

УДК 550.34+539.3+551.24 (575.2) (04)

**ПОСЛЕДНИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
О СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЯХ КОРЫ
СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ ПО ДАННЫМ KNET**

Н.А. Сычева – канд. физ.-мат. наук,

М.Л. Лепчева – магистр,

А.Д. Костюк – мл. науч. сотр.

The results of seismotectonic deformations (STD), determined on the base of focal mechanisms data of more than 700 weak seismic events occurred in 1999–2006 at studied territory of North Tien-Shan have been represented.

В настоящее время анализ сейсмотектонических деформаций (СТД) земной коры Тянь-Шаня, и Северного Тянь-Шаня в частности, сохраняет свою актуальность, поскольку регион является зоной интенсивных современных деформаций, детальное изучение которых служит основой оценки природных и техногенных опасностей, связанных с геологическими и геодинамическими процессами. Некоторые результаты для данной территории были получены в предыдущих работах [1–5]. В настоящей проводится сопоставление результатов двух методов оценки характера СТД по фокальным (очаговым) механизмам землетрясений. Один из них представляет собой процедуру статистической обработки данных по слабым умеренным событиям (методика изложена в [1, 5]), другой основан на использовании значений тензора деформаций крупных землетрясений, вычисленного с использованием инверсии волновой формы. Исходные данные представляют собой сейсмический каталог, содержащий 700 землетрясений, которые произошли в 1999–2006 гг. внутри территории, оконтуренной станциями сети KNET [2, 3].

Регистрация новых данных по фокальным механизмам очагов позволяет уточнить величину весовой функции, которая используется при определении вклада каждого решения по

фокальному механизму при вычислении матрицы среднего механизма. Подобный подход ранее использовался в [1, 5], где была определена региональная весовая функция для территории Северного Тянь-Шаня вида:

$$w = (M - M_c) / (M_{\max} - M_c) = 0.147 \cdot (M - 0.5), \quad (1)$$

где M – магнитуда сейсмического события, для которой определяется вес w ; $M_{\max} = 7.3$ – магнитуда Суусамырского землетрясения 19.08.1992 – последнего сильного землетрясения на исследуемой территории, рассматриваемого в качестве максимального события, которому приписывается единичный вес $w = 1$; $M_c = 0.5$ – некоторая условная магнитуда, при которой процесс становится хаотичным, так что событиям с $M \leq M_c$ приписывается нулевой вес $w = 0$. Для оценки параметров весовой функции проводились расчеты упорядоченности фокальных механизмов в различных диапазонах магнитуд. Оказалось, что упорядоченность примерно линейно уменьшается в сторону слабых магнитуд, что в итоге и дало возможность определить магнитуду M_c (рис. 1).

Полученная зависимость K_M от магнитуды M удовлетворительно аппроксимируется

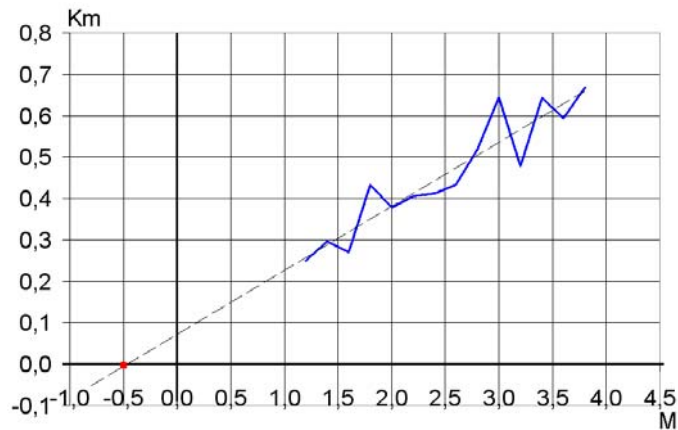


Рис. 1. Зависимость K_M от магнитуды.

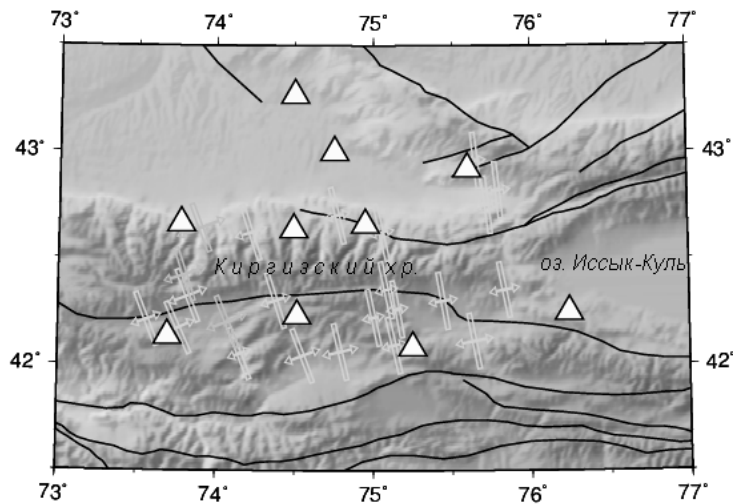


Рис. 2. Карта СТД.

прямой линией, продолжение которой в область отрицательных магнитуд пересекает ось абсцисс в точке $M_c = -0.5$. С учетом полученных значений можно найти параметры линейной весовой функции $w = w(M)$, которые в соответствии с предложенным подходом определяются двумя точками: $w(-0.5) = 0$ и $w(7.3) = 1$. Отсюда следует, что

$$w = (M + 0.5) / 7.8 = 0.128 \cdot (M + 0.5). \quad (2)$$

Уточнение весовой функции является важным результатом. В работе [5] было проведено исследование влияния вида весовой функции на результаты расчета матрицы среднего механизма и отмечено, что при использо-

вании статистического метода использования многочисленных землетрясений слабой силы важно использовать наиболее уточненную региональную функцию.

Для расчета сейсмотектонических деформаций успешно была использована программа, разработанная на ИС РАН. В основу этой программы были положены алгоритмы, реализованные в авторской программе по расчету СТД С.Л. Юнга, которая работала в консольном режиме. Преимуществом этой программы является возможность не только рассчитывать, но и визуализировать полученные результаты. При этом можно осуществлять выбор различных параметров расчета, в том числе и вид весовой функции.

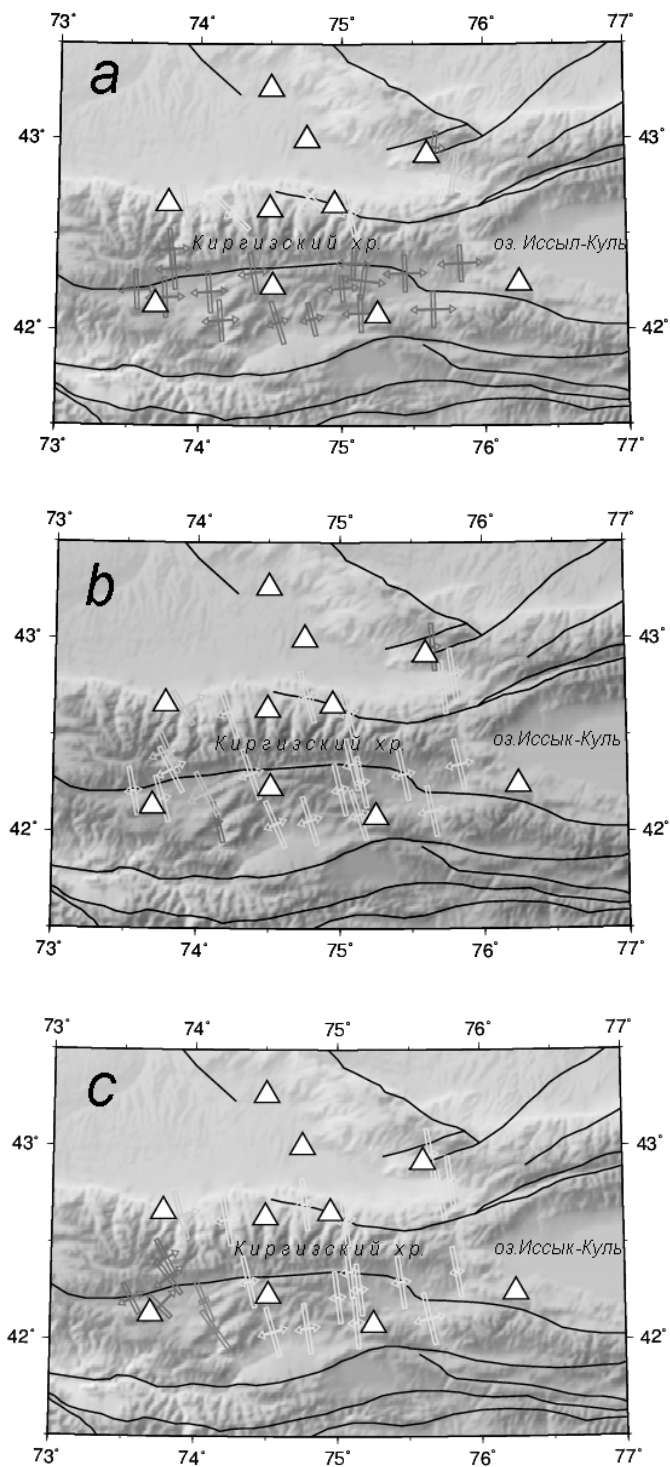


Рис. 3. Карты STD для разных глубин; а – 0–5 км; б – 5–15 км; с > 15 км.

Результаты, полученные данной программой, позволили отметить, что основная часть исследуемой территории характеризуется деформацией сжатия и ось сжатия при этом имеет северо-северо-западную ориентацию, а ось растяжения – восточно-северо-восточную (рис. 2). Выделены два типа режимов для исследуемой территории: сдвиговый (Strike-slip fault) и транспрессии (transpression).

При исследовании СТД в зависимости от глубины отмечено, что для приповерхностного слоя (0–5 км) свойственен режим косого сдвига (oblique – по схеме классификации режимов). Сейсмогенерирующий слой (5–15 км) характеризуется в основном режимом транспрессии (transpression) с небольшой сдвиговой составляющей (рис. 3).

За последние 3 года на исследуемой территории в восточной части Северного Тянь-Шаня произошли 3 сейсмических события среднего класса (рис. 4): 16.01.2004 ($M_w = 4.8$), 11.08.2006 ($M_w = 4.8$) и 25.12.2006 ($M_w = 5.8$). Наиболее значительным из них является событие с $M_w = 5.8$, эпицентр которого расположен в северо-западном окончании хребта Терской-Алатау, в 25 км от с. Кочкорка. Эпицентры двух других землетрясений лежат на северном склоне Киргизского хребта, к западу от р. Шамси.

Некоторые характеристики и решения фокальных механизмов этих землетрясений приведены в таблице. Как видно из таблицы, ре-

шения, полученные программой Y. Yagi “Moment tensor solution”, и решения из СМТ каталога в целом согласуются. Расхождение касается только глубины, на которой произошли эти события. Согласно первому источнику землетрясения произошли на глубине 12–14 км, однако по данным СМТ каталога, на глубине более 18 км. Поскольку ошибка по глубине может составлять минимум 5 км, можно считать, что все три землетрясения произошли в сейсмогенерирующем слое, который для Северного Тянь-Шаня расположен на глубине 5–15 км.

Согласно решениям механизмов очагов этих землетрясений, ось сжатия имеет северо-северо-западное направление по программе “Moment tensor solution” [6, 7] и, по данным СМТ каталога, – северное и северо-северо-западное направление, что согласуется с направлением оси сжатия, полученным статистическим методом – на основе расчета СТД по данным слабой сейсмичности. Отмечено, что все три землетрясения произошли в зоне, которая по данным СТД характеризуется минимальным значением угла напряженно-деформированного состояния. Энергия этих землетрясений $E = 7.47 \cdot 10^{14}$ превышает энергию всех землетрясений $E = 2.65 \cdot 10^{14}$, которые произошли на территории Бишкекского геодинамического полигона за 1994–2006 гг.

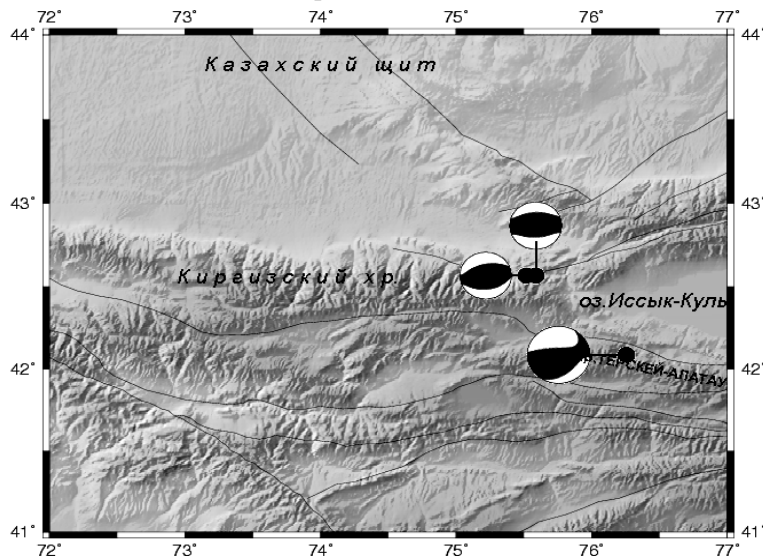
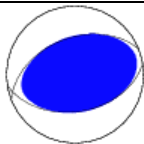
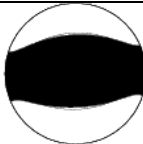
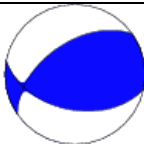
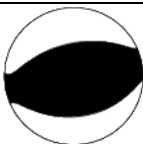




Рис. 4. Механизмы очагов землетрясений 2004–2006 гг. с $K > 13$.

Решение фокальных механизмов по программе Y. Yagi и каталога СМТ

Характеристики по Y. Yagi	Решение с помощью программы Y. Yagi	Решение СМТ	Характеристики по СМТ
<i>16 января 2004 г.</i>			
<i>Широта: 42.55</i> <i>Долгота: 75.30</i> <i>Глубина: 12.8</i> <i>Магнитуда:</i>			<i>Широта: 42.65</i> <i>Долгота: 75.39</i> <i>Глубина: 30.2</i> <i>Магнитуда (Mw): 4.8</i>
<i>11 ноября 2006 г.</i>			
<i>Широта: 42.57</i> <i>Долгота: 75.36</i> <i>Глубина: 14</i> <i>Магнитуда:</i>			<i>Широта: 42.65</i> <i>Долгота: 75.32</i> <i>Глубина: 23.8</i> <i>Магнитуда (Mw): 4.8</i>
<i>25 декабря 2006 г.</i>			
<i>Широта: 42.23</i> <i>Долгота: 76.08</i> <i>Глубина: 11.6</i> <i>Магнитуда:</i>			<i>Широта: 42.17</i> <i>Долгота: 76.06</i> <i>Глубина: 18.8</i> <i>Магнитуда (Mw): 5.8</i>

В работе представлены последние результаты по СТД, полученные на базе 700 сейсмических событий, произошедших за последнее время на территории Бишкекского геодинимического полигона. Новые результаты согласуются с ранее сделанным выводом относительно того, что основная часть исследуемой территории характеризуется деформацией сжатия и ось сжатия при этом имеет северо-северо-западную ориентацию, а ось растяжения – восточно-северо-восточную.

Авторы выражают признательность С.Л. Юнга, без сотрудничества с которым данная работа не могла бы быть выполнена.

Настоящее исследование осуществлено частично благодаря проекту по Программе №15 фундаментальных исследований Президиума РАН “Разработка фундаментальных основ создания научной распределенной информационно-вычислительной среды на основе технологий GRID”.

Литература

1. Сычева Н.А., Юнга С.Л., Богомолов Л.М., Мухамедеева В.А. Сейсмотектонические деформации земной коры Северного Тянь-Шаня (по данным определений механизмов очагов

землетрясений на базе цифровой сейсмической сети KNET) // Физика Земли. – 2005. – №11. – С. 62–78.

2. Сычева Н.А., Аладьев А.В., Богомолов Л.М., Гайдук Т.Л. Физические и геомеханические аспекты распределений фокальных параметров очагов землетрясений KNET // Вестн. КРСУ. – 2004. – Т. 4. – №6. – С. 103–110.
3. Сычева Н.А. Использование информационно-вычислительных технологий в изучении фокальных механизмов очагов по данным сети KNET // Вестн. КРСУ. – 2004 – №8. – С. 22–27.
4. Костюк А.Д., Yagi Y., Zubovitch A.B. Распределение сейсмичности и фокальные механизмы событий в пределах сейсмосети KNET // Вестник КРСУ. – 2006. – Т. 6. – №3. – С. 55–70.
5. Лепечева М.Л., Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Юнга С.Л. Устойчивость алгоритма расчета сейсмотектонической деформации среднего механизма // Вестн. КРСУ. – 2006. – Т. 6. – №3. – С. 71–78.
6. Modern Global Seismology // International Geophysics Series. – 1995. – V. 58. Ed. By T. Lay, T.C. Wallace. – San Diego: Academic Press. – 521 p.
7. Yagi Y. Determination of focal mechanism by moment tensor inversion. Tsukuba: IISSE Lecture Note. – 2004. – 51 p.