

УДК 550.34.1

Мамыров Э., Маханькова В.А.
Институт сейсмологии НАН КР,
г.Бишкек, Кыргызстан

СРАВНЕНИЕ ПЕРИОДОВ ПРОЯВЛЕНИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЯНЬ-ШАНЯ С ЦИКЛИЧНОСТЬЮ ЛУННО-СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Аннотация: Приведены результаты сравнения цикличности сейсмических процессов Тянь-Шаня с цикличностью лунно-солнечной активности.

Ключевые слова: сейсмический процесс, лунно-солнечная активность, цикличность, период, землетрясение.

ТЯНЬ-ШАНЬДАГЫ КУЧТУУ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН КӨРҮНҮҮ МЕЗГИЛДЕРИ МЕНЕН АЙ-КҮНДҮН АКТИВДҮҮЛҮК ЦИКЛДЕРИН САЛЫШТЫРУУ

Кыскача мазмуну: Макалада Тянь-Шандагы сейсмикалык процесстердин циклдүүлүгүн ай-күндүн активдүүлүк циклдери менен салыштыруунун жыйынтыктары берилген.

Түйүндүү сөздөр: сейсмикалык процесс, ай-күн активдүүлүгү, циклдүүлүк, мезгил, жер титирөө.

COMPARISON OF PERIODS OF THE TIEN SHAN STRONG EARTHQUAKES OCCURRENCE WITH CYCLICITY OF THE LUNISOLAR ACTIVITY

Abstract: Results of comparison of the Tien Shan seismic processes cyclicity with cyclicity of the lunisolar activity are presented.

Keywords: seismic process, lunar-solar activity, cyclicity, period, earthquake.

1. Введение. В последнее время при прогнозе вероятного времени и ожидаемой магнитуды M_w (энергетического класса K_R) сильных землетрясений большое внимание уделяется закономерностям динамики развития сейсмического цикла и влияния лунно-солнечных приливов на геофизические процессы [1-17]. По [1, 7, 8] большинство крупных сейсмокатастроф с $M_w \geq 8.0$ в различных сейсмоопасных зонах произошло в периоды относительно низких значений гравитационных сил, вызванных влиянием Солнца и планет солнечной системы (23-х летний ритм, 1911-1932 гг.). На фоне этого долголетнего ритма во временном изменении гравитационных сил чётко выделяются циклы с периодами 18.6 лет, 4 года и 2 года, связанные с взаимодействием Земли и Луны. По [7] между ритмами приливных волн и сейсмичности в недрах Земли наблюдается тесная связь, что было выявлено в XX веке А.Перре и названо законами Перре.

В результате статистической обработки сейсмических событий с 1750 г. по 1876 г. Перре установил два закона, по которым число дней с землетрясениями возрастает до 20% при передвижении Луны от квадратур к сизигиям (I закон) и от апогея к перигею (II закон). В сущности оба закона говорят об одном: вероятность землетрясений повышается при увеличении интегрального приливного воздействия на Землю со стороны Луны и Солнца. Причём речь идёт, только о времени, а не о месте возникновения события.

Приливообразующие силы подвержены временным изменениям с периодами 18.6, 4, 2, 1, 0.5 года. Под их воздействием в недрах Земли формируются твёрдые приливные (деформационные) волны. Глубина их затухания зависит от длины и частоты волн. Так, волна с периодом 18.6 лет затухает в 2.73 раза на глубине более 400 км. Динамика сейсмических процессов регулируется напряжениями, созданными такими деформационными волнами [7].

Для решения наиболее сложной задачи по определению времени и магнитуды ожидаемой сейсмोकатастрофы используются основные закономерности динамики развития сейсмического цикла. Это понятие предполагает периодический характер накопления и сброса упругой энергии в различных участках сейсмогенной зоны между крупными событиями [2, 8, 9, 13-17].

Реальный сейсмический процесс определяется: во-первых, наличием нескольких, относительно независимых, процессов в различных очагах крупных землетрясений; во-вторых, наличием множества секторов, делящих каждый из этих процессов нерегулярным по периоду сбросом накопившейся энергии в каждом из этих очагов. При всей сложности этого тектонофизического процесса выделяются определённые нижние и верхние пределы колебаний K_R (M_w), чётко выделяющихся на кумулятивных кривых и на графиках колебаний K_R за определённый интервал времени для данной сейсмоактивной зоны [2].

Сейсмический режим Земного шара, а также отдельных регионов имеет полиритмическую структуру, изменяющуюся во времени. Можно предполагать существование ритмов 56, 37, 18.6, 11,5-7 лет, 2-3 года, а также 8-9 и 5 месяцев.

Существуют также общие группы ритмов с более короткими периодами – от 2 до 4 месяцев, а также часовая ритмичность (54 мин.), связанная с собственными колебаниями Земли [4]. Наблюдаемая спектрально-временная картина сейсмического процесса изменяется во времени, в связи с чем динамика процесса становится то более упорядоченной, то более хаотичной. Динамика таких вариаций на фоне чётко выделяемых ритмов достаточно неустойчива и большинство выделенных ритмов имеют ограниченные интервалы прослеживаемости. Колебательные режимы параметров землетрясений с течением времени изменяются по амплитуде, чёткости прослеживания и устойчивости по периоду, что необходимо учитывать при прогнозах вероятного периода повышения уровня сейсмической опасности. Несмотря на общность динамики изменений сейсмического режима всех регионов, каждый сейсмоопасный регион и субрегион обладают индивидуальными особенностями, в соответствии с теорией тектоники плит и геолого-геофизическим строением литосферы конкретного участка [4, 8, 9, 13, 14].

С теоретических позиций динамики нелинейных систем сейсмический режим сейсмоактивных регионов рассматривается как взаимодействие коротковолновых и длинноволновых геофизических процессов, для которых характерно наличие эффектов перемежаемости Ферми- Паста-Улама. В результате таких тектонофизических процессов фазы спокойной длинноволновой динамики сейсмического затишья сменяются короткими «взрывными» - периодами сейсмической активности. Циклы возрастания и снижения интенсивности сейсмических процессов являются фундаментальной характеристикой нелинейных тектонофизических явлений [9, 10, 18].

В связи с вышеуказанным в этой работе выполнено сравнение цикличности лунно-солнечной активности с периодичностью проявления крупных землетрясений Земного шара и Тянь-Шаня с максимальной магнитудой M_w (энергетическим классом K_R) за каждый год в период 1900-2014 гг. Данные по M_w и K_m заимствованы из работ [9, 10], значения чисел Вульфа (W) по солнечной активности за 1880- 2014 гг. приводятся по работам [19-20].

2. Периодичность изменения максимальных ежегодных значений M_w землетрясений Земного шара и W .

На рисунке 1 показаны колебания ежегодных максимальных магнитуд M_w землетрясений Земного шара за 1900-2014 гг. по Global CMT Catalog [9, 10], совмещённого с

изменениями числа Вульва W за 1880- 2014 гг. (пунктирная линия). Из представленных данных можно отметить, что для большей части временных рядов M_w максимум солнечной активности (W) часто соответствует снижению активности проявления наиболее крупных сейсмокатастроф с магнитудой $M_w \geq 8$. К примеру, пиковым значениям $W = 135-152$ в 1947-1949 гг. соответствовали пониженные значения $M_w = 7.7- 8.1$, а периоду снижения W от 112 до 10.2 в 1960 - 1964 гг. соответствует период проявления самых грандиозных землетрясений XX века: Великого Чилийского 1960 г. с $M_w = 9.6$ и Великого Аляскинского 1964 г. с $M_w = 9.2$ (рисунок 1). Такая же обратнопропорциональная зависимость отличается в период проявления грандиозных землетрясений начало XXI века: снижению W от 50 до 2 с 2003 г. по 2008 г. и небольшому росту до 40 в 2012 г. соответствует землетрясение о. Суматра 2004 г. с $M_w = 9.0$, Мауле в Чили 2010 г. с $M_w = 8.8$, Тохоку в Японии 2011 г. с $M_w = 9.1$, о. Суматра 2012 г. с $M_w = 8.6$ (рисунок 1).



Рисунок 1. Изменения максимальных ежегодных магнитуд M_w землетрясений Земного шара за 1900-2014 гг. по СМТ Catalogue [9, 10] и чисел Вульфа W солнечной активности за 1880-2014 гг. по данным Nagovitsyn [20].



Рисунок 2. Перидиограммы колебаний максимальных ежегодных M_w крупных землетрясений Земного шара и чисел Вульфа W .

На рисунке 2 приведены совмещённые кривые периодограмм M_w и W , из которых следует, что главной гармоникой в колебаниях M_w является 10-летняя мода, затем следуют 15-и, 4-х, 7-ми, и 23 летние составляющие. В колебаниях W чётко выделяются 11-и и 12 летние моды, характеризующиеся максимальными амплитудами и подтверждающие ранее выполненные исследования о периодичности солнечной активности (рисунок 2). Представленные данные свидетельствуют о наличии главных гармоник в колебаниях M_w и W , близких по периоду 10-12 лет и с которыми связаны глобальные изменения сейсмического режима. Здесь же следует отметить, что длительность солнечных циклов колеблется от 9 до 13.7 лет [19, 20].

С учётом вышесказанного на рисунке 3 показаны ожидаемые прогнозные изменения M_w до 2025 г., расчёты которых выполнены по данным 1930-1999 гг. и 1954-1999 гг. [9, 10]. На этом же графике представлены прогнозные колебания чисел Вульфа W до 2025 г., расчёты которых выполнены по данным 1867-1996 гг.

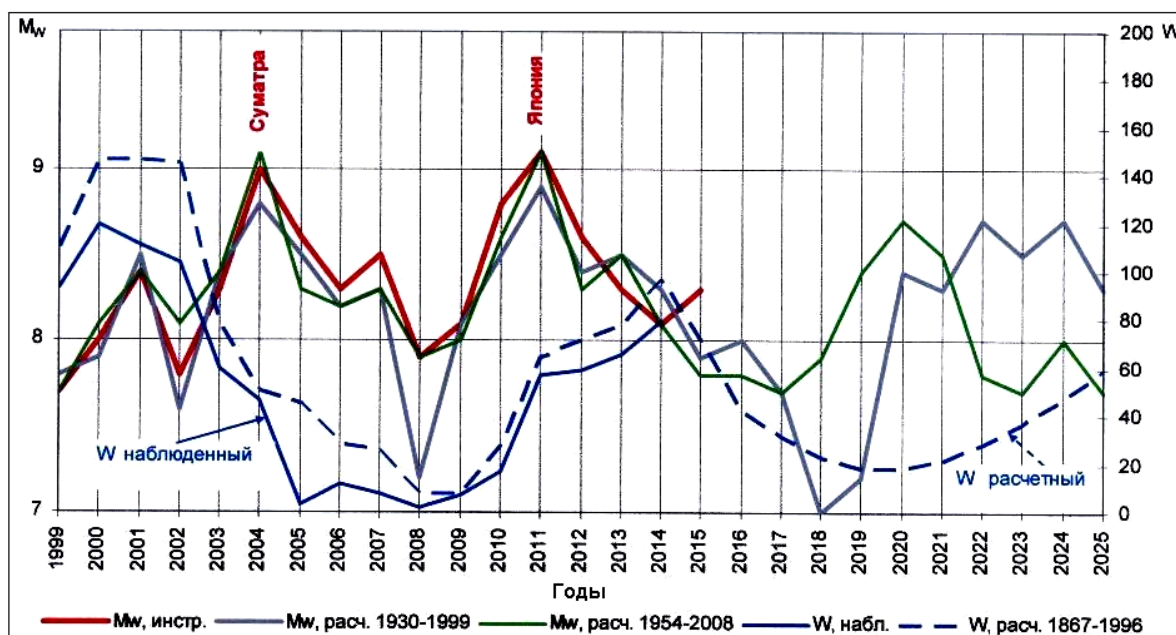


Рисунок 3. Графики наблюдаемых, расчётных M_w (1999-2014 гг.) и чисел Вульфа W (1867-2014 гг.) с прогнозом до 2025 г.

Из рисунка 3 следует, что расчётные M_w с 1999 г. по 2014 г. с высокой точностью соответствуют инструментальным значениям максимальных магнитуд M_w . По прогнозным расчётам 1930-1999 гг., начиная с 2015 г. до 2019 г. произойдет снижение M_w ниже среднемноголетнего значения $M_w = 8.0$ до $M_w = 7.0$ (2018 г.), после чего наступит очередная фаза активизации с $M_w = 8.2-8.7$ в 2020-2025 гг. (рисунок 3), которая по ряду M_w за 1954-2008 гг. закончится в 2022 г. Что касается солнечной активности, то по прогнозным расчётам после максимума в 2014 г. ожидается снижение W с минимумом в 2019-2020 гг. и медленным подъёмом к 2025 г. и этот цикл будет подобен (с 2003 г. до 2025 г.) минимуму Глейсберга, наблюдавшемуся с 1830 г. по 1930 г., когда на территории Тянь-Шаня проявились самые разрушительные землетрясения (Беловодское, 1885 г.; Верненское, 1887 г.; Чиликское, 1889 г.; Кеминское, 1911 г. и др.).

3. Периодичность изменений K_m землетрясений Тянь-Шаня и солнечной активности.

На рисунке 4 приведено сопоставление значений W (1880-2014 гг.) и K_m (1880- 2012 гг.), из которого видно, что для отдельных периодов увеличения K_m (1885-1915 гг., 1955-1965 гг. и 2004- 2011 гг.) соответствуют циклы снижения солнечной активности.

На рисунке 5. показаны периодограммы колебаний W и K_m , которые показывают, что главная гармоника K_m с периодом $T_0 = 11$ лет, практически совпадает с основной солнечной модой с равным периодом. Вместе с тем, в составе короткопериодных амплитуд K_m чётко выделяются 3, 8, 13, 16, 18-ти летние составляющие, которые совместно с 36-38 - летней основной гармоникой создают сложную картину колебаний сейсмического режима Тянь-Шаня. Следует особо подчеркнуть, что средняя величина основной гармонике в ~ 37 лет полностью совпадает с лунным циклом $2T_L = 37.2$ года, а 18.6 – летний лунный цикл отвечает длительности фаз активизации и затишья сейсмических процессов на Тянь-Шане, как и в других сейсмоактивных регионах Земного шара.

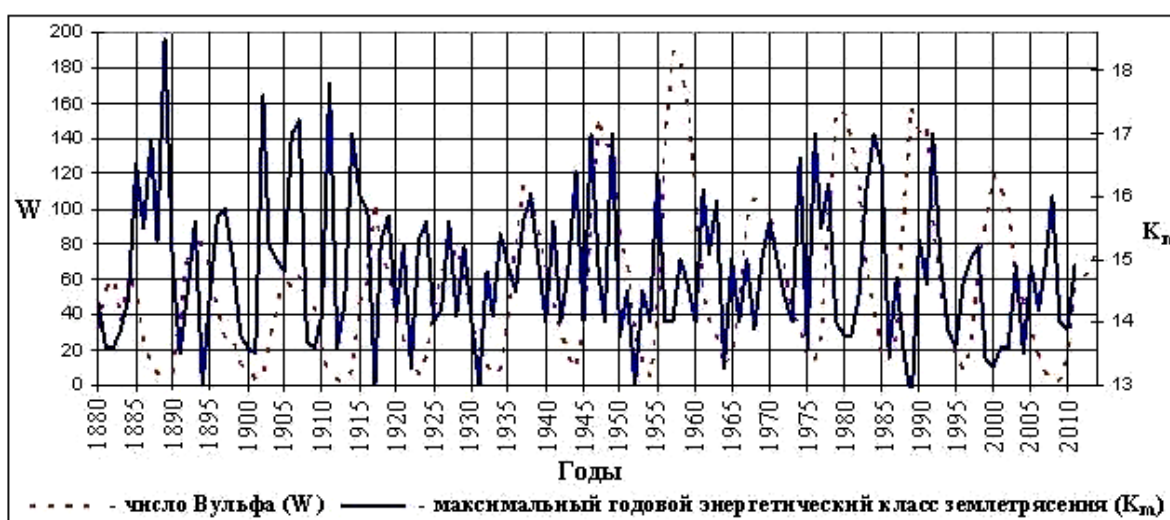


Рисунок 4. Сопоставление колебаний максимальных K_m для землетрясений Тянь-Шаня за 1880-2012 гг. и чисел Вульфа W за 1880-2014 гг.

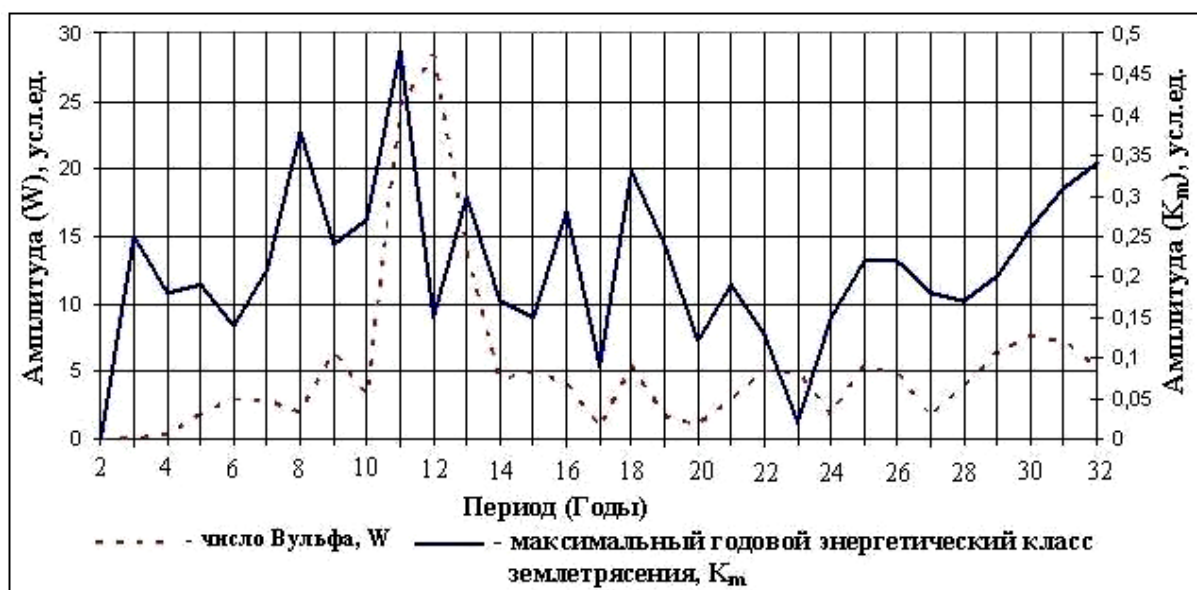


Рисунок 5. Периодограммы чисел Вульфа W и колебаний максимальных K_m для землетрясений Тянь-Шаня за период 1880-2011 гг.

Из выше изложенного можно сделать важный практический вывод - процессы увеличения и уменьшения сейсмической активности не являются случайными и имеют циклический характер, что может быть успешно использовано при прогнозных построениях с использованием современных методов анализа временных рядов.

Результаты многолетних расчётов временных рядов K_m для ежегодных сильных землетрясений Тянь-Шаня ($\varphi = 38,5^\circ - 46^\circ$ и $\lambda = 63^\circ - 96^\circ$) показаны на рисунке 6 по данным 1880-2005, 1882-2001, 1930-2001, 1956-2009 гг. Кроме этого на рисунке 6 приведены возможные изменения K_m и солнечной активности W с 2015 г. до 2031 г. (пунктир). Для сравнения на рисунке 6 показаны колебания расчётных K_m и инструментальных K_m за 2000-2014 гг. Если пренебречь возможными мелкомасштабными отклонениями K_m , то в целом, повышение уровня сейсмической опасности по всему региону при $K_m > 14.8$ (выше среднемноголетнего K_m) следовало ожидать с 2003 г., а максимумы ожидалось в 2006-2009 гг., когда могли произойти события с $K_m=16.0-16.4$. Эти прогнозы подтвердились Нура-Алайским разрушительным событием 2008 г. с $K_R = 16.0$, которому предшествовала серия крупных землетрясений: СУАР КНР (2003г.), приграничная зона Кыргызстана и КНР Куюкап (2005 г.), Кыргызстан Кочкор (2006г.) и Лейляк (2007г.) с сотрясаемостью 6- 8 баллов. При этом наибольшая сходимость инструментальных и расчётных K_R получена для ряда 1930-2001 гг. (рисунок 6).

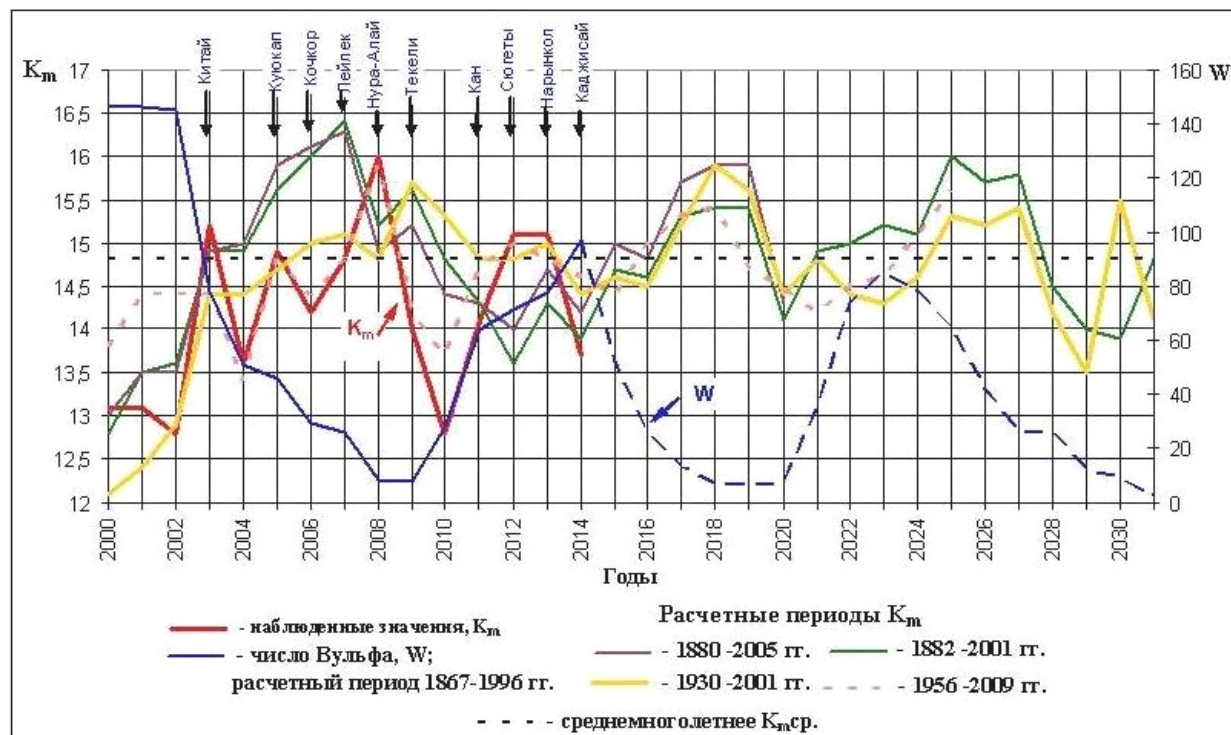


Рисунок 6. Наблюдённые ежегодные максимальные K_m сильных землетрясений Тянь-Шаня за 2000-2014 гг. и прогнозные K_m до 2031 гг., рассчитанные по различным временным рядам K_m ; показаны ожидаемые изменения числа Вульфа (W) с 2015 г. по 2031 г.

Из данных рисунка 6 следует, что резкому снижению солнечной активности с 2002 г. соответствует активизация сейсмичности с проявлениями сильных землетрясений Тянь-Шаня в 2003-2008 гг. Эта региональная фаза активизации полностью синхронна с проявлениями крупнейших сейсмокатастроф Земного шара, о чем было сказано в начале статьи (рисунок 3) По прогнозным расчётам очередная фаза снижения W ожидается в 2016-2021 гг., чему может соответствовать новая фаза активизации сейсмичности Тянь-Шаня (рисунок 6).

По расчётным данным в течение 2015- 2016 гг. колебания K_R ожидаются около или ниже среднееголетних $K_m = 14.8$, что соответствует повышенным величинам солнечной активности по числам Вульфа.

ВЫВОДЫ

1. Установленные по многолетним наблюдениям 36-38 – летние циклы сейсмичности Тянь-Шаня соответствуют двойным 18.6 - лунным колебаниям, когда Луна и Земля обращаются вокруг общего барицентра с максимальными земными приливами.

2. Как и для многих сейсмоактивных зон Земного шара, активизация проявлений сильных землетрясений Тянь-Шаня на качественном уровне соответствует периодам снижения солнечной активности, что может быть использовано при средне-долгосрочных сейсмопрогнозах.

3. По предварительным прогнозным расчётам очередные фазы активизации сейсмичности Тянь-Шаня ожидаются в 2017-2019 и 2024-2027 гг., когда могут проявиться сейсмокатастрофы с максимальной сотрясаемостью 8-9 баллов и $K_R = 15-16.5$.

Рецензент: доктор, г.-м.-н., проф. Абдрахматов К.Э.

Литература

1. Абаканов Т.Д., Садыкова А.Б., Хачикян Г.Я. Современное сейсмотектоническое состояние земной коры на Северном Тянь-Шане. //Доклады НАН РК, 2015, №1, с.12-24.
2. Гамбурцев А.Г, Кондорская Н.В, Олейник О. В, Французова В.И., Хромецкая Е.А., Юдахин Ф.Н. Ритмы в сейсмичности Земли //Физика Земли, 2004, № 5, с.95-107.
3. Горбунова Е.А., Шерман С.И. Модельные деформационные волны в литосфере: фиксирование, параметры геодинамический анализ. //Тихоокеанская геология, 2012, т.31, № 1, с.18-25.
4. Гульельми А.В., Зотов О.Д. О скрытой часовой периодичности землетрясений. //Физика Земли, 2013, №1, с.3-10.
5. Гусев А.А. О реальности 56-летнего цикла и повышенной вероятности сильных землетрясений Петропавловске-Камчатском в 2008-2011 гг. согласно лунной цикличности. //Вулканология и сейсмология, 2008, № 6, с.55-65.
6. Гусев А.А., Петухин А.Г. О возможной синхронизации сильных землетрясений лунным 18, 6 – летним циклом. //Вулканология и сейсмология. 1997, №3, с.64-79.
7. Курскеев А.К., Абаканов Т.Д., Серазетдинова Б.З. Землетрясения: происхождение и прогнозирование. Алматы: Эверо, 2012, с. 314.
8. Любушин А.А., Писаренко В.Ф., Ружич В.В. Выделение периодичностей в сейсмическом режиме. //Физика Земли, 1998, № 1, с.62-76.
9. Мамыров Э. Временные изменения сейсмического режима на глобальном и региональном уровнях. //Журнал «Вестник Института сейсмологии», 2014 г., №1, с.70-86, <http://www.seismo.kg>
10. Мамыров Э., Кан М.В., Маханькова В.А. Анализ квазипериодичности сейсмических и деформационных процессов в пределах Северного Тянь-Шаня //Тр. Всерос. совещания, Новосибирск: СО РАН, 2003, с.370-372.
11. Мельхиор П. Земные приливы. Москва: Мир, 1968, с. 482.

12. Перцев Б.П. Приливные деформации поверхности геоида. //Физика Земли, 2002, №8, с.3-5.
13. Федотов С.А. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги. Москва: Наука, 2005, с. 303.
14. 36. Федотов С.А., Соломатин А.В., Чернышев С.Д. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IX 2010–VIII 2015 гг. достоверность предыдущих прогнозов и их применения. // Вулканология и сейсмология, 2011, №2, с.3-27.
15. Чипизубов А.В. Реконструкция и прогноз изменений сейсмичности Земли. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2008, с. 240.
16. Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. Новосибирск: ГЕО, 2014, с. 359.
17. Широков В.А. Влияние космических факторов на геодинамическую обстановку и её долгосрочный прогноз для северо-западного участка Тихоокеанской тектонической зоны. //Вулканизм и геодинамика. Москва: Наука, 1977, с.103-105.
18. Володин И.А. Нелинейность и многомасштабность сейсмоакустики. // Проблемы геофизики XXI века, т.2, 2003, с.5-36.
19. Никольский Г.М. Цикличность солнечной активности. //Земля и Вселенная, 1983, №4, с.31-37.
20. Nogovitsyn Y. Extended time series of Solar Activity Indices (1090-2020). <http://www.gao.spb.ru/database/esai/2014>.