

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СИЛОВЫЕ ПОЛЯ СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНОВ

Предложены основы метода расчета энергетических и силовых полей сейсмоактивных районов. Обсуждены перспективы такого подхода.

Основой количественной оценки сейсмической опасности и среднесрочного прогноза являются параметры сейсмического режима: сейсмическая активность A_{10} , тангенс угла наклона линейного участка графика повторяемости землетрясений ϱ , энергетический класс ($K = \lg E$, где E – сейсмическая энергия в Дж) максимального возможного землетрясения [1].

В целях прогноза землетрясений используется тенденция уменьшения параметра ϱ перед сильными землетрясениями. Эта тенденция поведения ϱ выявлена на практике достаточно четко. Кроме того, ϱ выражает собственную структуру сейсмичности, что обуславливает необходимость детального картирования параметра ϱ .

Известно, что в широком диапазоне изменения энергетических классов график повторяемости землетрясений нелинеен. В работах [2, 3] установлена аналитическая связь между энергией максимального возможного землетрясения E_{\max} и параметром q , характеризующим нелинейность графика повторяемости землетрясений и учитывающим энергетическую особенность сейсмоактивного района

$$E_{\max} = C \cdot \theta; \quad C = \left(\frac{1 - \beta_*}{\alpha_*} \right)^{1/\alpha_*}, \quad (1)$$

где α_* , β_* – параметры коровой сейсмичности. По уточненным данным параметры коровой сейсмичности для Северного Тянь – Шаня составляют: $\beta_* = 0,3667$, $\alpha_* = 0,0867$. Там же показано, что энергетика любого сейсмоактивного района автомодельна и пропорциональна энергетическому параметру q , установлена связь между сильной и слабой сейсмичностью.

В настоящей работе вместо традиционного картирования A_{10} и ϱ , предлагается картировать параметры q и $\sqrt[10]{\theta}$, которые пропорциональны реальным энергетическим и силовым полям и наиболее полно отражают информацию обо всем спектре землетрясений.

Картирование параметра q

Энергия как сильного, так и максимального возможного землетрясений, а также суммарная энергия, которую может аккумулировать в себе

сейсмоактивный район и реализовать в виде землетрясений, пропорциональны q [2, 3]. Характеристики линейного участка графика повторяемости связаны с q соотношением

$$\lg \theta = \bar{k} - \frac{1}{\alpha_*} \lg \left(\frac{\gamma - \beta_*}{\alpha_*} \right), \quad (2)$$

где \bar{k} – среднее значение диапазона линейного участка графика повторяемости [2]. Заметное смещение \bar{k} в сторону высоких энергий и уменьшение g перед сильными землетрясениями, часто наблюдаемое на практике, отражено в зависимости (2), что соответствует увеличению q , и наоборот. Поэтому вся информация о параметрах A_{10} , g , K_{max} заключена в параметре q . Кроме того, в нем явно заложена информация о сильных землетрясениях, получение которой через параметры линейного участка графика повторяемости затруднительно. Следовательно, параметр q – наиболее информативный параметр сейсмического режима. Отсюда следует практическая целесообразность картирования именно поля параметра q , наиболее полно отражающего сейсмичность данного региона во всем спектре землетрясений. Подобное картирование позволяет

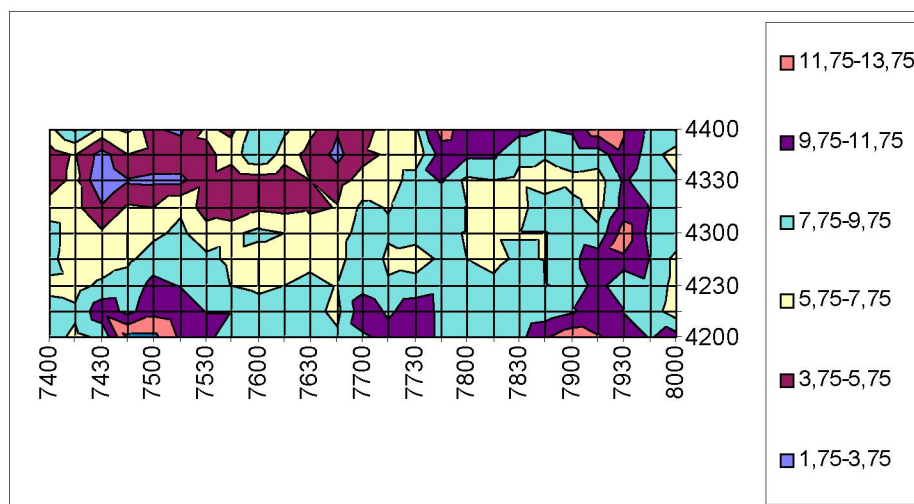
выделить зоны повышенной концентрации сейсмической энергии, т.е. наиболее сейсмоопасные зоны.

Первые расчеты поля параметра q показали существование небольшого числа точек выбросов параметра q , которые можно подавить срезкой или усреднением с использованием значений q в соседних узлах сетки. Поэтому задача получения значимых несмещенных оценок параметра q во всем спектре землетрясений является непростой задачей статистики. Она требует детального исследования и обоснования, поскольку затрагивает вопросы малых и средних статистических выборок.

В настоящем исследовании поле параметра q рассчитывалось по формуле (2) на основе каталога землетрясений Северного Тянь-Шаня с 1962 по 31.07.2006 г., предоставленного СОМЭ МОН РК. Расчеты параметра велись для площадок $1^\circ \times 1^\circ$, которые перемещались в поле эпицентров землетрясений от $41^\circ 30' \text{ до } 44^\circ 30' \text{ с. ш.}$ и от $73^\circ 30' \text{ до } 80^\circ 30' \text{ в. д.}$ с шагом 15 мин по долготе и широте.

На рис. 1 представлено поле параметра $U = \lg q$. Преимущество картирования параметра q заключается в том, что оно отражает рас-

Рис. 1. Поле параметра $U = \lg q$ (1962–2006 гг.)



пределение сейсмической энергии в пространстве, а потому имеет наглядный физический смысл. К зонам повышенных значений U или повышенных градиентов U приурочены все наиболее сильные землетрясения нашего региона. Следует отметить, что границы разнородных по U блоков носят субмеридиональный характер. Это находится в согласии с распределением парамет-

ра g для этого же района [4], но в поле функции U блоки и их границы выражены более четко.

Силовое сейсмическое поле

Карта параметра q , т.е. распределение сейсмической энергии по пространству, дает возможность построить и проанализировать силовое сейсмическое поле.

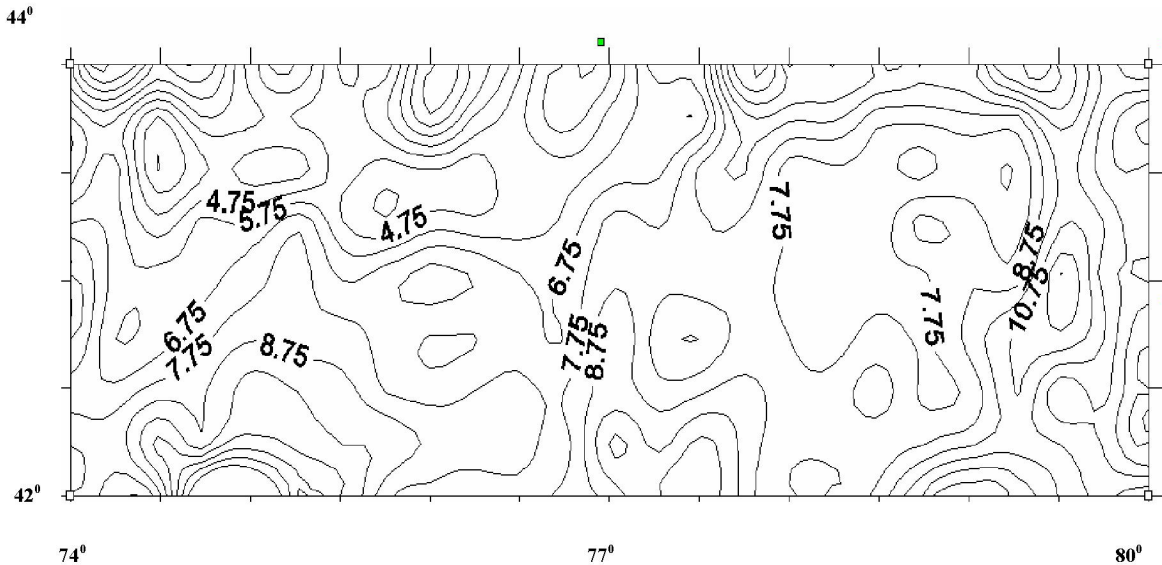
Принимая в первом приближении коэффициенты пропорциональности между E и q равными по величине в каждой точке рассматриваемого района, путем численного дифференцирования энергии по пространственным координатам получим поле силовых характеристик, пропорциональных реальным силам. Действительно, так как θ имеет размерность энергии, то пространственные градиенты $\nabla \theta = \frac{\partial \theta}{\partial x} i + \frac{\partial \theta}{\partial y} j$ (i, j – единичные орты по осям Ox и Oy соответственно) есть силы. Поскольку q пропорционально E , то градиенты q прямо пропорциональны реальным силам. Они ортогональны линиям уровня $q(x, y) = \text{const}$ и направлены из областей повышенных значений q в области пониженных значений, т.е. области, на границе которых все градиенты направлены во внутрь, являются областями сжатия, и наоборот. Поэтому, построив силовое сейсмическое поле (поле градиентов q), можно определить области растяжения-сжатия. Вытянутые зоны, в которых с разных сторон и в про-

тивоположных направлениях «сходятся» градиенты q , представляют собой зоны концентрации касательных сил, формирующих основной механизм разрушения горных пород.

Прежде чем перейти к численному дифференцированию, которое является некорректной операцией [5], необходимо провести сглаживание поля q . На рис. 2 представлено сглаженное поле параметра $U = \lg q$, полученное из расчетных значений q на основе аппроксимации и интерполяции сплайнами с минимальной кривизной. Размер сетки аппроксимации и интерполяции по долготе составил 100 интервалов, по широте – 34 интервала. Выбор функции U в качестве базовой обусловлен большим (несколько порядков) разбросом значений q . Заметим, что пространственные градиенты U и q связаны соотношением

$$\nabla U = \frac{\nabla \theta}{\theta \ln 10}, \quad (20)$$

т.е. между ними существует прямая пропорциональность.



4.75, ..., 10.75 – линии уровня

Рис. 2. Сглаженное поле параметра U

На рис. 3 представлено силовое сейсмическое поле параметра U . Отчетливо просматриваются области сжатия и растяжения, а также протяженные субмеридиональные узкие полосы концентрации касательных сил. Зоны сжатия занимают меньшую площадь, чем зоны растяжения. Это свидетельствует о том, что зоны растя-

жения аккумулировали значительно большую энергию, чем зоны сжатия. Юго-восток территории представлен хаотично расположенными разномасштабными зонами как растяжения, так и сжатия. Вся система чередования зон растяжения и сжатия, видимо, и генерирует сильные землетрясения, эпицентры которых приурочены к этой

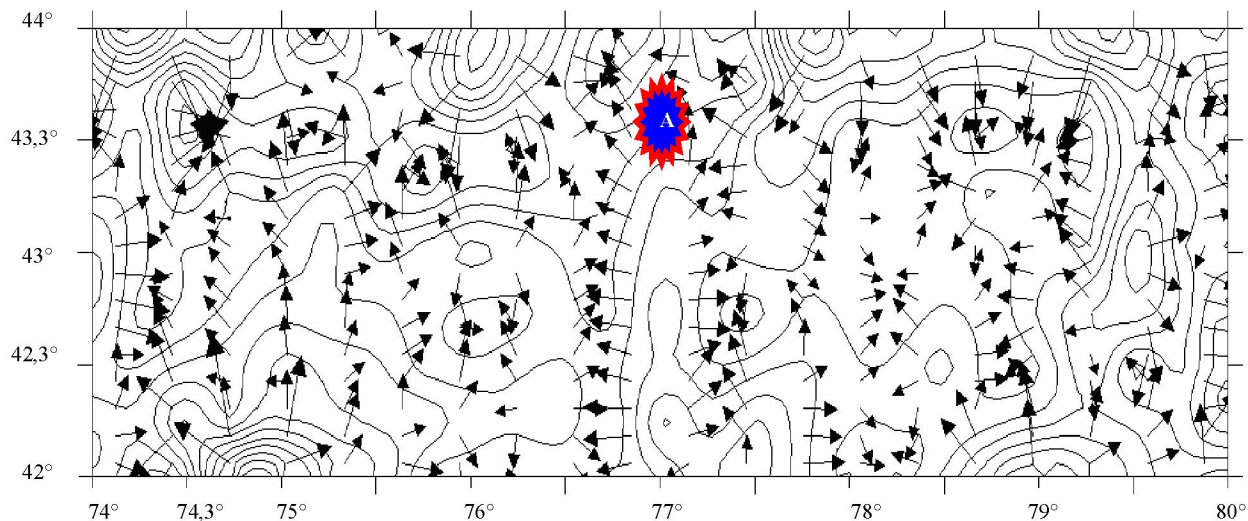


Рис. 3. Силовое сейсмическое поле

области.

В центральной части исследуемой территории отчетливо выделяется зона растяжения, простирающаяся с юга на север. Субмеридиональные границы этой зоны представляют собой протяженные узкие полосы повышенной концентрации касательных сил. Поэтому даже удаленное сильное землетрясение может вызвать в данной зоне значительные разрушения. Город Алматы расположен именно в этой зоне!

Отметим, что дальнейшее развитие такого подхода предполагает усовершенствование методик статистической оценки параметра q , его аппроксимации и численного дифференцирования, построения детализированных силовых полей, получения количественной оценки напряженно-деформируемого состояния региона, что позволит дать научно обоснованный прогноз будущих землетрясений в пространстве и времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. 307 с.
2. Рамазанова М.А. Исследование параметров сейсмического режима с целью оценки сейсмической опасности (на примере Северного Тянь-Шаня): Автореф. дис. ... к. ф.-м. н. М., 1993. 15 с.
3. Рамазанова М.А. Оценка энергии максимального возможного землетрясения // Поиск. 2005. № 4. С. 267-271.
4. Рамазанова М.А. Некоторые особенности пространственно-временного распределения параметра σ для Северного Тянь-Шаня // Вестник АН Каз ССР. 1988. № 6. С. 64-68.
5. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.: Наука, 1989. 430 с.

Резюме

Сейсмоактивті аудандардың энергетикалық және күш өрістерін есептеудің негізгі әдістері ұсынылды. Осы әдісті келешекте қолданылу талқыланды.

Summary

The principles of method calculation of energetic and force fields for seismic region were suggested. Perspectives of this method were discussed.

НПК «Прогноз» ГУ Казселсазита
МЧС РК
14.03.07г.

Поступила