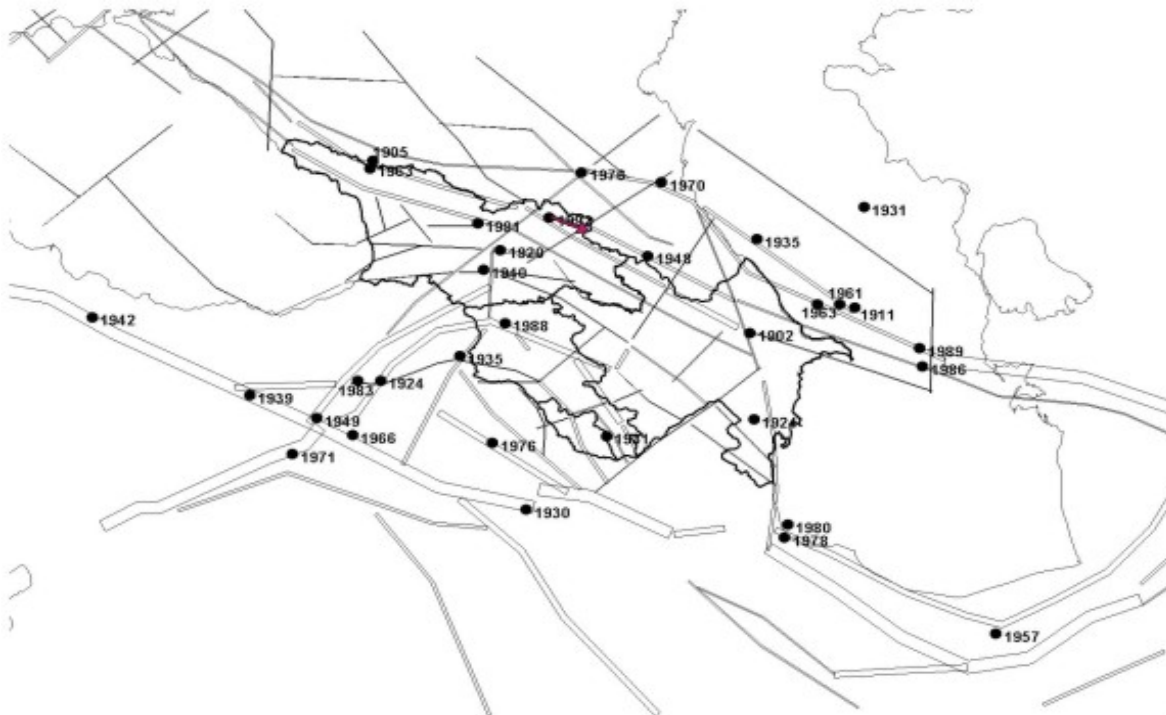


Рис.5. Карта главных тектонических разломов Кавказского региона и направление триггерной силы в момент происхождения землетрясений 1992 года.

На рисунке 5 красной стрелкой с юго-востока на северо-запад обозначена триггерная приливная сила от Луны и суммарной приливной силы. Она, как видно из рисунка 5, совпадает с направлением главного разрыва вдоль кавказского хребта и с растягивающей силой, действующей в этом регионе.

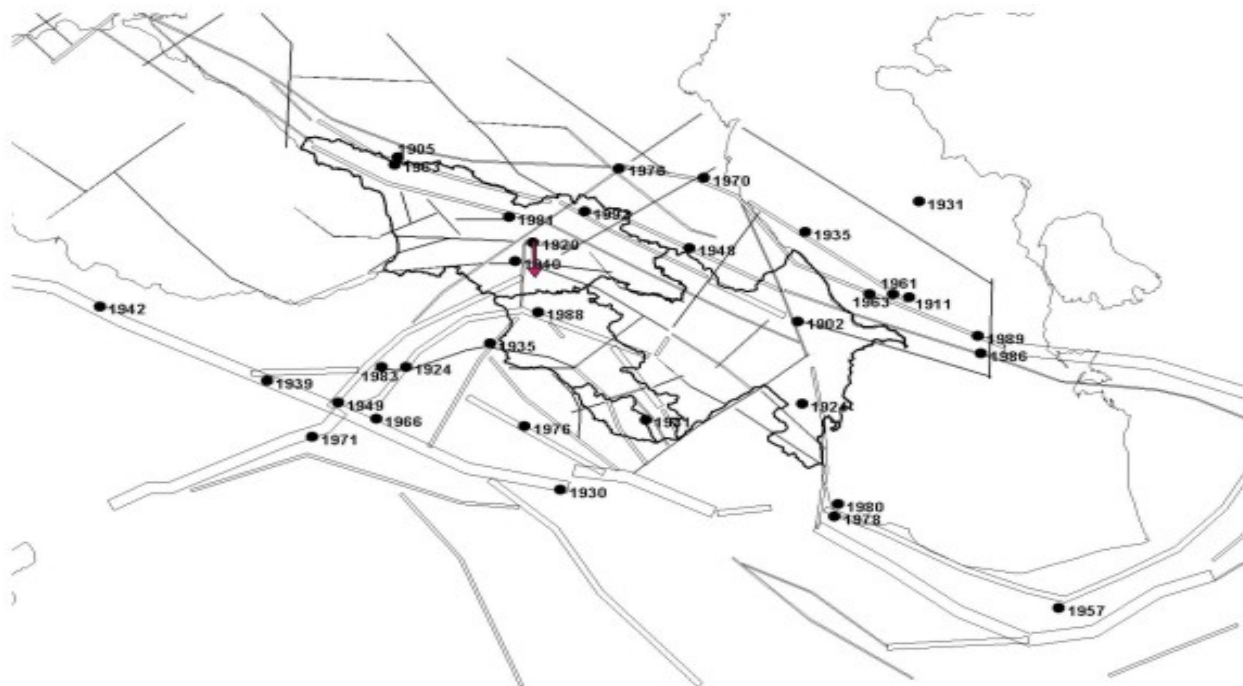


Рис.6 Карта главных тектонических разломов Кавказского региона и направление триггерной силы в момент происхождения землетрясений 1920 года.

Красной стрелкой обозначено направление приливной силы от Луны, когда она совпадает с силой, которая со стороны российской платформы действует на Кавказ и сжимает его, т.е. против силы давления со стороны Аравийского полуострова.

Выводы

С целью выявления триггерного эффекта экзогенных факторов для землетрясений, на примере Кавказского сейсмоактивного региона изучено направление приливной силы от Луны, которое играет роль спускового механизма в происхождении большинства сильных землетрясений в этом регионе.

Триггерными агентами оказались приливы от Луны, когда его азимут равен 302^0 . Так как в этом регионе работает как сила сжатия (субмеридиально) так и растягивающие (сдвиговое, направленное субширотно) силы, в рассмотренной задаче эти экзогенные силы, действительно, имеют такие направления, что они совпадают с направлением растягивающей силы. Это говорит о том, что рассматривая напряженную ситуацию в регионе, надо принять во внимание вышеуказанную позицию Луны на небосклоне и соответствующие отрезки времени, как периоды повышенной опасности с точки зрения происхождения землетрясений на Кавказе.

Для других регионов триггерные экзогенные силы будут иметь другие направления, так как в каждом регионе имеется своеобразная картина распределения тектонических сил, а экзогенная сила является триггерным только в том случае, когда она совпадает с напряжением тектонической силы.

Авторы считают целесообразным рассмотреть аналогичные задачи для других светил и других сейсмоактивных регионов Земли, чтобы выявить закономерности возможной

связи сильных землетрясений с положением Луны и характером тектонических напряжений в земной коре.

Литература

1. Davidson,S., 2002. Gravity Concepts, Sec.70, Mar.2.
2. Davidson,S., 2005. Gravity Concepts. Sec.30, Rev.1.
3. Harris, R., 2000. Current Science, Special Section: Seismology, v. 79, № 9.
4. Jackson, J., 1992. Journal Of Geophysical Research, v. 97, №89, 471 – 473.
5. Kiladze, R., Kachakhidze, M., Kukhianidze, V., Kachakhidze N., Ramishvili G. 1997. Bulletin of Georgian Academy of Sciences, 155, №3, 367-369.
6. Kiladze, R., Kachakhidze, M., Kukhianidze, V., Kachakhidze, N., Ramishvili G., 2005. J. Vulkanology and Seismology, № 3,75-80.
7. Kocyigit, Ali., Yilmaz ,Ali., Adamia,,Sh., Kuloshvili, S., 2001. J. Geodinamica Acta, 14, 177-195.
8. Lopes, R.M.C., Malin, S.R., Mazzarella, A., Palumbo, A., 1990. Phys. Earth. planet. Inter., 59, 127-129.
9. Nikolaev, A.V., 1995. NATO ASI Series 2, Environment -v.4, 255-266.
10. Nikolaev,A. V., Nikolaev, V.A., 1996. Geophysical International J., v.35, №3, 329-339.
11. Rydelek, P.A., Sacks, I.S., Scarpa,R., 1992. *Geophys. J. Int.*, 109, 125-137.
12. Tanaka, S., Sato, H., Matsumura, S., and Ohtake, M., 2006.Tectonophysics, 417, 69-80.
13. Tsuruoka, H., Ohtake M., and Sato H., 1995. *Geophys. J. Int.*, 122, 183-194.
14. Van Ruymbeke, M., Zhu, P., Cadicaneanu, N., and Naslin, S., 2007. Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 651-656.

Article received: 2009-01-30