

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТАЛАССО-ФЕРГАНСКОЙ РАЗЛОМНОЙ ЗОНЫ ПО ДАННЫМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С $M < 5$

Проанализированы пространственно-временные изменения параметров слабой сейсмичности в районе Талассо-Ферганского разлома на Тянь-Шане за 1962-1995 гг. Показана неоднородность характеристик сейсмического процесса в различных сегментах разлома. Выделены относительно подвижные участки в окрестности разлома с точки зрения миграции энергии слабых сейсмических событий. Проведено сопоставление полученных результатов с новыми моделями строения верхней части литосферы по Р волнам по методу сейсмической томографии.

**Ключевые слова:** сейсмичность; сейсмическая томография; пространственно-временные изменения.

**Введение.** Талассо-Ферганский разлом представляют собой одну из важнейших структурных единиц Средней Азии. Он является границей между каледонским Северным и герцинским Центральным Тянь-Шанем. Талассо-Ферганский разлом разделяет также зоны, различные в сейсмическом отношении: Северо-Тяньшанская зона характеризуется сильными землетрясениями, возникающими на фоне относительно низкой общей сейсмической активности, в то время как Центральной части Южно-Тянь-Шанской зоны свойственна относительно высокая фоновая сейсмическая активность. Большинство главных разломов Тянь-Шаня, расположенных вдоль горных хребтов, являются сейсмически активными. Отмечено, что Талассо-Ферганский разлом отличается от других тем, что его центральный сегмент проявляет значительно большую сейсмическую активность по сравнению с периферийными участками. Несмотря на большое количество исследований в различных областях геофизики, проведенных в последние годы в районе Талассо-Ферганского разлома, природа сейсмической активности в окрестностях разлома до конца не выяснена

В данной работе методика изучения деформационного процесса с использованием данных о пространственно-временных вариациях энергетических характеристик слабых землетрясений [Невский и др., 1991] применена к анализу данных, собранных в детальных каталогах сейсмических событий на территории, примыкающей к Талассо-Ферганскому разлому на Тянь-Шане. Выполнен совместный анализ сейсмотомографических моделей скоростей Р волн [Усольцева, 2004] и вариаций энергетических характеристик слабых землетрясений.

**Характеристика данных.** Для изучения эффектов проявления фоновой сейсмичности по данным каталогов отобраны сведения о координатах эпицентров очагов и энергетическом классе  $K = \lg E$  землетрясений в окрестности Талассо-Ферганского разлома. В качестве начальной базовой информации мы использовали каталог сейсмических событий по Центральной Азии с 1962 по 2000, за исключением событий

1993-1995 гг., собранный в Геофизической Службе РАН, г. Обнинск, на основании материалов по землетрясениям Центральной Азии из различных источников [Фонды ГС РАН]. В данном каталоге число событий с  $K \leq 12$  в центральной части Талассо-Ферганского разлома составило около 750.

Каталог сейсмических событий в полосе в полосе  $\pm 100$  км вдоль Талассо-Ферганского разлома по данным киргизских коллег содержит сведения об очагах землетрясений с  $K > 6$ . Число зарегистрированных событий с  $K < 12$  в интересующем нас центральном сегменте разлома составляет более 7000, что позволяет с большим основанием проводить статистическую обработку данных.

Для построения сейсмотомографических моделей мы использовали данные времен пробега Р волн от землетрясений, произошедших в районе  $69^{\circ}$ - $80^{\circ}$  в.д.,  $39^{\circ}$ - $44^{\circ}$  с.ш. и зарегистрированных аналоговыми (166 станций) и цифровыми (28 станций) станциями [Усольцева, 2004]. Использовались данные из Бюллетеня Опытнометодической экспедиции Киргизского института сейсмологии НАН, Центра сбора данных широкополосных станций (США, Сан Диего) и Международного сейсмологического центра [Усольцева, 2004]. Собрана информация о 688 землетрясениях, зарегистрированных в 1958 - 2000 годах.

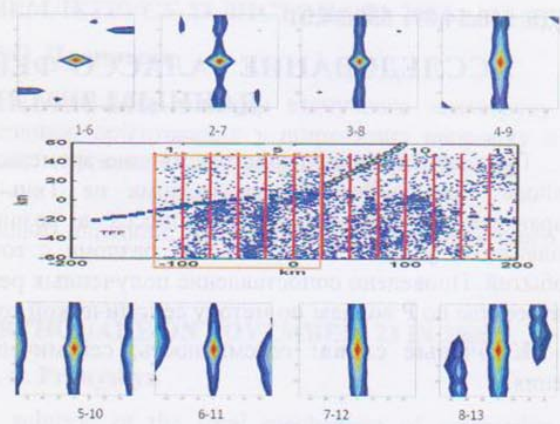
**Метод исследования параметров слабой сейсмичности.** При анализе данных каталогов слабых землетрясений близ Талассо-Ферганского разлома применена методика, предложенная М.В.Невским с соавторами для описания связи сейсмического процесса и волн деформации на примере активного разлома Сан-Андреас в Калифорнии [Невский и др., 1991]. В основе подхода лежит процедура пространственно-временного корреляционного анализа временных рядов сейсмической энергии, подробно описанная в работе [Невский и др., 1989].

В локальной декартовой системе координат с центром в точке  $41.67^{\circ}$  с.ш.,  $73.0^{\circ}$  в.д., повернутой против часовой стрелки на  $35$  град, для каждого каталога независимо выполнена оценка числа землетрясений, общего количества выделенной

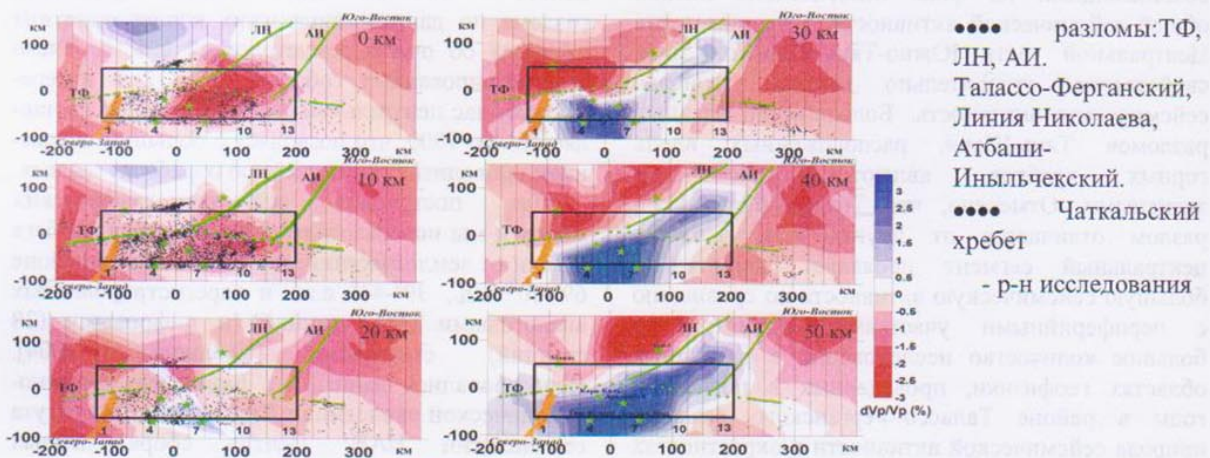
энергии, а также среднего потока выделяющейся сейсмической энергии в пространственных ячейках  $25 \times 100 \text{ км}^2$ , расположенных вдоль линии прогибания разлома на базе расстояний  $R_m = 250 \text{ км}$ .

Для каждой ячейки построены временные ряды выделенной сейсмической энергии. Временной интервал для осреднения выбран  $dt = 900$  дней, что соответствует приблизительно 2,5 годам наблюдений  $M=13$  и охватывает весь период наблюдений с 1962 г по 1995 г. Построены зависимости от времени для числа землетрясений в ячейке, а также для количества совокупной выделенной энергии. Изменение положения центра масс эпицентров землетрясений в отдельных ячейках, произошедшее за указанный временной интервал, рассчитано аналогично работе [Невский и др., 1994].

Построены карты пространственно-временной корреляционной функции процесса выделения сейсмической энергии, рассчитанные в скользящем окне для сегментов, состоящих из последовательных 6 ячеек вдоль разлома (Рис.1).



**Рис. 1.** Карты пространственно-временной корреляционной функции для выделенной сейсмической энергии, рассчитанные в скользящем окне шириной 6 последовательных ячеек вдоль Талассо-Ферганского разлома по данным киргизского каталога



**Рис. 2.** Горизонтальные сечения на различных глубинах трехмерной модели относительных невязок скоростей Р волн совместно с данными по слабой сейсмичности из киргизского каталога. На сечение  $H=0 \text{ км}$  наложены землетрясения с глубиной очага  $d < 5 \text{ км}$ ,  $H=10 \text{ км}$  с  $5 \leq d < 15 \text{ км}$ ,  $H=20 \text{ км}$  с  $15 \leq d < 25$ ,  $H=30 \text{ км}$  с  $25 \leq d < 35$ ,  $H=40 \text{ км}$  с  $35 \leq d < 45 \text{ км}$ ,  $H=50 \text{ км}$  с  $45 \leq d < 55 \text{ км}$ .

Присутствие в картах дополнительных максимумов, свидетельствующих о наличии в статистическом смысле процесса миграции энергии, отмечено только в граничных северных и южных сегментах разлома. В некоторых ячейках видны значительные по амплитуде колебания координаты  $Y$  положения центра масс эпицентров “вкрест” разлома. В зоне сочленения Талассо-Ферганского разлома и Линии Николаева по нашим данным выявлен эффект миграции максимума сейсмической энергии вдоль субширотного направления предположительно со скоростью порядка  $5 \text{ км/год}$ .

**Выводы.** Мы провели сравнение пространственного расположения эпицентров слабых

землетрясений с данными по трехмерной скоростной модели для волн Р. Наиболее крупные события происходят в ослабленных районах на границах относительно высокоскоростных и низкоскоростных блоков на глубинах 20-30 км. На этих глубинах происходит существенная перестройка поля скоростей Р волн по данным сейсмотомографии (рис.2). До глубин 10-15 км в центральной части Талассо-Ферганского разлома наблюдаются относительно пониженные скорости продольных волн. Начиная с глубины 20 км, к западу от Талассо-Ферганского разлома в центральной его части начинает формироваться высокоскоростная аномалия, на больших глубинах она распространяется к востоку. В отличие от более ранних сейсмотомографических работ

[Roecker et al., 1993; Адамова, Сабитова, 2004] в нашій моделі [Усольцева, 2004] виявлен 100 кілометровий участок розлому, на протяженні якого на глибинах 30-50 км швидкість по обоє сторони розлому різко не змінюється. С півночі ця відносно високоскоростна аномальна зона закінчується схематично в районі відгалуження від ТФР Лінії Николаєва, а с юга в районі відгалуження Атбаші-Інчлікського глибинного розлому.

К западу від розлому спостерігається лінійне згущення епіцентрів в напрямку, перпендикулярному Таласо-Ферганському розлому в області примикання лінії Николаєва. В цій зоні виявлен процес направленої міграції сейсмічної енергії, супроводжується коливаючим характером положення центра мас епіцентрів слабких землетрусів

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность киргизским коллегам: А.Корженкову и Э.Мамырову (Институт сейсмологии НАН Кыргызской Республики) за любезно предоставленный каталог слабких землетрясений вдоль Таласо-Ферганского разлома, а также А.А.Маловичко и И.П.Габсатаровой (Геофизическая служба РАН, Обнинск) за помощь в подборе данных по землетрясениям Центральной Азии.

Робота виконана при підтримці гранта МНТЦ КР-1281.

#### Литература

- Адамова А.А., Т.М. Сабитова. Трехмерная скоростная модель земной коры Тянь-Шаня // Физика Земли, №5, 2004, С.58-67
- Невский М.В., Артамонов А.М., Ризниченко О.Ю. (1991). Волны деформаций и энергетика сейсмичности. ДАН, т.318, № 2, 316-320.
- Невский М.В., Артамонов А.М., Ризниченко О.Ю. (1994). Эффект удаленных взрывов в статистике землетрясений района умеренной сейсмичности// Наведенная сейсмичность. М.: Наука. С. 222.
- Невский М.В., Морозова Л.А., Фьюз Г.С. (1989). Длиннопериодные деформационные волны // Дискретные свойства геофизической среды. М.: Наука, 174 с.
- Усольцева О.А. Трехмерные скоростные модели земной коры Тянь-Шаня на основе би-сплайн параметризации и триангуляции Делоне, дисс. ...к.ф-м н., ИДГ РАН, Москва, 2004
- Roecker S.W., Sabitova T.M., Vinnik L.P., Burmakov Y.A., Golvanov M.I., Mamatkanova R., Munirova L.(1993) Tree-dimensional elastic wave velocity structure of the Western and Central Tien Shan // JGR. V.98. N.B9. P.15.779-15.795

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТАЛАСО-ФЕРГАНСЬКОЇ РОЗЛОМНОЇ ЗОНИ ЗА ДАНИМИ ЗЕМЛЕТРУСУ З $M < 5$

О.Ю. Різніченко, І.А. Саніна, О.А. Усольцева

Проаналізовано просторово-часові зміни параметрів слабкої сейсмічності в районі Таласо-Ферганського розлому на Тянь-Шані за 1962-1995 рр.. Показана неоднорідність характеристик сейсмічного процесу в різних сегментах розлому. Виділено відносно рухомі ділянки в околиці розлому з точки зору міграції енергії слабких сейсмічних подій. Проведено зіставлення одержаних результатів з новими моделями будови верхньої частини літосфери по Р хвилям за методом сейсмічної томографії.

**Ключові слова:** сейсмічність; сейсмічна томографія; просторово-часові зміни.

### TALASSO-FERGANA FAULT ZONE RESEARCHING ON THE BASE OF EARTHQUAKE DATA WITH $M < 5$

O.Y.Riznichenko, I.A.Sanina, O.A.Usoltseva

Spatial-temporal variations of weak seismicity parameters were analyzed in the region of Talasso-Fergana fault in Tien Shan on the period 1962-1995 years. Heterogeneity of seismic process characteristics was showed in different fault sections. Relatively movable areas were revealed near the fault in the sense of energy migration of weak seismic events. Obtained results were compared with new seismic tomography P velocity models for upper part of lithosphere.

**Key words:** seismicity; seismic tomography; spatial-temporal variations.

<sup>1</sup>Учреждение Институт Физики Земли РАН, г. Москва

<sup>2</sup>Учреждение Институт динамики геосфер РАН, г. Москва