

УДК.550.34; 551.1

Багманова Н.Х., Миркин Е.Л.
Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан

О САМОМ «ВЗРЫВНОМ» ПЕРИОДЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЯНЬ-ШАНЯ

Аннотация Рассмотрена взаимосвязь сейсмической активности самого «взрывного» периода возникновения разрушительных землетрясений Тянь-Шаня (1887-1911 гг.) с вариациями угловой скорости вращения Земли (v).

Ключевые слова: сейсмическая активность, магнитуда, угловая скорость вращения Земли.

ТЯНЬ-ШАНДЫН КЫЙРАТУУЧУ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРҮНҮН ЭҢ «ЖАРЫЛУУ» МЕЗГИЛИ ЖӨНҮНДӨ

Кыскача мазмуну. Тянь-Шанда (1887-1911) кыйратуучу жер титирөөлөрдүн пайда болушунун эң «жарылуу» мезгилинин сейсмикалык активдүүлүгүнүн Жердин айлануусунун бурчтук ылдамдыгынын (v) өзгөрүшү менен өз ара байланышы каралат.

Негизги сөздөр: сейсмикалык активдүүлүк, магнитуда, бурчтук ылдамдык, Жердин айлануусунун ылдамдыгы.

ABOUT THE MOST «EXPLOSIVE» PERIOD OF DESTRUCTIVE EARTHQUAKES OF THE TIEN SHAN

Abstract. The correlation of seismic activity of the most «explosive» period of the occurrence of destructive earthquakes in the Tien Shan (1887-1911) with variations in the angular velocity of the Earth's rotation (v) is considered.

Keywords: seismic activity, magnitude, the angular velocity rotation of the Earth

Как отмечается в работе [1], одной из нерешённых проблем сейсмологии является прогноз землетрясений. Эта сложная проблема включает решение трёх взаимосвязанных задач: определения вероятностного места, ожидаемой магнитуды (энергетического класса) и вероятного времени сильного землетрясения. Наиболее сложной задачей, имеющей важное значение для оценки сейсмической опасности, является выделение периодов повышения уровня сейсмической опасности во времени. Многочисленные работы различных авторов посвящены выявлению периодов повторяемости сильных землетрясений, на их основе делаются попытки прогноза времени возникновения сильных событий. В работе [1] при исследовании сейсмического режима территории горноскладчатой системы Тянь-Шаня ($\varphi = 38^\circ - 45^\circ$ $\lambda = 63^\circ - 85^\circ$) период времени 1887-1911 гг. отмечается как самый «взрывной» период возникновения разрушительных землетрясений Тянь-Шаня. Так, в этот период произошли Беловодское (1885 г., $M = 6.9$), Верненское (1887 г., $M = 7.3$), Чиликское (1889 г., $M = 8.3$), Кашгарское (1902 г., $M = 7.8$), Болотунгуйское (1906 г., $M = 7.5$), Каратагские (1907 г., $M = 7.4$ и $M = 7.3$), Кеминское (1911 г., $M = 8.2$), Сарезское (1911 г., $M = 7.4$) землетрясения (рисунки 1).

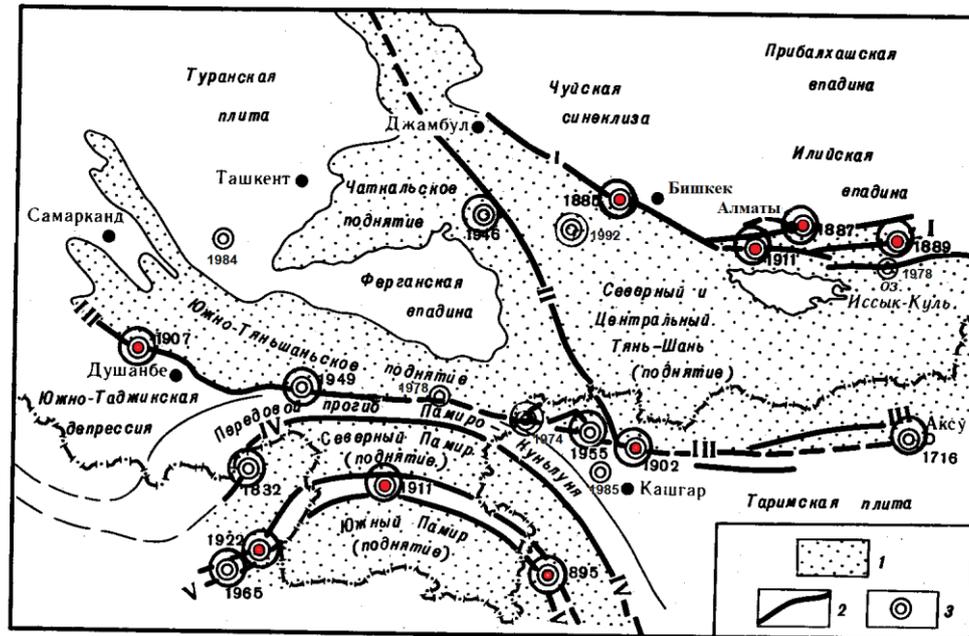


Рисунок 1. Важнейшие зоны активных разломов и землетрясения с магнитудой 7 и более, известные в Средней Азии и Казахстане [2]. 1 – новейшее поднятие; 2 – зоны сейсмогенных глубинных разломов: I – Северо-Тянь-Шаньская, II – Таласо-Ферганская, III – Гиссаро-Кокшаальская, IV – Каракульско-Момукская (Дарваз-Каракульская), V – Центрально-Памирские; 3 – эпицентры сильных землетрясений с $M \geq 7$, с дополнением из [3] (красным цветом отмечены землетрясения, произошедшие в период времени 1887-1911 гг.).

Несмотря на многочисленность работ, исследуемых периодичность возникновения сильных землетрясений Тянь-Шаня, ответа на вопрос «Почему временной интервал между самыми разрушительными катастрофами ($M \geq 7.0$), произошедшими на территории Северного Тянь-Шаня (Верненское землетрясение 1887 г., Чиликское 1889 г., Кеминское 1911 г.), столь невелик?» так и не последовало.

Как мы полагаем, ответ на этот вопрос можно найти в работе Сасоровой Е. В. и Левина Б. В. [4], в которой авторами довольно убедительно и логично показана связь пространственно-временных закономерностей в распределении плотности сейсмических событий с вариациями угловой скорости вращения Земли за период с 1720 по 2016 гг. Ниже приведены отдельные фрагменты работ указанных авторов.

Для анализа вариаций скорости вращения Земли Сасоровой Е. В. и Левиным Б. В. были адаптированы данные агентства International Earth Rotation and Reference System Service (IERS) ([5], ежесуточные наблюдения за изменениями длительности суток с 1962 по 2016 гг., собранные в каталоге SCAT) и таблицы, представленные в работах [6, 7]. Полученный авторами [4] объединённый каталог (JCAT) содержит наблюдения с 1720 по 2016 гг. (296 лет, 592 наблюдения). В рассматриваемых источниках представлены значения LOD (Length of Day), определяемые как разность величин периодов ($P_z - P_a$), где P_a – период астрономических суток (86400 сек), P_z – наблюдаемый период земных суток (P_z и P_a измерены в мсек). Относительная вариация угловой скорости определяется как относительное изменение угловой скорости, выраженное через их периоды: $v = (\omega - \Omega) / \Omega \approx -(P_z - P_a) / P_a$. Относительная безразмерная величина вариации угловой скорости вращения оценивалась как $dv/v \approx 10^{-8}$ [8]. В работе [9] были рассчитаны спектры для временного ряда по каталогам JCAT и SCAT. Характерные периоды для JCAT:

62 года, 32 года и 23 года. Поэтому далее авторами рассматривалось суммарное влияние всех низкочастотных составляющих на периодичность сейсмической активности. Временной ряд V_n , полученный в результате фильтрации значений v из объединённого каталога JCAT, приведён на рисунок 2б (выделены все периоды больше 19 лет). Максимальный разброс значений V_n для этого ряда приходится на сравнительно ограниченный временной интервал (1865-1932 гг.). На рисунке 2 наблюдаются длительные этапы (десятки лет) значительного увеличения (1723-1737 гг., 1853-1878 гг., 1914-1939 гг.) и уменьшения (1737-1764 гг., 1878-1892 гг., 1898-1914 гг.) значений V_n , перемежающихся со сравнительно небольшими колебаниями вокруг некоторого среднего уровня. Наибольший размах локальных изменений V_n наблюдался в период с 1878 г. по 1914 г.

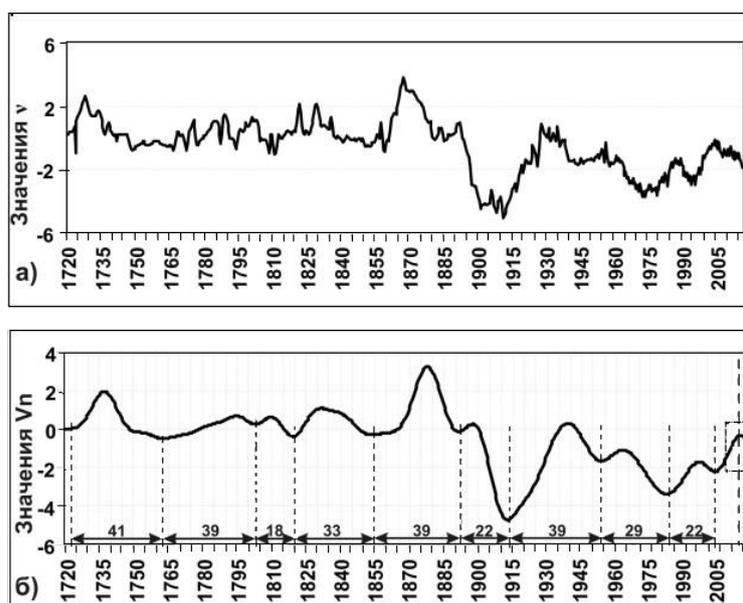


Рисунок 2. а) – относительная угловая скорость вращения Земли (v) с 1720 г. по 2016 г., б) - низкочастотная составляющая за тот же промежуток времени (V_n). Горизонтальные оси – время (год); вертикальные – значение $v \cdot 10^8$ или $V_n \cdot 10^8$ [4].

Сейсмические данные, с использованием баз всемирного каталога NEIC/USGS [10] и других источников [11], были сформированы указанными авторами в рабочий каталог землетрясений (с $M \geq 7.5$) за период с 1720 г. по 2016 г. Для анализа распределений сейсмических событий во времени весь интервал наблюдений разбивался на пятилетние интервалы и рассматривалось суммарное количество событий в каждом пятилетнем интервале. Распределение плотности сейсмических событий землетрясений (с $M \geq 7.5$) для всей Земли по пятилетним интервалам с 1720 г. по 2016 г. показано на рисунок 3в. Положение максимумов и минимумов в распределении землетрясений сохраняется при замене пятилетних интервалов осреднения сейсмической активности на трёхлетние или шестилетние.

На рисунке 3 представлены временные ряды для двух периодов наблюдений - период с 1720 г. по 1890 г. (до инструментального периода) и период с 1895 г. по 2016 г. (инструментальные наблюдения). Для низкочастотной составляющей V_n (рисунок 3а) были определены приращения угловой скорости за промежуток времени Δt : $-\Delta V_n / \Delta t$ (рисунок 3б). Эта величина является некоторой оценкой для ускорения вращения Земли (определяется приращение в промежутке времени Δt , который можно менять). Положительные значения приращений соответствуют стадиям разгона Земли, а

отрицательные – стадиям торможения. Распределение плотности сильных землетрясений (с $M \geq 7.5$) для всей Земли по пятилетним интервалам представлено на рисунке 3в.

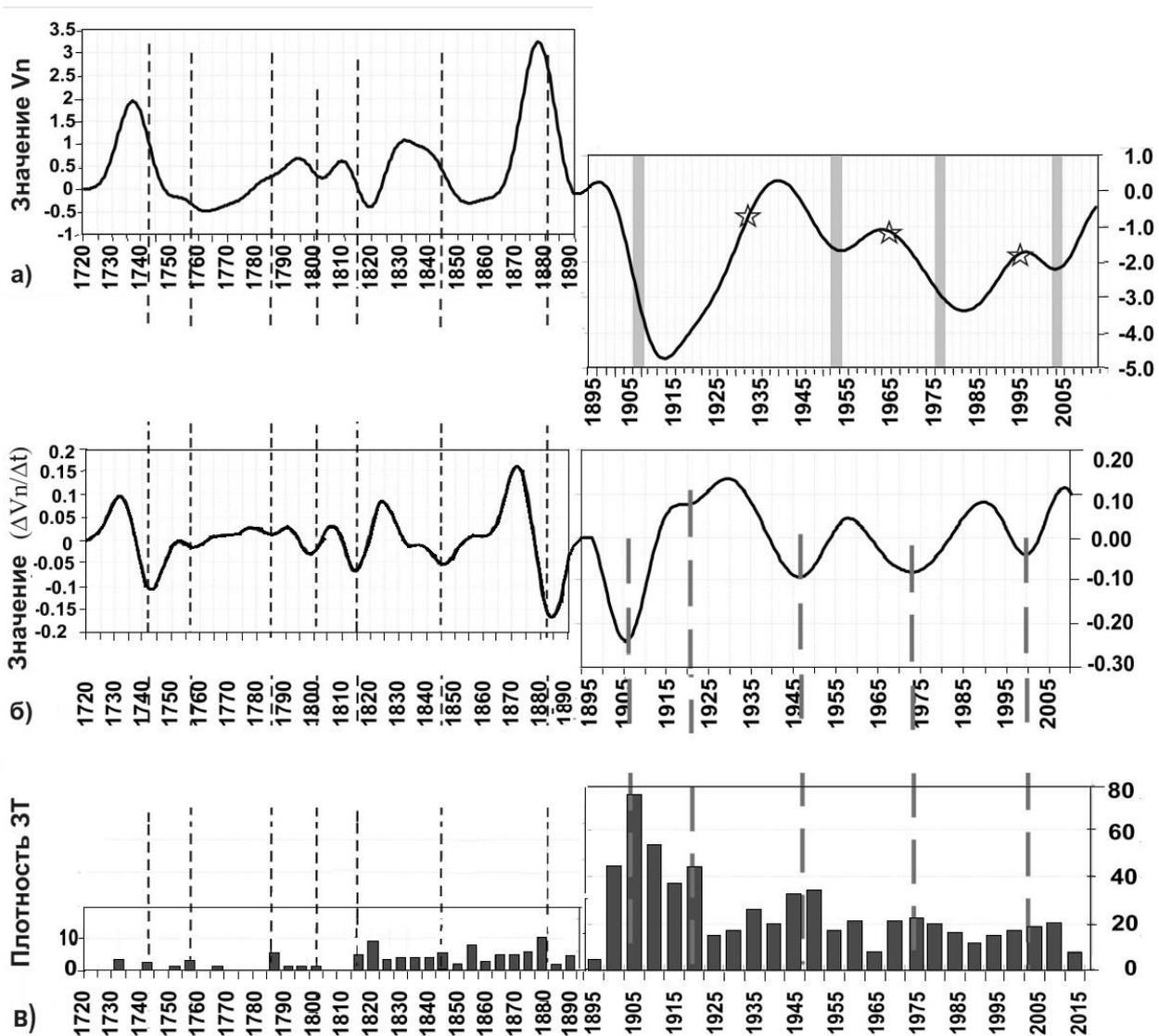


Рисунок 3. Сопоставительный анализ для периода с 1720 г. по 1890 г. и для периода с 1895 г. по 2016 г. [4]. **а)** значение V_n (горизонтальная ось – время (год); вертикальная – значение $V_n \cdot 10^8$); **б)** приращение угловой скорости; **в)** распределение плотности сильных землетрясений (с $M \geq 7.5$) для всей Земли по пятилетним интервалам (по вертикальной оси - количество землетрясений в каждом пятилетнем интервале, по горизонтальной оси – верхние границы пятилетних интервалов (год)).

В результате сопоставления временных рядов низкочастотной составляющей (V_n), приращения угловой скорости $\Delta V_n / \Delta t$ и распределений сейсмической активности, авторами [4] отмечено, что максимумы сейсмической активности соответствуют завершающим этапам стадий уменьшения угловой скорости вращения (т.е. торможения). Эти промежутки времени помечены серыми прямоугольниками на рисунке 3а. Промежуткам времени с минимальной сейсмической активностью соответствуют заключительные этапы стадии увеличения угловой скорости (стадии разгона, помечены звёздочками). Пунктирные вертикальные линии соответствуют пятилетним интервалам с максимальной сейсмической активностью. Локальные минимумы приращений угловой скорости $\Delta V_n / \Delta t$ практически совпадают по времени с максимумами сейсмической

активностью. Таким образом, максимальное усиление сейсмической активности происходит на стадии максимального торможения.

Ранее [4, 9, 12] отмечалось четырёхкратное увеличение плотности сейсмических событий в пятилетних интервалах первой четверти XX века (по сравнению со второй половиной XX века). Именно этот период (1895-1920 гг.) и соответствует длительному и самому значительному торможению (уменьшению значений V_n и $\Delta V_n/\Delta t$) за весь период наблюдений (с 1720 г.).

Со второй половины 2014 года и по настоящее время отмечается уменьшение угловой скорости вращения Земли. Уменьшение значений V_n за этот период можно наблюдать на рисунке 2 в правой части (выделено серым прямоугольником). В настоящее время Земля входит в начальную фазу процесса торможения. Согласно результатам авторов [4] новая стадия торможения может характеризоваться увеличением сейсмической активности. Признаки роста сейсмической активности могут начать проявляться и на начальной фазе торможения. В работе [13] было показано, «что увеличение угловой скорости вращения Земли ведёт к увеличению степени сжатия нашей планеты, увеличению её экваториального радиуса и увеличению площади её поверхности. Вследствие этого может уменьшаться напряжение между литосферными плитами и, соответственно, должна уменьшаться степень сейсмической активности. При уменьшении скорости вращения Земли возникает противоположная ситуация: сжатие эллипсоида вращения уменьшается, площадь поверхности тела сокращается, в результате чего возникает дефицит площади оболочки твёрдой коры. На границах тектонических плит развиваются деформации сжатия, появляются области локальных напряжений сжатия, в системе развиваются зоны с сильно неравновесным состоянием вещества, что приводит в итоге к формированию землетрясения».

Интересно проследить за тем, как сейсмичность Тянь-Шаня проявилась в вариациях угловой скорости вращения Земли за период с 1720 г. по 2016 г. По аналогии с приведённым выше исследованием [4] проведём сопоставительный анализ распределения сейсмической активности Тянь-Шаня (его части в пределах координат ($\varphi = 38.2^\circ - 44^\circ$ $\lambda = 68^\circ - 81^\circ$), являющимся одним из сейсмоопасных регионов Центральной Азии. Две основные сейсмоактивные зоны - Северо-Тянь-Шаньская и Южно-Тянь-Шаньская, в пределах которых происходили сильные землетрясения - расположены именно в приграничных северном и южном районах Кыргызской Республики. На рисунке 4а представлен временной ряд распределения сильных землетрясений с магнитудой $M \geq 7.0$ [3, 13]. Отчётливо видно, что наиболее сильные землетрясения с $M > 7.5$ (Чиликское 1889 г., $M = 8.3$; Кашгарское 1902 г., $M = 7.8$; Кеминское 1911 г., $M = 8.2$) произошли в 1885-1911 гг., именно в период, соответствующий длительному и самому значительному торможению (уменьшению значений угловой скорости вращения V_n и приращений угловой скорости $\Delta V_n/\Delta t$) за весь период наблюдений (с 1720 г.). В этот же период времени произошли и другие значительные по величине события: Беловодское (1885 г., $M = 6.9$), Верненское (1887 г., $M = 7.3$), Уратюбинское (1897 г., $M = 6.7$, Каратагские (1907 г., $M = 7.4$ и $M = 7.3$), Сарезское (1911 г., $M = 7.4$). В последующем времени (с 1912 г. по 2020 г.) на исследуемой территории землетрясения с магнитудой $M > 7.6$ не наблюдались. Землетрясения с магнитудой $7.5 > M > 7.0$ произошли в периоды времени: 1946-1955 гг. (Чаткальское 1946 г., $M = 7.5$; Хаитское 1949 г., $M = 7.4$; Улугчакское 1955 г., $M = 7.1$), 1974- 1992 гг. (Маркансуйское 1974 г., $M = 7.3$; Алайское 1978 г., $M = 7.0$; Кашгарское 1985 г., $M = 7.0$; Суусамырское 1992 г., $M = 7.5$).

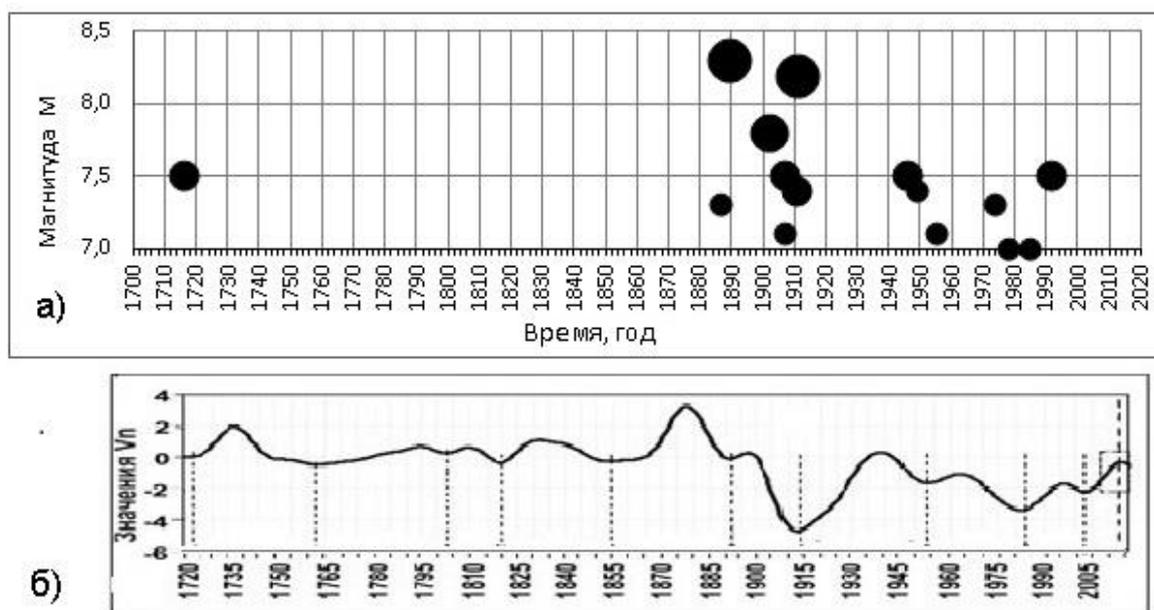


Рисунок 4. **а)** Временной ряд распределения сильных землетрясений с магнитудой $M \geq 7,0$ (энергетический класс $K \geq 16,6$) в пределах координат ($\varphi = 38,2^\circ - 44^\circ$ $\lambda = 68^\circ - 81^\circ$); **б)** Низкочастотная составляющая (V_n) угловой скорости вращения Земли (n) с 1720 г. по 2016 г. [4]. По горизонтальным осям отмечены верхние границы пятилетних интервалов (год).

Таким образом, отмечаемый в [1] период времени 1887-1911 гг. как самый «взрывной» период возникновения разрушительных землетрясений Тянь-Шаня соответствует периоду длительного и самого значительного торможения угловой скорости вращения Земли (уменьшению значений V_n и $\Delta V_n / \Delta t$) за весь период наблюдений (с 1720 г.), что и является очевидным, на наш взгляд, ответом на вопрос «Почему временной интервал между самыми разрушительными катастрофами ($M \geq 7,0$), произошедшими на территории Северного Тянь-Шаня (Верненское землетрясение 1887 г., Чиликское 1889 г., Кеминское 1911 г.), столь невелик?».

Литература

1. Мамыров Э. Землетрясения Тянь-Шаня: магнитуда, сейсмический момент и энергетический класс. -Бишкек: Инсанат. -2012. -234 с.
2. Губин И.Е. Сейсмотектоника и сейсмораионирование. / Тектоника Тянь-Шаня и Памира. М.: Наука. - 1983.-С.9-24.
3. Каталог землетрясений Центра Данных Института сейсмологии НАН КР с исторических времен по 2020 год.
4. Сасорова Е. В., Левин Б. В. О связи вариаций скорости вращения Земли и ее сейсмической активности. Вступление Земли в новую фазу уменьшения угловой скорости вращения // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки.* - 2017. № 4(20). - С. 91-100. DOI: 10.18454/2079-6641-2017-20-4-91-100.
5. International Earth Rotation and Reference System Service, <http://iers.org>
6. McCarthy D.D., and Babcock A.K. The length of day since 1656. // *Physics of the Earth and Planetary Interiors.* - 1986. V.44. - P.281-292.
7. Morrison L.V. Rotation of the Earth from A.D. 1663 – 1972 and the constancy of G. // *Nature.* - 1973. V. 241. - P. 519-520.

8. Сидоренков Н. С. Физика нестабильностей вращения Земли. М.: Наука.- Физматлит. – 2002 - 384 с.
9. Левин Б. В., Сасорова Е. В. О связи вариаций скорости вращения Земли и ее сейсмической активности // Доклады Академии Наук. - 2015. - том 464, № 3.- С. 351–355. DOI: 10.7868/S0869565215270183.
10. NEIC USGS: <http://www.ncedc.org/anss/catalog-search.html>
11. HTDB/WLD (Historical Tsunami Database for the World Ocean), 2000 BC to Present, Tsunami Laboratory, ICMMG SD RAS, Novosibirsk, 2016, <http://tsun.sccc.ru/nh/tsunami.php>
12. Левин Б. В., Сасорова Е. В. Динамика сейсмической активности Земли за 120 лет // ДАН. 2015. -Т.461. №1. - С. 82-87. DOI: 10.7868/S086956521507018X
13. Levin B., Domanski A., and Sasorova E. Zonal concentration of some geophysical process intensity caused by tides and variations in the Earth's rotation velocity. // Adv. Geosci. 2014. - 35. 137–144, doi: 10.5194/adgeo-35-137-2014.
14. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин – М.: Наука, 1977. – 535 с.

Рецензент: к.ф.-м.н. Фролова А.Г.