

УДК 550.34

Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Сабирова Г.А.
*Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан*

СЕЙСМИЧНОСТЬ И РАЙОНЫ ОЖИДАЕМЫХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ БАТКЕНСКОЙ ОБЛАСТИ КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация. В статье проведено исследование сейсмичности, связанное с выделением районов ожидаемых сильных землетрясений на территории Баткенской области и прилегающих районов. Анализ пространственно-временного распределения сильных землетрясений различного энергетического класса сделан на основе каталога землетрясений Кыргызстана и Центрально-Азиатского региона. Выявлены основные свойства сейсмического режима. Распознавание районов ожидаемых сильных землетрясений основано на изучении особенностей пространственно-временного распределения эпицентров, глубин и механизма очагов землетрясений. Предложена карта районов ожидаемых сильных землетрясений для территории Баткенской области Кыргызстана.

Ключевые слова: землетрясение, эпицентр, магнитуда, сейсмический режим, глубина гипоцентра, механизм очага.

КЫРГЫЗСТАНДЫН БАТКЕН ОБЛАСТЫНДАГЫ СЕЙСМИКАЛЫК ЖАНА ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨР БОЛУУЧУ АЙМАКТАРЫ

Кыскача мазмуну. Макалада Баткен облусунун жана ага чектеш райондордун аймагы боюнча катуу жер титирөөлөр күтүлүүчү райондорду бөлүп берүүгө байланыштуу сейсмикалуулук боюнча изилдөө жүргүзүлгөн. Ар кандай энергетикалык класстагы күчтүү жер титирөөлөрдүн мейкиндик-убакыттык бөлүштүрүлүшүнө талдоо жүргүзүү Кыргызстандын жана Борбордук Азия региондорунун жер титирөөлөр каталогунун негизинде жүргүзүлдү. Сейсмикалык режимдин негизги касиеттери аныкталды. Күтүлүп жаткан күчтүү жер титирөөлөрдүн аймактарын таануу эпицентрлердин мейкиндик-убакыттык бөлүштүрүлүшүнүн өзгөчөлүктөрүн, жер титирөөлөрдүн тереңдигин жана очокторунун механизмдин изилдөөгө негизделген. Кыргызстандын Баткен облусунун аймагы үчүн катуу жер титирөөлөр күтүлүп жаткан райондордун картасы сунушталды.

Негизги сөздөр: жер титирөө, эпиборбор, магнитуда, сейсмикалык режим, гипоборбордун тереңдиги, очоктун механизми.

SEISMICITY AND AREAS OF EXPECTED STRONG EARTHQUAKES IN THE BATKEN REGION OF KYRGYZSTAN

Annotation. The article presents a study of seismicity associated with the allocation of areas of expected strong earthquakes on the territory of the Batken region and adjacent areas. The analysis of the spatio-temporal distribution of strong earthquakes of various energy classes is based on the earthquake's catalogue of Kyrgyzstan and the Central Asian region. The main properties of the seismic regime are revealed. The recognition of areas of expected strong earthquakes is based on the study of the features of the spatial and temporal distribution of epicenters, depths and the mechanism of earthquake foci. A map of the areas of expected strong earthquakes for the territory of the Batken region of Kyrgyzstan is proposed.

Keywords: earthquake, epicenter, magnitude, seismic regime, hypocenter depth, focal mechanism.

Введение

Баткенская область - одна из густонаселённых областей Кыргызской Республики, территория которой расположена на стыке трёх государств: Кыргызстана, Узбекистана и Таджикистана. В состав Баткенской области входят три района: Лейлекский, центр района г. Исфана (ныне г. Раззаков), Баткенский район – г. Баткен и Кадамжайский район – г. Кадамжай. Столица Баткенской области - г. Баткен (рисунок 1). Общая численность населения Баткенской области 558 тысяч 652 человека по данным Национального статистического комитета Кыргызской Республики по состоянию на 1 ноября 2020 года.



Рисунок 1. Карта-схема административной территории Баткенской области (Лейлекский, Баткенский и Кадамжайский районы).

Территория Баткенской области и прилегающие районы подвержены неоднократно сильным землетрясениям. Максимальная интенсивность сейсмических сотрясений в эпицентральной области Исфара-Баткенского землетрясения ($K_R=15.5$; $M=6.4$) 1977 года достигла до 8-9 баллов по шкале MSK-64 [1]. Разрушены дома, дороги и другие объекты, имеющие важное народно-хозяйственное значение. Так что проблема понимания природы сейсмичности имеет очень важное значение при разработке метода прогноза сильного землетрясения и уменьшении сейсмического риска конкретного района.

Основной целью исследования является изучение сейсмичности и распознавание вероятности возможного места возникновения сильных землетрясений Баткенской области. К основным задачам исследования можно отнести: изучение пространственно-временных особенностей распределения сильных землетрясений; выявление сейсмической брешы 1-го рода; анализ глубины залегания и механизма очагов землетрясений; анализ временного хода параметров сейсмического режима; вероятностная оценка прогноза сильных землетрясений. Для решения поставленных задач мы использовали эмпирический способ анализа сейсмичности по данным каталога землетрясений Кыргызстана и Центральной Азиатского региона.

Метод распознавания. Этот метод основан на известной теореме Байеса из теории вероятностей, которая применительно к задаче распознавания может быть сформулирована следующим образом.

Пусть сейсмические события B_1, B_2, \dots, B_n несовместны и образуют полную группу, а событие A (сильное землетрясение) может наступить при условиях появления одного из них. События B_i называют гипотезами, так как заранее неизвестно, какое из

них наступит. Вероятность события A , которое может наступить лишь при появлении одного из несовместных событий (гипотез), B_1, B_2, \dots, B_n , образующих полную группу, равна сумме произведений вероятностей каждой из гипотез на соответствующую условную вероятность события A :

$$P(A) = P(B_1) \cdot P_{B_1}(A) + P(B_2) \cdot P_{B_2}(A) + \dots + P(B_n) \cdot P_{B_n}(A), \quad (1)$$

где $P(B_1) + P(B_2) + \dots + P(B_n) = 1$. В общем случае считаются заданными условные вероятности $P(b_j/A_i)$, $i=1, 2, \dots, M$, $j=1, 2, \dots, T$; требуется определить вероятность $P(A_i/b_j)$.

По теореме умножения вероятностей

$$P(b_j A_i) = P(b_j) P(A_i/b_j) = P(A_i) P(b_j/A_i), \quad (2)$$

Отбрасывая левую часть (2), получим:

$$P(A_i/b_j) = \frac{P(A_i) P(b_j/A_i)}{P(b_j)}. \quad (3)$$

Наконец, выразим вероятность $P(b_j)$ с помощью формулы для полной вероятности. Для этого заметим, что гипотезы-образы несовместны, т.е. они не могут появиться совместно (считается, что может появиться только один раз). С другой стороны, событие-объект b_j может появиться только совместно с одним образом A_i :

$$b_j = A_1 b_j + A_2 b_j + \dots + A_M b_j \quad (4)$$

Так как события A_i несовместны, то события $A_i b_j$ тоже несовместны, поэтому

$$P(b_j) = \sum_{i=1}^M P(A_i) P(b_j/A_i). \quad (5)$$

Эта формула выражает вероятность появления j -го объекта через априорные вероятности появления образцов $P(A_i)$ и условные вероятности появления j -го объекта при условии появления i -го образа.

Подставляя (5) в (3), получаем:

$$P(A_i/b_j) = \frac{P(A_i) P(b_j/A_i)}{\sum_{i=1}^M P(A_i) P(b_j/A_i)}. \quad (6)$$

Формулы (3) и (6) называются формулами Байеса. Эти формулы имеют очень важное применение в теории распознавания образов.

Первая попытка по использованию теории распознавания мест возможного возникновения сильных землетрясений была сделана в работе В.И. Кейлис-Борока с соавторами [2] для Памира и Тянь-Шаньского региона. Полученные результаты сводятся к следующему: эпицентры всех 22 известных сильных землетрясений ($M > 6.5$) исследуемого региона лежат в 16 крупных дизъюнктивных узлах с активными новейшими движениями. Делается предположение, что и в дальнейшем сильные землетрясения будут возникать только в таких узлах. С помощью программы распознавания выделяются среди остальных 25 узлов этого региона 6 новых узлов, где также возможны сильные землетрясения. В качестве исходных данных авторами использованы геоморфологическое описание узлов, как они сложились к настоящему геологическому времени, а также гравитационные аномалии и толщина земной коры. Надёжность результатов была проверена на примере данных произошедших исторических землетрясений. Исключение составило произошедшее Суусамырское землетрясение ($M=7.3$), 1992 г., эпицентр которого оказался вне выделенного дизъюнктивного узла на Тянь-Шане. Это, по-видимому, связано с необходимостью использования данных не только исторических землетрясений, но и есть возможность использования современных представительных землетрясений инструментального периода времени. В нашем случае основной акцент делается на детальное изучение сейсмической активности за последние 93 года (1929-2022 гг.). Рассматриваются такие фундаментально-прикладные вопросы, связанные с выявлением сейсмических брешей,

а также предсейсмические, косейсмические и постсейсмические процессы, как в районе очага сильных землетрясений, так и исследуемой области в целом.

В работе [2] использован этот метод, проведены расчёты и предложено, что в дальнейшем сильные землетрясения должны происходить в дизъюнктивных узлах, которые найдены в пределах территории Тянь-Шаня. В качестве дополнения и уточнения вместо дизъюнктивных узлов, мы используем сейсмические бреши 1-го рода. В связи с этим алгоритм распознавания мест возможного возникновения сильных землетрясений выражается следующим образом: 1) изучить распределения эпицентров сильных землетрясений; 2) выявить сейсмические бреши 1-го рода; 3) определить сейсмические подвижки в очагах землетрясений (механизм очага) и сопоставить их с тектоническим движением по разлому; 4) показать потенциальные места ожидаемых сильных землетрясений в виде карты-схемы для исследуемой территории.

Сильные землетрясения - события редкие в статистическом смысле. Известно, что распределение независимых редких событий во времени стремится к распределению Пуассона. Распределение Пуассона можно использовать для вычисления вероятности возникновения сильных землетрясений:

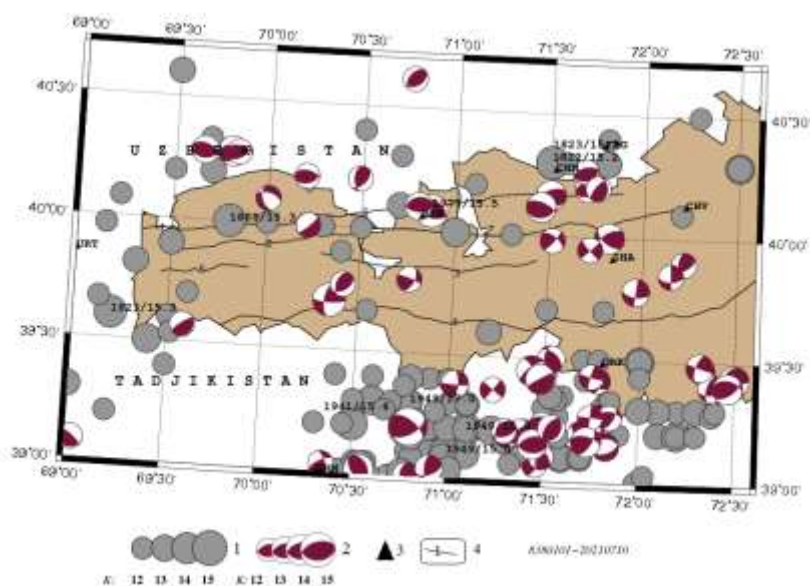
$$P(n) = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}, \quad (7)$$

где $P(n)$ - вероятность того, что n сильных землетрясений произойдут в течение данной единицы времени; λ - среднее число сильных землетрясений в единицу времени. Параметр λ зависит от региона и уровня магнитуды (энергетического класса) или интенсивности, выбранного для решения конкретной задачи.

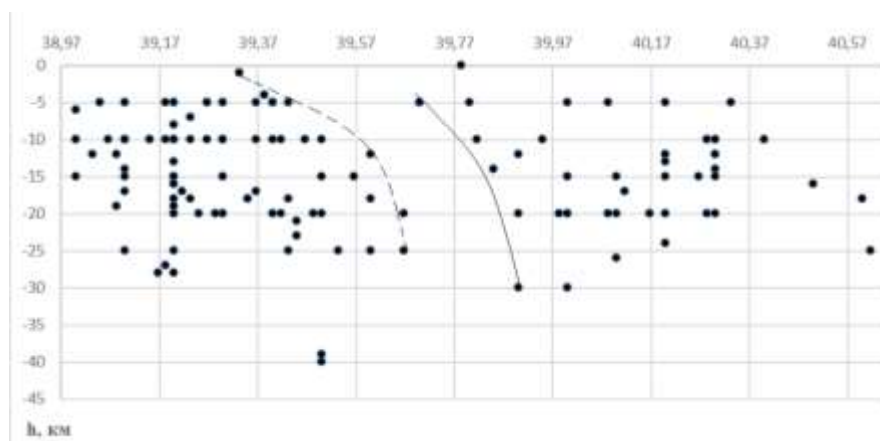
Пространственно-временное распределение очагов сильных землетрясений

На рисунке 2 представлено распределение эпицентров и механизмов очагов сильных землетрясений, а также линии разломов по территории Баткенской области за период исторического времени по 2022 г. Эпицентры наиболее сильных землетрясений с $K_R \geq 14.0$ выделены светлыми (красными) кружочками. Нанесены также эпицентры 94 сильных ($K_R \geq 12.0$) землетрясений с глубинами очагов от 5 до 30 км за весь период сейсмических наблюдений (рисунок 2 (б)). То есть всё то, что имеется в каталоге сильных землетрясений. В определённых местах мы наблюдаем отсутствие эпицентров, т.е. характеризуется низким уровнем сейсмической активности. Область, в которой сейсмичность ниже, чем в окружающих её частях, как выше было отмечено, называют областью сейсмической бреши. Эпицентры сильных землетрясений, в основном, приурочены к линии разломов Южно-Ферганской флексурно-разрывной зоны. Одним из критериев того, что возникновению сильных землетрясений предшествуют сейсмические бреши, является проявление Исфара-Баткенского землетрясения 1977 г. Основная масса эпицентров землетрясений приурочена к 40-й параллели исследуемой области. В районе Сулюктинского разлома произошло Баткенское землетрясение ($K_R=15.5$) 1977 года, а также землетрясения 1822 г. ($K_R=15.2$); 1923 г. ($K_R=15.3$); 1888 г. ($K_R=15.3$) и др. Высокий уровень плотности эпицентров мы наблюдаем на юге от сейсмической станции Дараут-Курган (DRK). Здесь эпицентр Хаитского землетрясения ($K_R=17.0$) 1949 г. и другие ощутимые и сильные землетрясения.

Отметим, что на юге Баткенской области проходит продолжение Дарваз-Каракульской сейсмоактивной зоны, имеющей более высокую плотность эпицентров сейсмических событий. Очаги рассматриваемых нами землетрясений в основном приурочены к Сулюктинским, Катранским и другим разломам (рисунок 2). Сейсмические подвижки в очагах сильных землетрясений имеют «взбросовые» и «взбросо-сдвиговые» типы деформации.



(a)

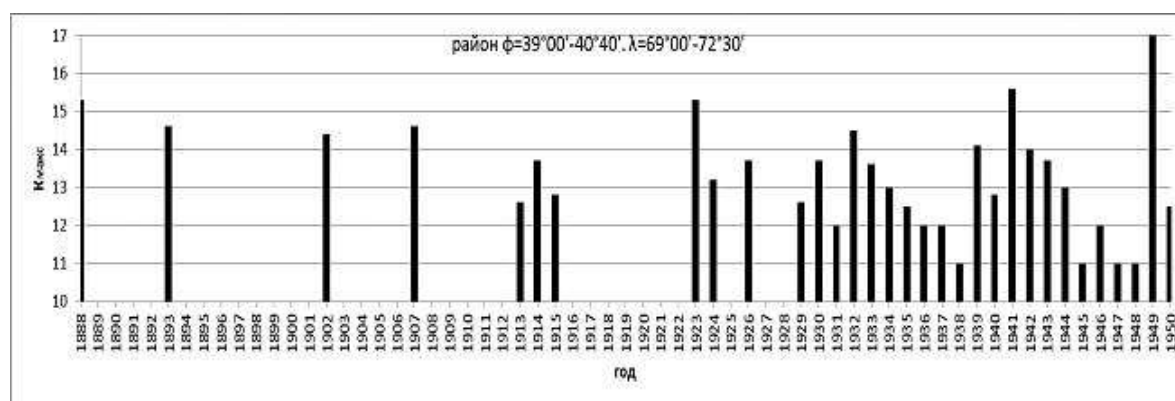


(б)

Рисунок 2. (а). Распределение эпицентров и механизмов очагов сильных землетрясений по территории Баткенской области за исторический период наблюдения и по 2022 г. 1- эпицентры, 2- диаграмма механизмов очагов землетрясений, 3- сейсмическая станция, 4- линии разлома; (б) распределение гипоцентров землетрясений по глубинам.

В подавляющем большинстве случаев гипоцентры расположены в диапазоне глубин от 5 до 30 км, в отдельных случаях до 40 км. Исходя из этого, толщина сейсмоактивного слоя земной коры равна 25-30 км.

Распределение сильных землетрясений во времени показано на рисунке 3. Возникновение ощутимых и сильных землетрясений в течение 134 лет (1888 – 2022 гг.) имело волнообразный характер. Выделить определённую периодичность проявления сильных землетрясений практически не удалось. В то же время можно увидеть вариации уровня сейсмической активности перед сильным событием. Все-таки на графике (см. рисунок 3) можно заметить, что для подготовки сильного землетрясения необходимо определённое время.



продолжение

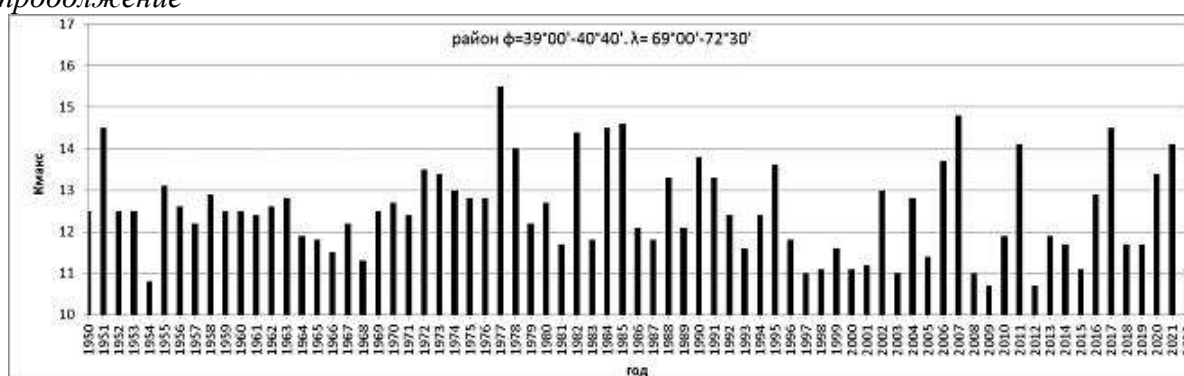


Рисунок 3. Распределение сильных землетрясений во времени (за период с 1888 по 2022 г.).

Сильные землетрясения были зафиксированы по данным макросейсмических наблюдений, что и мы наблюдаем на графике (см. рисунок 3) за период с 1888 г. по 1929 г.

Изменение количества сейсмических событий и годовой максимальной энергетической класс ощутимых и сильных землетрясений во времени показаны на рисунке 4.

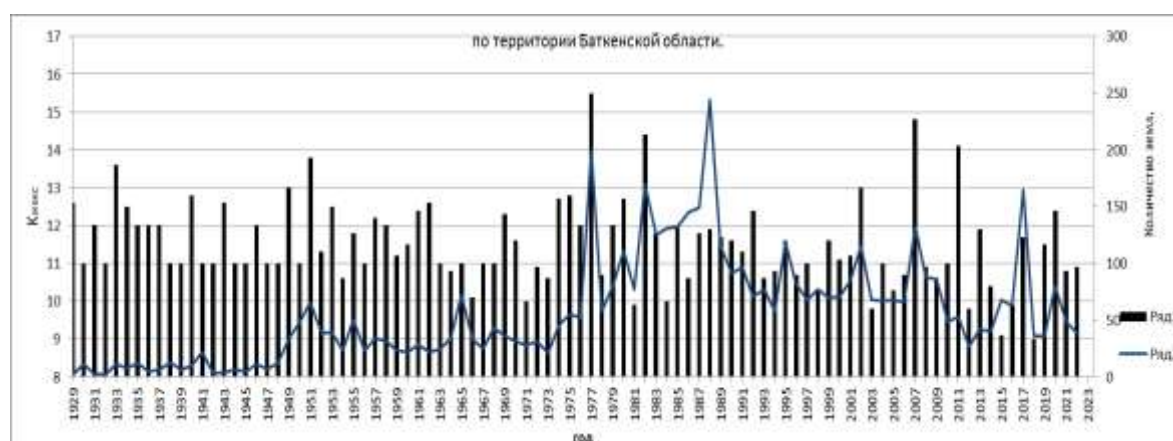


Рисунок 4. Вариация количества землетрясений (ряд 2) и максимальный энергетический класс ощутимых и сильных землетрясений (ряд 1) за инструментальный период времени (1929-2022 гг.).

Из рисунка 4 видно, что уровень графика (ряд 2) до 1977 г. был низким, потому что здесь не было близких сейсмических станций. После открытия сейсмической

станции «Баткен» резко поднялся уровень количества землетрясений. Сделать определённые выводы о закономерности проявления сильных землетрясений за инструментальный период времени (ряд 1) очень трудно. Некоторые результаты ретроспективного анализа подготовки сильного Исфара-Баткенского землетрясения ($K_R=15.5$) 1977 года приведены ниже.

Область подготовки очага Исфара-Баткенского землетрясения ($K_R=15.5$; $M=6.4$) 1977 года. Уровень сейсмической активности в 1977 году в Баткенской области и прилегающих районов достиг до 200 землетрясений с $K_R = 7.0-15.0$, включая Исфара-Баткенское ($K_R = 15.5$), Хадарканское ($K_R = 13.9$) и др. Исфара-Баткенское землетрясение 1977 г., считается одним из сильнейших на территории Юго-Западного Тянь-Шаня. Его эпицентр находился в г. Баткен. Некоторые результаты изучения механизма очага главного толчка и его афтершоков, а также макросейсмического обследования последствий этого землетрясения проведено одним из авторов данной статьи [3, 4, 5]. В очаге главного толчка Исфара-Баткенского землетрясения ($K_R = 15.5$) 1977 г. произошла «взбросо-сдвиговая» деформация при напряжённом состоянии близгоризонтального, близмеридионального сжатия и близвертикального растяжения. После землетрясения сейсмическими станциями региона зарегистрировано большое количество повторных толчков. Механизм очага главного толчка и 41 афтершоков определены в работе [3, 5] по знакам первых вступлений Р-волн для 72 сейсмических станций. Из них, 76% станций зарегистрировали волны сжатия и 24% - волны разряжения. Результаты макросейсмического обследования последствий землетрясения приведены в [4], в его эпицентре сейсмическое сотрясение достигало до 7-8 баллов по шкале MSK-64.

Чтобы выяснить вопросы, связанные с предсейсмическими, косейсмическими и постсейсмическими процессами, мы проводили ретроспективный анализ пространственно-временного распределения эпицентров на территории Баткенской области. К анализу были привлечены землетрясения с $K_R \geq 7.0$, произошедшие за период с 1929 г. по 2022 г. Практически нами построены ежегодные карты эпицентров землетрясений и проведён анализ динамики сейсмической активности до-, во время и после Исфара-Баткенского землетрясения 1977 г. Оказалось, что предсейсмический процесс Исфара-Баткенского землетрясения 1977 г. характеризуется существованием двухгодичного сейсмического затишья в течение 1975 г. и 1976 г. Область сейсмической брешы 1-го рода, предшествующая возникновению Исфара-Баткенского землетрясения 1977 года представлена на рисунке 5. Эллипсообразная геометрическая фигура, обведённая линией зелёного цвета, наглядно показывает область сейсмической брешы первого рода. Она формируется, начиная с 1975 года и по 31 января 1977 г., в этот день случилось сильное землетрясение. Направление большой оси эллипса совпадает с 40-й параллелью северной широты. Центр эллипса примерно совпадает с пересечением 40-й параллели с 71-м меридианом восточной долготы. Отметим, что внутри области сейсмического затишья практически землетрясения не наблюдались. Ещё один не маловажный момент: эпицентры землетрясений с $K_R = 7.0-12.0$ в 1975 г. и 1976 г. постепенно перемещаются в правую сторону от 71-го меридиана исследуемой территории, а левая часть от 71-го меридиана характеризуется слабой сейсмической активностью. Такое перемещение сейсмической активности вдоль 40-й параллели и 71-го меридиана, по - видимому, даёт информацию о существовании какой-то своеобразной тектонической структуры, влияющей на развитие локальных геодинамических процессов.

Большая ось эллипса направлена в субширотном направлении, вдоль 40-й параллели. Её длина составляет порядка 100 км, малая ось примерно 50 км. Соответственно площадь области сейсмического затишья равна $s = \pi(l/2)(w/2)$. При $l=100$ км, $w=50$ км площадь равна 3925 км^2 .

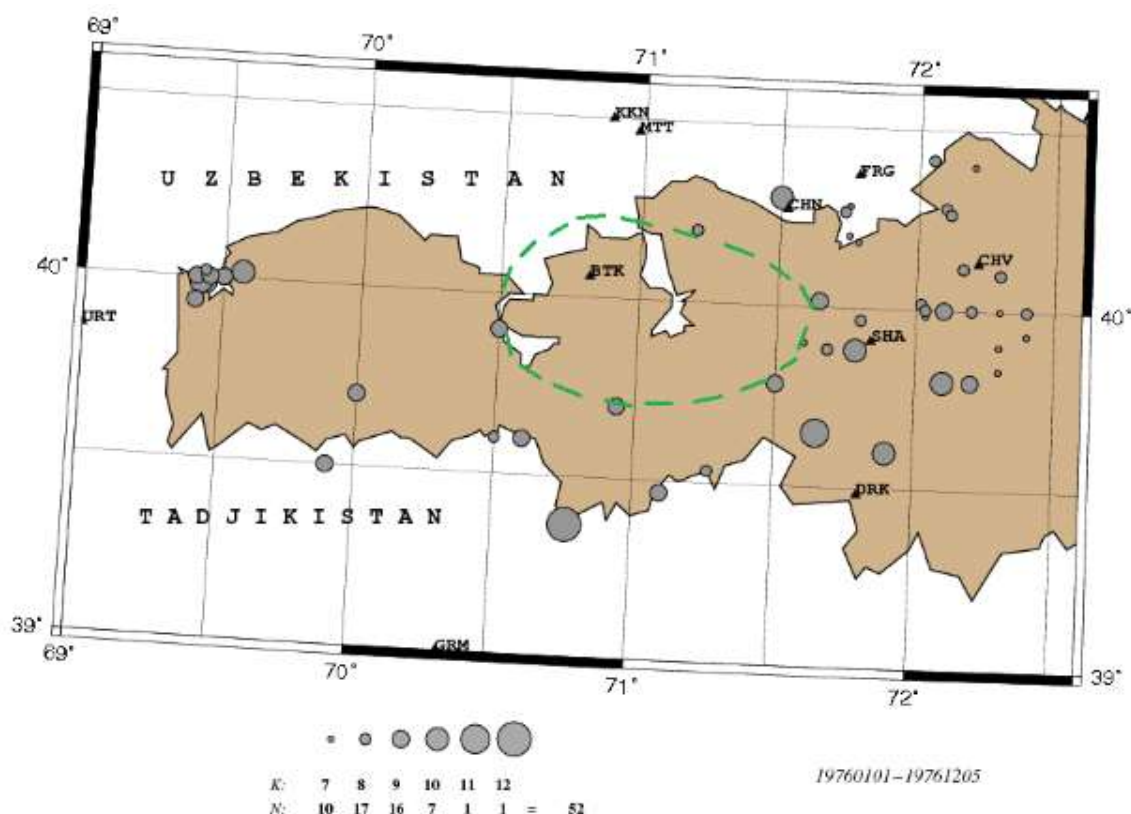


Рисунок 5. Область сейсмического затишья Исфара-Баткенского землетрясения ($K_R=15.5$) 1977 года (эллипс зелёного цвета).

Отметим, что в 1976 году произошли по территории Баткенской области всего лишь 52 землетрясения с $K_R = 7.0-12.0$. Пунктирная линия проведена именно по эпицентрам этих слабых землетрясений (см. рисунок 5). В пределах области сейсмического затишья в 1976 г. произошло всего лишь 10 землетрясений с $K_R = 7.0-12.0$. Наблюдается, что сейсмический процесс в рассматриваемой территории перемещается в западную сторону области. В 1977 г. во время сильного землетрясения количество событий резко увеличилось за счет осуществления афтершокового процесса.

Развитие сейсмического процесса в связи с возникновением Исфара-Баткенского землетрясения 1977 г. можно увидеть на ежегодных картах эпицентров землетрясений за 1974-1977 гг. Сейсмический процесс развивается неравномерно, перед Исфара-Баткенским землетрясением 1977 г., мы наблюдаем сейсмическое затишье 1-го рода, после него (1978-1979 гг.) происходит восстановление сейсмического фона.

Таким образом, предсейсмический процесс Исфара-Баткенского землетрясения 1977 года характеризуется наличием области сейсмического затишья (рисунок 5). Оно формировалось в течение более двух лет до возникновения сильного землетрясения. Косейсмические процессы этого землетрясения связаны с фор- и афтершоковой деятельностью сильного землетрясения. Постсейсмический процесс Исфара-Баткенского землетрясения 1977 г. определяется долговременной средней характеристикой сейсмического режима. Мы наблюдаем, что после сильных землетрясений в 1977 г. через 1-2 года восстановлен прежний сейсмический фон.

Изучение миграции эпицентров землетрясений показало, что очаги сильных землетрясений, в основном, приурочены к известным Сулюктинским, Катранским и другим разломам (рисунок 2). Мы наблюдаем, что направление миграции очагов сильных землетрясений ($K_R \geq 15$) имеет близширотную ориентацию. Этому свидетельствует, что землетрясение ($K_R = 15.2$) 1822 г., эпицентр которого расположен

на северо-востоке, в районе сейсмической станции Чимган (CHN) мигрирует на запад со скоростью 2.30 км/год (землетрясений ($K_R = 15.3$) 1888 г., эпицентр которого находится на территории Лейлекского района). Затем произошло землетрясение 1923 г. ($K_R = 15.3$), его эпицентр расположен в районе сейсмической станции Ура-Тюбе (URT), скорость миграции составила 2.0 км/год. Последнее землетрясение ($K_R = 15.5$) 1977 г. произошло в г. Баткен, эпицентр которого двигался со скоростью 2.77 км/год.

Сейсмические бреши 1-го рода. В работе К.Моги [6] было отмечено, что «при подготовке сильнейших землетрясений напряжение в коре постепенно возрастает на большой площади, деформация накапливается до определённого предела, после чего происходит разрыв, а напряжение и деформация высвобождаются сразу и полностью, те районы, где длительное время сильные землетрясения не отмечались, можно рассматривать как возможные места будущих крупных толчков». Следовательно, распределение в пространстве эпицентров сильных землетрясений содержит информации о формировании сейсмической бреши 1-го рода. Сейсмические бреши образуются на базе сравнительно сильного землетрясения с энергетическим классом 12 и более ($K_R \geq 12.0$). Если наблюдаются сейсмические затишья на карте эпицентров слабых ($K_R < 12.0$) землетрясений, то они называются «сейсмическими брешиами 2-го рода».

На рисунке 6 выделены четыре района сейсмических брешей 1-го рода как места возможного возникновения сильных ($K_R \geq 12.0$) землетрясений на исследуемой территории. Эти районы заштрихованы и обозначены под №1, №2, №3 и №4. Они расположены в северной части исследуемой области, т.е. в пределах Южно-Ферганской флексурно-разрывной зоны. По этим местам проходят линии Сулюктинского, Катранского и других разломов. Механизмы очагов землетрясений показывают «сдвиго-надвиговые» тектонические подвижки по разломам, что хорошо согласуется с представлением о современном тектоническом движении в Южно-Ферганской зоне [5]. По нашему мнению, выделенные места возможного возникновения сильных землетрясений на территории Баткенской области на основе изучения сейсмического режима и механизмов очагов землетрясений, а также линий разломов, простирающихся в субширотном направлении, могут считаться одним из методов прогноза места возможного возникновения сильного землетрясения.

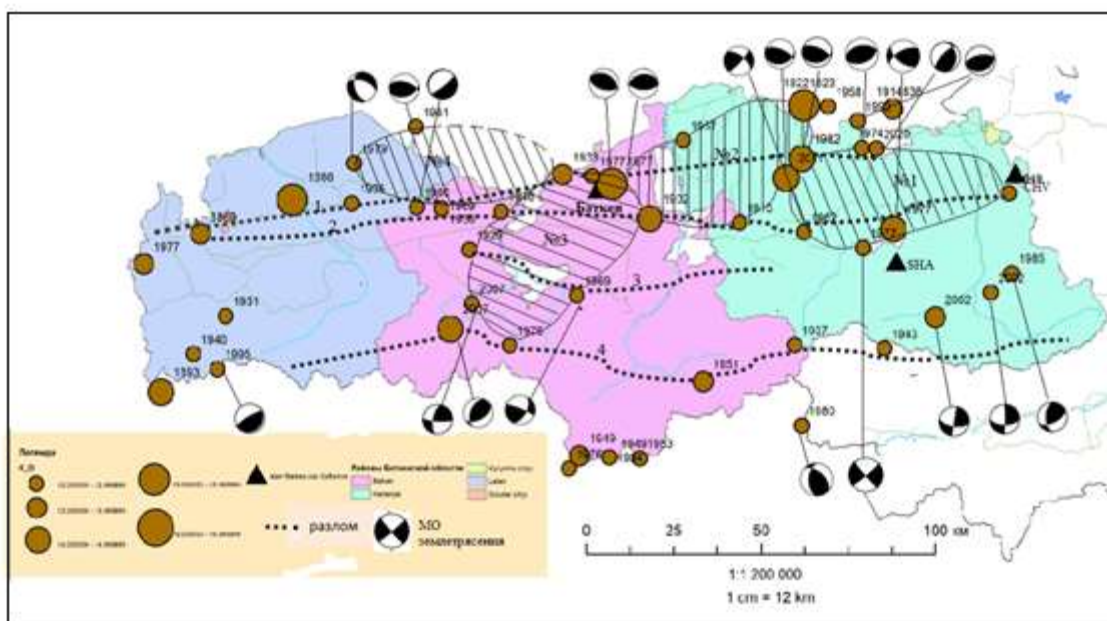


Рисунок 6. Карта-схема районов ожидаемых сильных землетрясений Баткенской области.

Таким образом, чтобы оценить вероятность проявления сильных землетрясений в пределах выделенных нами сейсмических брешей, надо посчитать сколько произошло сильных ($K_R \geq 15.0$) землетрясений. На территории Баткенской области произошло пять сильных ($K_R \geq 15.0$) землетрясений: в 1822 г., 1823 г., 1888 г., 1923 г. и 1977 г. за период сейсмических наблюдений, 1822-1977 гг. (155 лет). Первые два произошли в одном и том же месте, эпицентры других сильных (максимальных) землетрясений находятся на расстоянии. Другими словами, если пять сильных землетрясений с энергетическим классом 15 и более произошли в районе исследования за 155 лет, то вероятность одного сильного землетрясения в десять 10 лет можно вычислить по формуле (7). Итак, вероятность одного сильного землетрясения на территории Баткенской области за последние десять лет (2023-2033 гг.) составляет $P(1)=0.23$. Такую оценку можно считать в первом приближении, но она полезна также для прогноза сейсмического риска.

Заключение

На основе проведённых сейсмологических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Исследование сейсмичности Баткенской области проведено на основе анализа особенностей пространственно-временного распределения эпицентров, глубин залегания и механизмов очагов, миграции и временного хода возникновения сильных землетрясений.

- Очаги сильных ($K_R \geq 12.0$) землетрясений распределены в пространстве неравномерно, они приурочены, в основном, к Сулюктинскому, Катранскому и другим разломам (рисунок 2), простирающимся в субширотном направлении. Гипоцентры сильных землетрясений, в основном, расположены на глубинах от 5 до 30 км. Следовательно, толщина сейсмоактивного слоя земной коры равна 25-30 км.

- В очагах исследованных землетрясений доминируют надвиговые и взбросо-сдвиговые типы подвижек при горизонтальном сжатии и вертикальном растяжении.

- Определены миграции очагов сильных землетрясений: направление миграции - с востока на запад и обратно (рисунок 2). Скорость миграции составляет порядка 2км/год.

- Возникновение сильных землетрясений во времени имеет волнообразный характер (рисунки 3 и 4). Сказать об определённой их периодичности пока ещё сложно.

2. Сейсмические бреши 1-го рода выделены в четырёх местах на рассматриваемой области, что означает отсутствие землетрясений в них в течение рассматриваемого диапазона времени и могут предшествовать возникновению сильных землетрясений. Вероятность возникновения одного сильного землетрясения на исследуемой территории за последние 10 лет (2023-2033 гг.) составляет $P(1)=0.23$.

3. Предложена карта-схема районов ожидаемых сильных землетрясений (рисунок б) для дальнейшего использования при разработке метода прогноза землетрясений и оценке сейсмической опасности Кыргызстана и его сейсмоактивных областей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джанузаков К.Д., Мирзобаев Х.М., Касымов С.М., Муралиев А.М. и др. Исфара-Баткенское землетрясение 31 января 1977 г. // Землетрясения в СССР в 1977г. М.: Наука, 1981. с. 41-47.
2. Гельфанд И.М., Губерман Ш.А., Избекова М.П., Кейлис-Борок В.И., Ранцман Е.Я. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. I. Памир и Тянь-Шань // Сборник «Вычислительные и статистические методы интерпретации сейсмических данных». (Вычислительная сейсмология. Вып.6). М., «Наука», 1973. С. 107-133.

3. Муралиев А.М. Положение плоскости разрыва в очагах Исфара-Баткенского и Хайдаркенского землетрясений//Геофизические исследования сейсмогенных зон Киргизии. Фрунзе: Илим.1983. с.143-150.
4. Джанузаков К.Д., Мирзобаев Х.М., Касымов С.М., Муралиев А.М. и др. Исфара-Баткенское землетрясение 31 января 1977 г.// Землетрясения в СССР в 1977 г. М.: Наука, 1981. с.41-47.
5. Муралиев А.М. Сейсмичность и сеймотектоническая деформация Юго-Западной Киргизии и сопредельных территории. Бишкек, Илим. 105 с.
6. Моги К. Предсказание землетрясений. Москва «Мир».1988. с 68-74.

Рецензент: д. г.-м. н. Кендирбаева Дж.Ж.