

УДК 550.34.1

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

АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА ГЛОБАЛЬНОМ И РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЯХ

Аннотация: Приведён прогноз возможных периодов повышения уровня сейсмической опасности для территории Земного шара (по максимальным годовым магнитудам, M_w), Тянь-Шаня ($\varphi=38.5^\circ-44.5^\circ$ $\lambda=63^\circ-93^\circ$), а также по регионам - Талас-Чу, Иссык-Куль, Алай-Кашгар и Южно-Ферганской сейсмоактивной зоне (по максимальным годовым энергетическим классам землетрясений, K_m).

Ключевые слова: прогноз, землетрясение, сейсмическая опасность, магнитуда, сейсмоактивная зона.

ГЛОБАЛДУУ ЖАНА АЙМАКТЫК ДЕНГЭЭЛДЕРДЕ СЕЙСМИКАЛЫК РЕЖИМДИН МЕЗГИЛДҮҮЛҮГҮНӨ ТАЛДОО ЖҮРГҮЗҮҮ

Кыскача мазмуну: Жер шарынын (M_w , максималдуу жылдык магнитудалар боюнча), Тянь-Шандын ($\varphi=38.5^\circ-44.5^\circ$ $\lambda=63^\circ-93^\circ$), ошондой эле аймактар боюнча – Талас-Чу, Ысык-Көл, Алай-Кашгар жана Түштүк-Фергана сейсмоактивдүү зонасы боюнча (K_m , жер титирөөлөрдүн максималдуу жылдык энергетикалык класстары боюнча) сейсмикалык коркунучтун деңгээлинин жогорулоосунун мүмкүн болгон мезгилдери келтирилген.

Түйүндүү сөздөр: божомолдоо, жер титирөө, сейсмикалык коркунуч, магнитуда, сейсмоактивдүү зона.

ANALYSIS OF PERIODICITY OF SEISMIC REGIME CHANGE ON THE GLOBAL AND REGIONAL LEVELS

Abstract: The prediction of possible periods of seismic hazard level increase for the territory both of the whole Earth (according to the annual maximum magnitude, M_w), and of the Tien Shan ($\varphi=38.5^\circ-44.5^\circ$ $\lambda=63^\circ-93^\circ$), as well as for regions - Talas-Chu, Issyk -Kul, Alay - Kashgar and South Fergana seismic zone (according to the annual maximum energy class of earthquakes, K_m) is presented in the paper.

Keywords: prediction, earthquake, seismic hazard, magnitude, seismic active zone.

Анализ пространственно-временных закономерностей сейсмического режима, выполненный на основе многолетних инструментальных данных, показывает, что в глобальном масштабе выделяются крупные циклы одновременного ослабления и усиления сейсмической деятельности в различных регионах Земного шара, которые хорошо коррелируются с локальной активизацией сейсмичности отдельных районов [1-8]. Такие общие выводы имеют принципиальное значение для теории и практики прогнозных исследований по определению вероятных периодов повышения уровня сейсмической опасности на глобальном и региональном уровнях [2, 9-11].

Результаты прогноза по вероятным изменениям M_w *землетрясений Земного шара* до 2025 г. на основе гармонического анализа приведены на рисунке 1. При этом за периоды

повышения уровня сейсмической опасности приняты те годы (с использованием набора гармоник, указанных на рисунке 1), когда по расчётам магнитуда $M_w > 8.0$, т.е. больше, чем среднее многолетнее.

Сравнение (рисунки 1 А-Е) значений инструментальных и прогнозных ежегодных максимальных магнитуд (M_w) периода 2000-2012 гг. по данным за 1900-1999 гг., 1930-1999 гг., 1940-1999 гг., 1947-1999 гг. и 1954-1999 гг. показало, что можно было с высокой точностью предсказать новую фазу проявления грандиозных сейсмокатастроф, начавшуюся в 2001 г. с максимумами в 2004 г. (о.Суматра) и в 2011 г. (Фукусима, Япония).

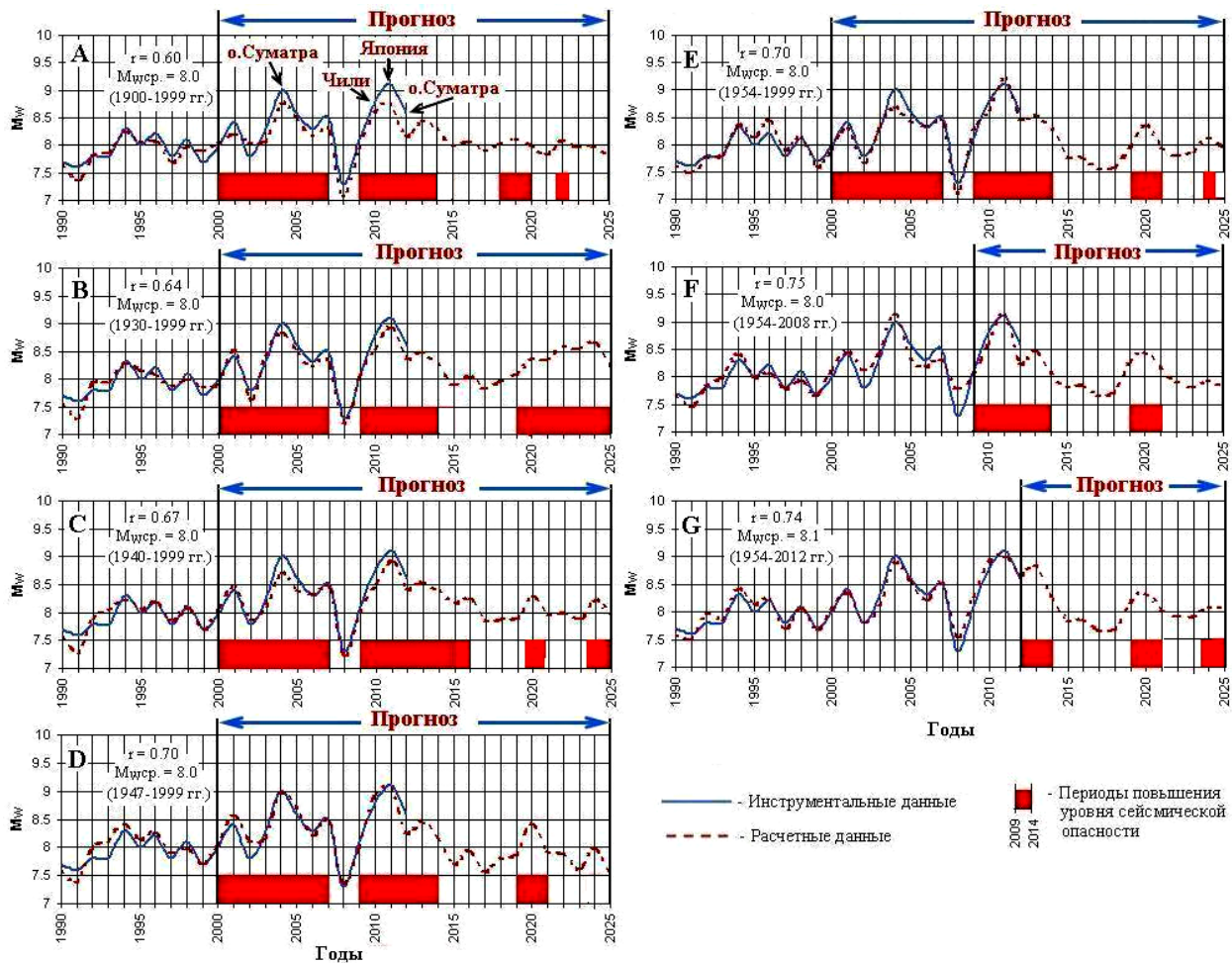


Рисунок 1. Прогноз возможных ежегодных максимальных M_w землетрясений Земного шара на период 2000-2025 гг. по данным: А –1900-1999 гг., В –1930-1999 гг., С –1940-1999 гг., D –1947-1999 гг., Е – 1954-1999 гг., F - 1954-2008 гг., G – 1954-2012 гг.

При расчётах M_w использованы гармоники с периодами: А – 3-15, 20, 23-24, 30, 44, 69 лет; В – 3-13, 16-17, 30, 61 год; С – 3-12, 14, 17, 20, 50 лет; D – 3-12, 15-16, 22-23, 44-45 лет; Е –3-13, 17, 45 лет; F - 4-10, 15, 22, 44 года; G – 4-10, 17, 24, 49 лет.

В 2004 г. и в 2011 г. пиковые значения M_w соответственно ожидалось: по временному ряду (А) $M_w = 8.8$ и 8.8 , по ряду (В) $M_w = 8.8$ и 8.9 , по ряду (С) $M_w = 8.7$ и 8.9 , по ряду (D) $M_w = 8.9$ и 9.0 , по ряду (Е) $M_w = 8.7$ и 9.2 . С такой же точностью совпадают годы с минимальными значениями $M_w = 7.3-7.8$, проявленные в 2002 г. и 2008 г. (рисунок 1 А-Е). Таким образом, использованный нами метод, с условной вероятностью $p = 0.60 - 0.70$ ($p \approx r$, r – коэффициент корреляции), позволяет прогнозировать вероятные изменения сейсмического режима во времени на 10-12 лет.

Из рисунка 1 (А-Е) видно, что с увеличением временного ряда и периода прогнозирования больше, чем 10-12 лет, точность прогноза M_w постоянно снижается. К примеру, по первому ряду (Т= 100 лет) ожидаемая магнитуда M_w в 2011 г. и 2012 г. составляла 8.8 и 8.2, по ряду (В) 8.9 и 8.4, по ряду (С) 8.9 и 8.4, по ряду (D) 9.0 и 8.3 и по ряду (Е) 9.2 и 8.5, а по инструментальным данным значения M_w равны 9.1 и 8.6, т. е. временной ряд (Е) за 1954-1999 гг. показал лучшую сходимость расчётных и инструментальных значений M_w . Следовательно, по временным рядам M_w землетрясений Земного шара можно выполнять удовлетворительные прогнозы на предстоящие 10-12 лет.

Такой вывод подтверждается также сравнением инструментальных и расчётных M_w за 2009-2012 гг. по ряду (F) 1954-2008 гг. и по прогнозным построениям по ряду (G) за 1954-2012 гг. (рисунок 1F-G).

Представленные данные показывают, что начавшаяся в 2001 г. фаза активизации сейсмических процессов на Земном шаре, вероятно, закончится в 2015-2016 гг., а новая фаза может начаться в 2019 г. и закончиться в 2024-2025 гг.

На основе ранее выполненных работ [12-13] нами сделана попытка прогноза периодов повышения уровня сейсмической опасности для территории Тянь-Шаня ($\varphi=38.5^\circ-44.5^\circ$ $\lambda=63^\circ-93^\circ$).

На рисунке 2А-Д показаны результаты прогнозных расчётов максимальных годовых энергетических классов землетрясений (K_m), выполненные по инструментальным данным за различные периоды времени: 1956-2009 гг., 1956-20013 гг., 1973-2010 гг. и 1973-2013 гг.

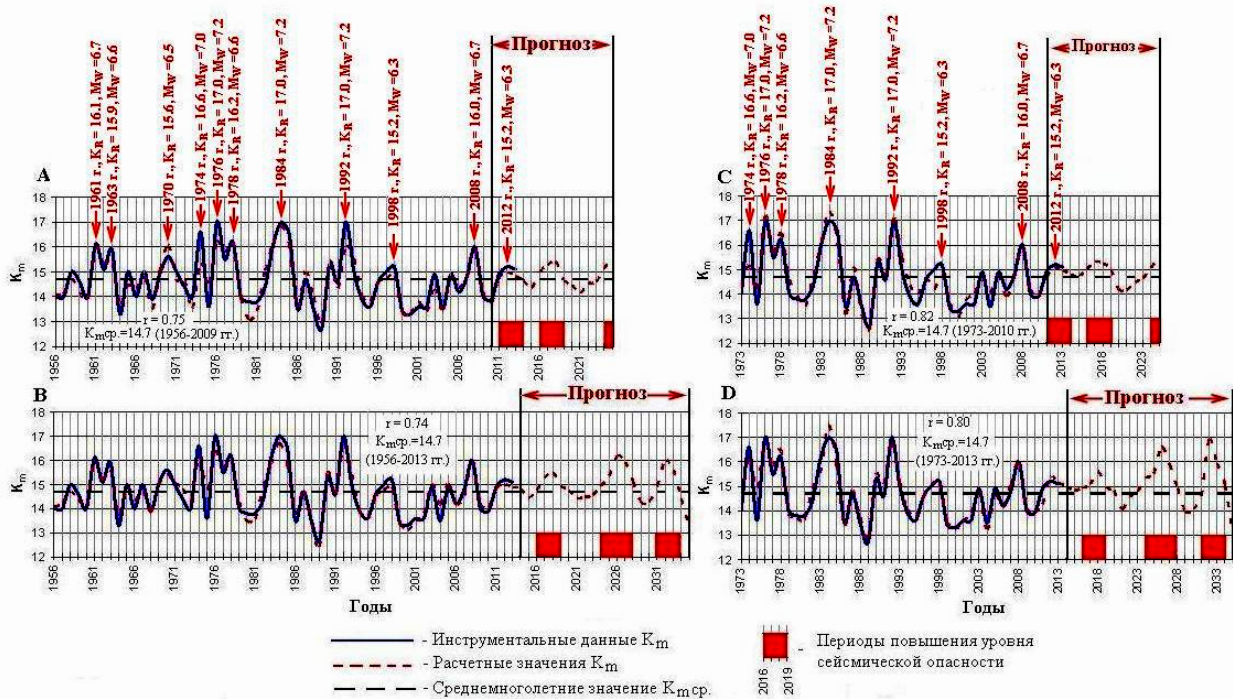


Рисунок 2. Прогноз вероятных максимальных годовых энергетических классов землетрясений (K_m) для территории Тянь-Шаня ($\varphi = 38.5^\circ-45^\circ$ $\lambda = 63^\circ-93^\circ$) до 2025 г. и 2035 г. по данным: А - 1956-2009 гг., В – 1956-2013 гг., С – 1973-2010 гг., D - 1973-2013 гг. При расчетах K_m использованы гармоники с периодами: А – 3-12, 18, 50 лет; В – 4, 6-10, 12, 17, 22, 48 лет; С – 3-11, 18, 38 лет; D – 3-9, 11, 18, 24, 41 год.

Сравнение результатов инструментальных и прогнозных данных (рисунок 2 А,С) за 2010-2013 гг. по данным 1956-2009 гг. и 2011-2013 гг. по данным 1973-2010 гг. показало, что спрогнозированные землетрясения, произошедшие в 2012 г. ($M_w = 6.3$) и 2013 г. ($K_R = 15.1$, $M_w = 6.2$), действительно подтвердились.

Так, в 2012 г. и 2013 г. соответственно ожидалось землетрясение: по ряду (А) с $K_m = 15.0$ и 14.8 , по ряду (С) $K_m = 15.1$ и 15.0 , а по данным инструментальных наблюдений произошли сейсмические события с $K_R = 15.2$ и 15.1 . Условная вероятность возникновения землетрясений составила $p = 0.75$ и 0.82 ($p \approx r$), что позволяет делать удовлетворительные прогнозные расчёты по максимальному энергетическому классу землетрясений K_m .

Как видно на рисунке 2А-Д (в расчётной его части), периоды повышения уровня сейсмической опасности возможны в 2011-2014 гг., 2016-2019 гг. 2024-2028 гг. и 2031-2033 гг.

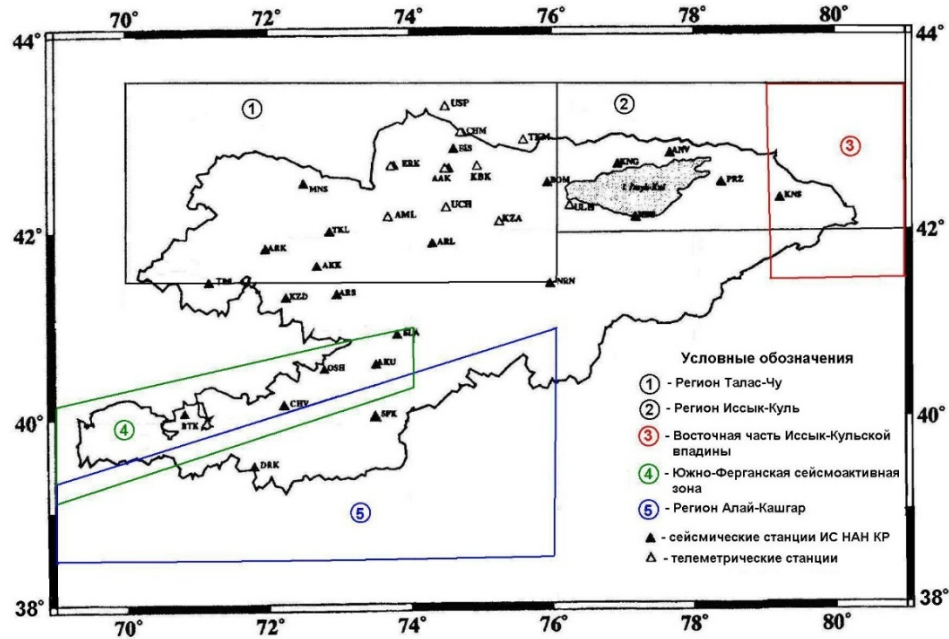


Рисунок 3. Схема расположения исследуемых территорий Кыргызстана.

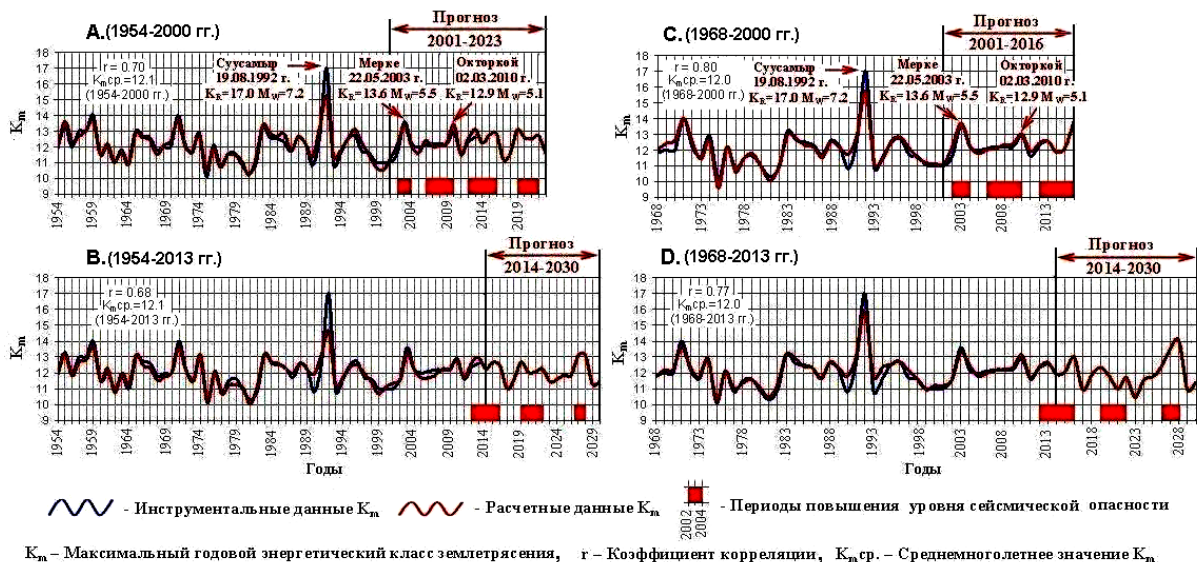


Рисунок 4. Прогноз возможных максимальных годовых энергетических классов землетрясений (K_m) для региона Талас-Чу ($\varphi = 41.5^\circ - 43.5^\circ$, $\lambda = 70^\circ - 76^\circ$) по данным: А-1954-2000 гг., В-1954-2013 гг., С-1968-2000 гг., Д-1968-2013 гг. При расчётах K_m использованы гармоники с периодами: А - 4-13, 19, 25, 31 год; В - 4-13, 19, 25, 31, 45 лет; С - 3-9, 12, 22, 33 года; Д - 3-10, 12, 22, 32, 46 лет.

Регион Талас-Чу (рисунок 3, №1) охватывает территорию в пределах координат $\varphi = 41.5^\circ-43.5^\circ$, $\lambda=70^\circ-76^\circ$. Результаты прогнозных расчётов для данного региона: за 1954-2000 гг. с прогнозом на 2001-2023 гг.; за 1954-2013 гг. с прогнозом на 2014-2030 гг.; за 1968-2000 гг. с прогнозом на 2001-2016 гг. и за 1968-2013 гг. с прогнозом на 2014-2030 гг. показаны на рисунке 4 (А-Д).

На рисунке 4 (А,С) по данным (K_m) за 1954-2000 гг. и 1968-2000 годы приведены прогнозные расчёты на периоды 2001-2023 гг. и 2001-2016 гг. (соответственно), из которых видно, что в регионе Талас-Чу сейсмические события ожидалось: в 2003 г. с $K_m = 13.2-13.7$, в 2010 г. с $K_m = 13.0-13.4$ и в 2013 г. с $K_m = 12.6-13.1$, что и подтвердилось землетрясением Мерке – 2 (Луговское) 22.05.2003 г. с $K_R = 13.6$ и $M_W = 5.5$, Окторкойским землетрясением 02.03.2010 г. с $K_R = 12.9$ и $M_W = 5.5$ и землетрясением, произошедшем 23.11.2013 г. с $K_R = 12.6$.

Из рисунка 4 (А-Д) видно, что последняя фаза активизации сейсмических процессов, начавшаяся в 2012 г., должна закончиться в 2016 г., а в период 2014-2016 гг. возможны сейсмические события с $K_m = 12.7-12.9$. Следующие две фазы активизации сейсмических процессов ожидаются в 2019-2022 гг. с $K_m = 12-13$ и в 2026-2028 гг. с $K_m = 13-14$.

Регион Иссык-Куль ($\varphi = 42^\circ-43.5^\circ$, $\lambda=76^\circ-81^\circ$, рисунок 3, № 2). На этой территории в конце XIX и в начале XX веков произошли наиболее крупные разрушительные землетрясения Тянь-Шаня [14-16].

На рисунке 5 по пяти временным рядам максимального годового энергетического класса (K_m) за 1930-2011 гг., 1966-2008 гг., 1973-2009 гг., 1954-2012 гг. и 1966-2012 гг. сделан прогноз K_m до 2030 г. по региону Иссык-Куль. Из представленных данных видно, что, несмотря на различную длительность временных рядов (от 37 до 72 лет) прогнозные изменения K_m имеют синхронный характер: периоды повышения и снижения ожидаемых K_m чётко совпадают (рисунок 5).



Рисунок 5. Прогноз вероятных изменений K_m по региону Иссык-Куль ($\varphi = 42^\circ-43.5^\circ$, $\lambda = 76^\circ-81^\circ$) с 2012 г. по 2032 г.

Расчёты показывают, что в колебаниях K_m существуют устойчивые короткопериодные гармоники (3-18 лет), которые позволяют с условной вероятностью 0.60-0.70 прогнозировать ожидаемые периоды повышения уровня сейсмической опасности.

Повышение K_m (с точностью ± 1 год) для региона Иссык-Куль ожидается в 2014-2015, 2018-2020, 2022-2024 и 2026-2027 годах. Выделенная фаза активизации сейсмичности в 2014-2015 г. подтвердилась: 14.11.2014 г. произошло Каджи-Сайское землетрясение с $K_R = 14.0$ и $M_W = 6.0$ (рисунок 4). Учитывая, что расчётные значения K_m в периоды активации сейсмичности на 10% меньше инструментальных [12], то в указанные две крупные фазы роста сейсмической опасности прогнозные величины K_m могут составить 14.5-16.0, т.е. возможны проявления разрушительных землетрясений.

На рисунке 6 показаны результаты прогноза периодов повышения уровня сейсмической опасности для **территории Восточной части Иссык-Кульской впадины и приграничных районов Казахстана** (рисунок 3, №3) в пределах координат $\varphi = 41.5 - 43.5^\circ$, $\lambda = 79-81^\circ$ по максимальному годовому энергетическому классу землетрясений K_m за периоды: 1946-2000, 1955-2000, 1946-2012 и 1955-2012 гг.

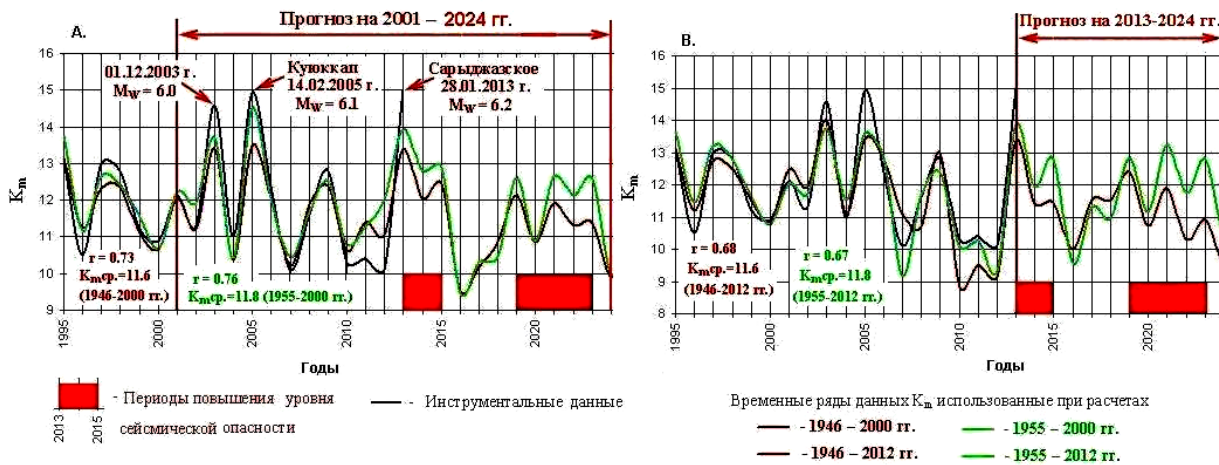


Рисунок 6. Прогноз вероятных изменений максимальных годовых энергетических классов землетрясений K_m для территории Восточной части Иссык-Кульской впадины и приграничных районов Казахстана ($\varphi = 41.5^\circ-43.5^\circ$, $\lambda=79^\circ-81^\circ$) на периоды: А - 2001-2025 гг. и В – 2013-2030 гг., по разным временным рядам: А – 1946-2000 гг. и 1955-2000 гг., В – 1946-2012 гг. и 1955-2012 гг.

По данным периодограммного анализа для рассматриваемого региона характерна ведущая роль короткопериодных гармоник с периодами 3, 5 и 8 лет, т.е. периоды сейсмического затишья быстро сменяются периодами активизации сейсмических процессов. Из приведённых на рисунке 6 (А) расчётов по временным рядам за 1946-2000 гг. и 1955-2000 гг. на период 2001-2024 гг. видно, что повышения K_m в пределах $K_m = 13-14$ (при среднемноголетнем $K_m = 11.6-11.8$) ожидалось в 2003 г., 2005 г. и 2013-2015 гг. Эти прогнозы подтвердились сильными землетрясениями - Текесским (2003 г.), Куюкапским (2005 г.) и Сарыжазским (2013 г.). Очередные периоды активизации сейсмических процессов ожидаются в 2014-2015 гг., 2019-2023 гг. (рисунок 6АВ), при этом ожидаемые значения K_m составляют 12-14.

Геолого-геофизическое строение **Южно-Ферганской сейсмоактивной зоны** (рисунок 3, №4) приведено в работах [15-20]. В общей системе региональных сейсмоактивных разломов Тянь-Шаня рассматриваемая зона занимает особое место, т.к. на этой территории произошли многочисленные разрушительные землетрясения: Костакоз с $K_R = 15.3$ в 1888 г., Андижан – 1 в 1902 г. с $K_R = 15.6$, Куршаб 1-2 в 1924 г. с $K_R = 15.3-15.6$, Исфара-Баткен в 1977 г. с $K_R = 15.5$ и другие.

Пример ретроспективного прогноза K_m на 1996-2015 гг. по данным 1950-1995 гг. показал, что ожидаемые повышения уровня сейсмической опасности в Южно-Ферганской

сейсмоактивной зоне в 2004, 2007 и 2011 гг. подтвердились сильными Лейлякским и Канским землетрясениями с интенсивностью $I = 7-8$ баллов в 2007 г. и в 2011 г. (рисунок 7А).



Рисунок 7. Графики изменения наблюдаемых и расчётных значений максимальных годовых энергетических классов землетрясений K_m для Южно-Ферганской сейсмоактивной зоны: А - за 1950-1995 гг. с прогнозом на 1996-2015 гг., В - по временным рядам за 1933-2011, 1941-2011, 1950-2011 гг. с прогнозом на 2012-2030 гг.

Учитывая удовлетворительную сходимость пиковых инструментальных и расчётных K_m с точностью ± 1 год [2], нами сделана попытка прогноза изменений K_m на 2012-2030 гг. по исходным временным рядам K_m за 1933-2011, 1941-2011 и 1950-2011 гг. (рисунок 7В).

Из представленных данных следует, что, несмотря на использование временных рядов различной длительности (от 61 года до 79 лет), до 2030 г. в пределах Южно-Ферганской сейсмоактивной зоны возможны 3 региональные фазы активизации сейсмических процессов в: 2015-2016, 2019-2023 и 2025-2027 гг. с K_m от 12.5 до 13.7. При этом если учесть, что пиковые расчётные K_m меньше на $\pm 1.0-1.5$ от инструментальных K_m , то в прогнозируемые периоды повышения уровня сейсмической опасности пиковые K_m могут составить $K_m = 13.5 - 15.2$, особенно в 2015-2016 гг. и в 2025-2027 гг. (рисунок 6В).

Регион Алай-Кашгар (рисунок 3, №5) в географическом отношении расположен в пределах координат $\varphi = 38.5^\circ - 39.4^\circ$ (запад) - $38.5^\circ - 41^\circ$ (восток) и $\lambda = 69^\circ - 76^\circ$, в центральной части Гиссаро-Кокшаальской сейсмогенерирующей зоны, разграничивающей Южный Тянь-Шань от Памира. Сеймотектонические условия данного региона подробно рассмотрены в работах [17, 21], в которых указана высокая сейсмичность зоны разлома.

Для региона Алай-Кашгар, являющегося сегментом Гиссаро-Кокшаальской сейсмогенерирующей зоны, на рисунке 8А-Д представлены расчётные и инструментальные временные ряды K_m за периоды: 1930-2000, 1930-2012 гг., 1940-2000, 1940-2012 гг. с прогнозом до 2020 г.

К примеру, по рядам K_m за 1930-2000 гг. и 1940-2000 гг. сейсмическое «затишье» ожидалось до 2007 г., а новая крупная сейсмодатрофа ожидалась в 2008 г., что и подтвердилось Нура-Алайским землетрясением 05.10.2008 г. с $K_R = 16.0$. Аналогичные результаты были получены и по рядам K_m за 1930-1993 гг., 1940-1993 гг., 1997-2012 гг., 1979-2002 гг., 1979-2012 гг. и 1900-2002 гг. (таблица 1). По прогнозным расчётам очередная фаза активизации сейсмических процессов ожидается в 2014-2015 гг., когда могут произойти землетрясения с $K_m = 13.9-15.6$ (7-8 баллов), а вторая фаза – в 2018-2020 гг. (рисунок 8, таблица 1).

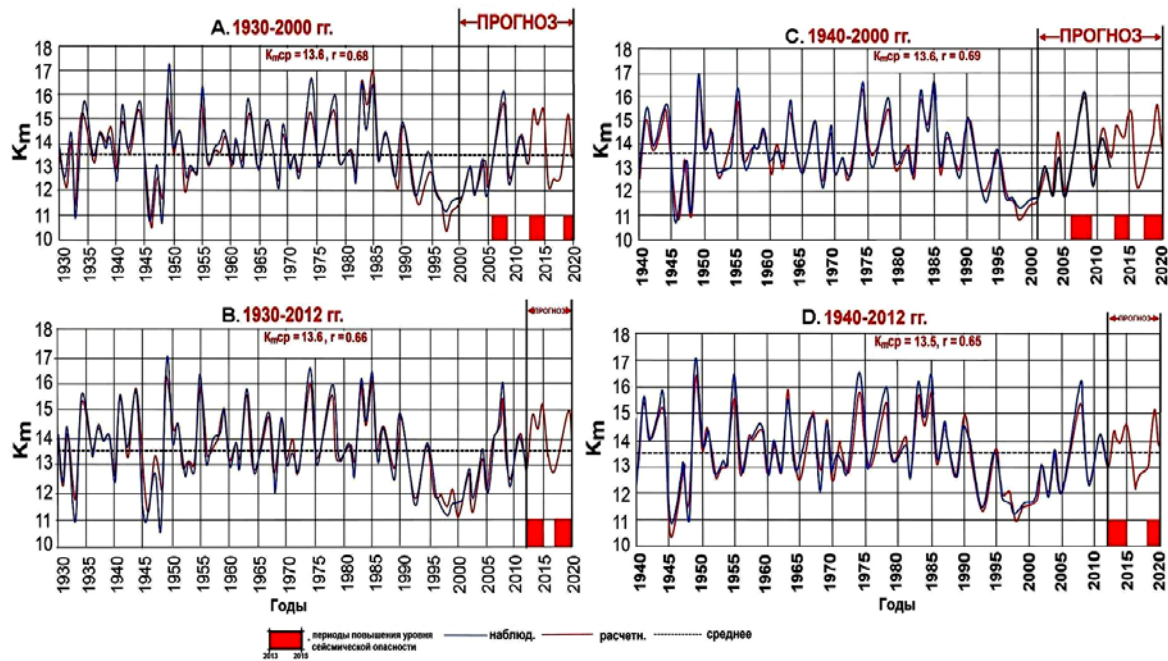


Рисунок 8. Графики изменения наблюдаемых и расчётных значений максимальных годовых энергетических классов землетрясений (K_m) для региона Алай-Кашгар. Для расчётов K_m взяты интервалы: А – 1930-2000 гг., В – 1930-2012 гг., С – 1940-2000 гг., D - 1940-2012 гг. При расчётах использовались гармоники: А – 3-13, 18, 25, 32, 43, 71; В - 3-12, 15, 18, 26, 33, 43, 83; С – 3-12, 14-17, 26, 58; D - 3-17, 27, 65. r - коэффициент корреляции; $K_{m\text{ср}}$ – среднемноголетние значения.

Таблица 1.

Сравнение инструментальных и прогнозных K_m за различные периоды времени и прогноз K_m на 2014-2020 гг. для региона Алай-Кашгар

Годы	K_m набл.	Прогнозные (расчётные) K_m за различные интервалы времени (годы)									
		1930-1993	1930-2000	1930-2012	1940-1993	1940-2000	1940-2012	1976-2012	1979-2002	1979-2012	1980-2002
2005	11.9	12.0	12.4	12.0	12.2	11.9	12.1	12.5	12.4	12.5	12.2
2006	13.7	13.5	13.7	13.9	13.6	13.6	13.8	13.6	14.1	13.7	13.7
2007	14.8	14.8	14.6	14.4	14.7	14.5	14.2	15.1	14.9	15.2	14.5
2008	16	15.7	15.5	15.3	15.4	15.9	15.3	15.8	15.4	16.2	15.1
2009	12.3	13.0	12.5	12.6	12.9	12.5	12.4	12.6	12.3	12.8	12.9
2010	13.5	13.5	13.9	13.8	13.7	13.8	13.8	13.6	13.7	13.7	13.9
2011	14.2	14.3	14.2	14.0	14.4	14.5	14.0	14.1	13.9	14.6	14.3
2012	13	13.1	13.0	12.8	13.0	13.4	13.0	13.3	12.9	13.1	13.1
2013	13.2	15.3	15.2	14.7	14.8	14.7	14.2	14.6	13.5	13.8	13.6
2014		15.0	14.8	14.5	14.3	14.3	13.9	15.6	13.9	14.5	13.9
2015		15.4	15.3	15.0	15.4	15.4	14.5	14.6	14.9	14.2	14.6
2016		12.0	12.3	12.9	11.8	12.1	12.2	13.6	12.3	13.3	11.9
2017		12.0	12.5	12.9	12.7	13.0	12.8	13.5	11.8	12.7	11.7
2018		12.4	12.8	13.4	12.8	13.2	12.9	14.0		13.2	
2019		14.6	15.0	15.1	15.4	15.5	15.1	15.2		14.4	
2020		13.2	13.4	13.8	13.6	13.7	13.9	14.9		14.2	

Таким образом, исходя из выше изложенного, следует, что с определённой степенью достоверности можно спрогнозировать периоды повышения уровня сейсмической опасности как на глобальном, так и региональном уровнях.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что по временным рядам M_w землетрясений Земного шара можно выполнять удовлетворительные прогнозы на предстоящие 10-12 лет, при этом глобальная активизация сейсмичности коррелируется с региональной и локальной фазой повышения уровня сейсмической опасности. Предполагается, что начавшаяся в 2001 г. фаза активизации сейсмических процессов на Земном шаре, вероятно, закончится в 2015-2016 гг., а новая фаза может начаться в 2019 г. и закончиться в 2024-2025 гг.
2. Активизация сейсмических процессов ожидается: в пределах региона Талас-Чу в 2012-2016 гг., 2019-2022 гг. (с $K_R = 12-13$) и 2026-2028 гг. (с $K_R = 13-14$); в пределах региона Иссык-Куль в 2014-2016, 2018-2020, 2022-2024 и 2026-2027 годах (с $K_R = 12-16$); в пределах зоны Южно-Ферганского разлома в 2015-2016 гг., 2019-2023 гг. и 2025-2027 гг. (с $K_R = 13-14$); в пределах региона Алай-Кашгар в 2013-2015 гг. с последующим снижением сейсмической опасности в 2016-2018 гг. и новым подъёмом в 2019 г. до $K_R = 15.0$.

Литература

1. Беньофф Г. Накопление и высвобождение деформаций по наблюдениям сильных землетрясений. // Слабые землетрясения, Москва: Изд.ин. лит., 1961, с.199-210.
2. Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. Алматы: Эверо, 2004, 504 с.
3. Мамыров Э., Маханькова В.А., Эрнесова Н. Главные периоды изменения сейсмического режима Тянь-Шаня // Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана. Баку: НАН Азербайджана, 2012, с.307-313.
4. Моги К. Предсказание землетрясений. Москва: Мир, 1988, 382с.
5. Фридман А.М., Брагин В.Д. О связи глобальной и локальной сейсмической активности. // Физика Земли, 2005. №9, с.54-57.
6. Чипизубов А.В. Реконструкция и прогноз изменений сейсмичности Земли. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2008, 240с.
7. Alborella N.N., Mucciarelli M., Mantovani E. Use of non – parametric correlation test the study of seismic interrelations. // Geophys. J., 1989, 96.1, pp.185-188.
8. Bath U. Correlation between regional and global seismic activity // Tectonophysics, 1984, 109, N 1-2, pp.187-194.
9. Кропоткин П.Н. Люстих А.Е. Сезонная периодичность землетрясений. // ДАН СССР, 1974, т. 217,5, с.1061-1064.
10. Любушин А.А., Писаренко В.Ф., Ружич В.В., Буддо В.Ю. Выделение периодичностей в сейсмическом режиме. // Физика Земли, 1998, №1, с.62-76.
11. Соболев Г.А. Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. Москва: Наука, 2003, 270 с.
12. Мамыров Э., Маханькова В.А. Квазипериодичность проявления слабых и сильных землетрясений Тянь-Шаня // Сейсмопрогностические наблюдения на территории Азербайджана. Баку: Нафта пресс, 2012, с.296-306.
13. Мамыров Э. Землетрясения Тянь-Шаня: магнитуда, сейсмический момент и энергетический класс. Бишкек: ИНСАНАТ 2012, 234с.
14. Джанузаков К.Д., Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов Б.И., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 2003, 216 с.

15. Розова Е.А., Грин В.П. Расположение эпицентров землетрясений, происшедших на территории Киргизии. Фрунзе: изд-во АН Кирг. ССР, 1955, 40с.
16. Чедия О.К., Джанузаков К.Д., Нурманбетов К.И. и др. Сейсмогенные зоны //В кн.: Современная геодинамика Тянь-Шаня. Москва: Наука, 1991, с.169-179.
17. Абдрахматов К.Е., Томпсон С., Уилдон Р. Активная тектоника Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 2007, 72 с.
18. Аки К., Ричардс П.Г. Количественная сейсмология /пер. с англ., Москва: Мир, т.1-2, 1983, 880с.
19. Лемзин И.Н. Разломы Кыргызской части Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 2005, 60с.
20. Юдахин Ф.Н. Геофизические поля, глубинные строения и сейсмичность Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1983, 246.
21. Мамыров Э., Маханькова В.А. Анализ квазипериодичности проявления слабых сильных землетрясений Тянь-Шаня //Наука и новые технологии, №2, 2010, с. 66-78.

Рецензент: д. ф.м. н. В.Н. Погребной.