

УДК.550.34; 551.1

Багманова Н.Х., Миркин Е.Л.
Институт сейсмологии НАН КР,
г. Бишкек, Кыргызстан

ОСОБЕННОСТИ СКОРОСТНОГО СТРОЕНИЯ МАНТИИ И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ОЧАГОВЫХ ЗОН СИЛЬНЫХ КОРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЯНЬ-ШАНЯ

Аннотация. Рассмотрена определяющая роль скоростных особенностей мантии в формировании очаговых зон сильных коровых землетрясений Тянь-Шаня.

Ключевые слова: скоростные неоднородности, мантия, трёхмерная скоростная модель, сильные землетрясения.

МАНТИЯНЫН ЫЛДАМДЫК ТҮЗҮЛҮШҮНҮН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ ЖАНА АЛАРДЫН ТЯНЬ-ШАНДЫН КҮЧТҮҮ КЫРТЫШ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРҮНҮН ОЧОКТОРУН КАЛЫПТАНДЫРУУДАГЫ РОЛУ

Кыскача мазмуну. Тянь-Шандын күчтүү кыртыш жер титирөөлөрүнүн очок зоналарын калыптандыруудагы мантиянын ылдамдык өзгөчөлүктөрүнүн аныктоочу ролу каралган.

Негизги сөздөр: ылдамдык бир кылка эместиктер, мантия, үч өлчөмдүү ылдамдык модели, күчтүү жер титирөөлөр.

SPECIFIC FEATURES OF THE MANTLE VELOCITY STRUCTURE AND THEIR INFLUENCE ON THE FORMATION OF FOCAL ZONES OF STRONG CRUSTAL EARTHQUAKES OF THE TIEN-SHAN

Abstract. The determining role of the mantle velocity features in the formation of focal zones of strong crustal earthquakes in the Tien Shan is considered.

Keywords: heterogeneity, mantle, three-dimentionel velocity model, strong earthquakes.

Сейсмологические данные, а именно сведения о скоростных свойствах земной коры и верхней мантии, полученные при изучении землетрясений, являются наиболее информативным источником знаний о глубинном строении литосферы. Среди сейсмологических методов приоритетными в настоящее время являются сейсмотомографические, позволяющие рассчитывать трёхмерные скоростные модели. С применением современных методов сейсмотомографии для высокосейсмичного района Кыргызстана, оснащённого густой сетью сейсмических станций, открылись возможности исследования глубинного строения литосферы для всей его территории. Задача решалась путём поэтапного построения детальных трёхмерных скоростных моделей земной коры и верхней мантии, позволяющих выявить скоростные неоднородности литосферы и проследить связи между зонами скоростных аномалий на разных глубинных уровнях и проявлениями сейсмичности.

Модель скоростного строения литосферы Тянь-Шаня (39°-43°с.ш., 69°-80° в.д.) [1], рассчитанная методом сейсмической томографии для блочной аппроксимации среды, получена в результате одновременной трёхмерной инверсии времён пробега сейсмических волн от региональных (1972 землетрясений) и телесеизмических событий (3579). Времена

вступлений сейсмических волн от региональных событий ($\Delta=0-1000$ км) привлечены для уточнения строения земной коры (до 50 км), тогда как для картирования неоднородностей строения литосферы на глубинах 60-200 км привлечены времена вступлений сейсмических волн от телесейсмических землетрясений (на расстояниях 3000-11000 км от исследуемого района). Критерии отбора данных и процедура их обработки представлены там же: для региональных событий при построении скоростных моделей больший вес имеют лучи Р- и S-волн с невязкой относительно модели P1 [2] меньше 3 сек по абсолютной величине. Для удалённых землетрясений больший вес имели лучи с невязкой относительно модели IASPEI 91 менее 5 сек по модулю. Итоговый массив состоит из 24754 Р-вступлений и 22543 S-вступлений. К одной из основных особенностей этой модели, как и прежней [3], следует отнести наличие зон инверсии скорости Р-волн (зоны уменьшения скорости с глубиной), которые определяются отрицательным градиентом скорости.

Анализ горизонтальных скоростных срезов в мантии на глубинах 80 км, 130 км, 220 км [4], соответствующих средним значениям глубин трёх мантийных слоев (65-100 км, 100-150 км, 150-300 км), свидетельствует о существенной скоростной неоднородности мантии, как по латерали, так и по глубине (рис.1). Под территорией, расположенной к западу от Таласо-Ферганского разлома, скорости в мантии с глубиной преимущественно увеличиваются. Наибольшими неоднородностями характеризуется мантия под территорией, расположенной преимущественно к востоку от Таласо-Ферганского разлома. Ярко выраженные скоростные неоднородности отмечаются на глубинных срезах 80 и 130 км, где отчётливо проявляется мозаика разноскоростных блоков - скорости в мантии на указанных глубинах имеют значения 7.5-8.5 км/с. Скоростная структура мантии меняется с глубиной. Так, под центральной частью Северного Тянь-Шаня ($\varphi=41.8^\circ-42.8^\circ$ с.ш., $\lambda=73.5^\circ-77.0^\circ$ в.д) имеет место убывание значений скоростей Р-волн с глубиной - область аномально высоких скоростей ($V_p=8.3-8.5$ км/с) на глубине 80 км здесь сменяется областью аномально низких скоростей ($V_p=7.5-7.9$ км/с) на глубине 130 км. В Среднем и Южном Тянь-Шане (к югу от рассмотренной выше зоны) отмечается возрастание скорости с глубиной - область аномально низких скоростей на глубине 80 км сменяется зоной аномально высоких скоростей на глубине 130 км. На глубине 180 км описанное выше распределение высоких и низких скоростей, имеющее место в центральной части исследуемой территории на глубине 130 км, сохраняется, однако существенные различия в скоростях на глубине 180 км нивелируются - в качестве самых низких скоростей здесь фиксируются скорости $V_p=7.9$ км/с, а самых высоких - преимущественно $V_p = 8.3$ км/с (аномально низкие скорости $V_p=7.5$ км/с и аномально высокие $V_p=8.5$ км/с на глубине 180 км отсутствуют). На глубине 220 км виден ещё более сглаженный эффект в распределении скоростей в центральной части исследуемой территории- высокие скорости здесь не превышают значений 8.3 км/с, а в самом центре - $V_p < 8.2$ км/с. Зона, ограниченная изолинией $V_p=8.2$ км/с в центральной части исследуемой территории (в неё входят участки Северного, Среднего и Южного Тянь-Шаня) является аномально низкоскоростной для глубины 220 км. Такие же аномально низкие для глубины 220 км скорости ($V_p < 8.2$ км/с) наблюдаются и под зоной сочленения Тянь-Шаня с восточной частью Таримского массива, расположенной вблизи от рассмотренной зоны. Возможно, на больших глубинах указанные низкоскоростные области (ограниченные изолиниями $V_p=8.2$ км/с) соединяются под рассматриваемой зоной, образуя единый низкоскоростной канал в более высокоскоростной мантии. Таким образом, при рассмотрении глубинных срезов в мантии под исследуемой территорией Тянь-Шаня к востоку от Таласо-Ферганского разлома можно видеть сложную мантийную скоростную структуру. Её особенностями является мозаика разноскоростных блоков (с аномально низкими и высокими скоростями Р-волн), меняющаяся с глубиной и существование зон аномально низких скоростей на глубине около 200 км под центральной частью исследуемой территории и в зоне сочленения Тянь-Шаня с Таримским массивом. Объяснением существования такой сложной структуры может быть проявление в Тянь-

Шане процессов плюмтектоники и обтекание высокоскоростных объёмов мантийными течениями [4].

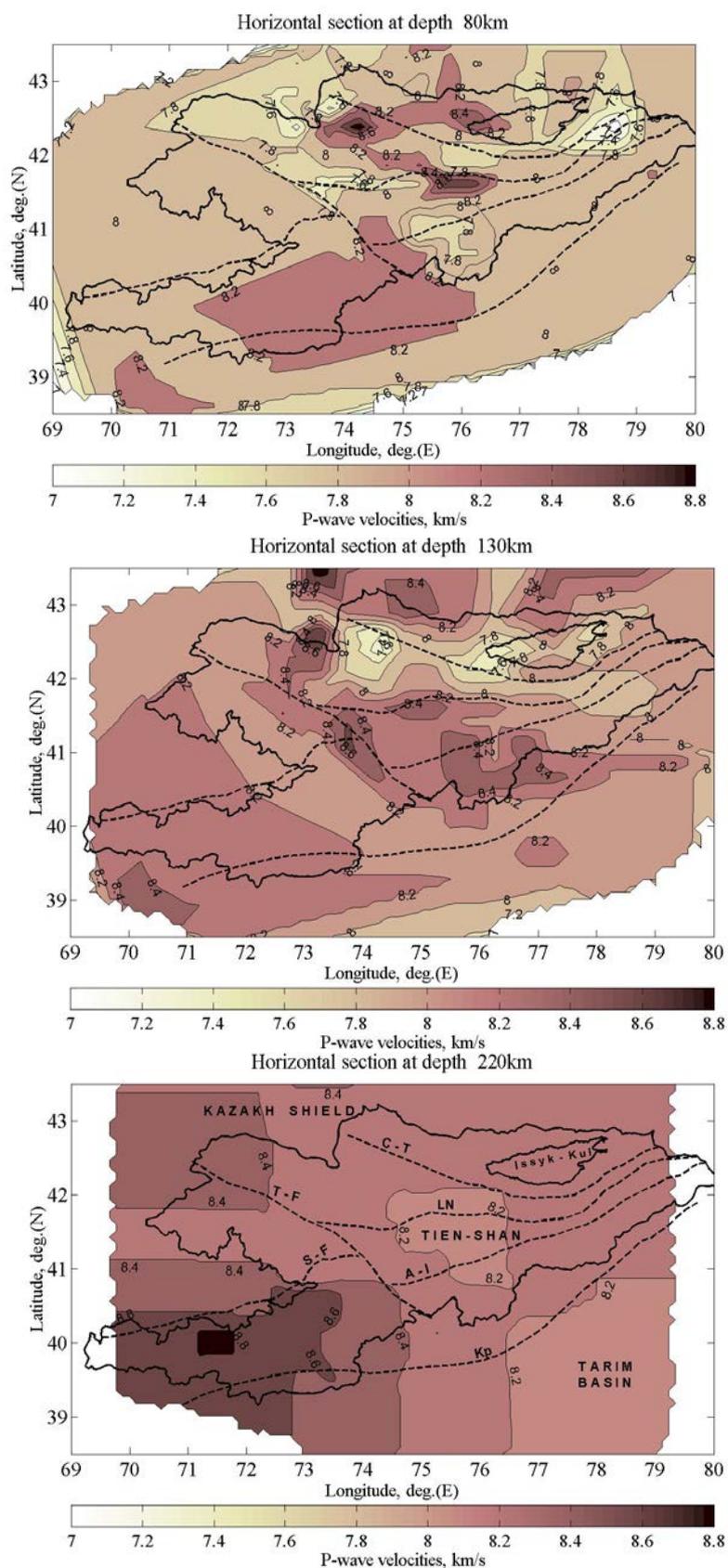


Рис. 1. Горизонтальные скоростные срезы мантии на глубинах 80, 130, 220 км. Разломы: Т-Ф – Таласо-Ферганский, LN – Линия Николаева, С-Т –

Центрально-Терской, А-І- Атбаши-Иныльчекский, G-K –Гиссаро-Кокшаальский, S-F –Южно-Ферганский [5].

Установлено [4], что формирование зон сильных землетрясений в коре ($M > 6.5$) непосредственно связано с особенностями строения мантии, её скоростными неоднородностями, и в первую очередь - наличием низкоскоростных глубинных аномалий ($V_p = 7.4-8.0$ км/с), в большинстве случаев, перекрытых высокоскоростными телами ($V_p=8.3-8.6$ км/с) на глубинах 60-100 км. Очаги сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня расположены над краевыми участками глубинных низкоскоростных аномалий. Гипоцентры землетрясений, как правило, находятся над зоной высокого вертикального и горизонтального градиента скорости в мантии на глубинах 60-180 км, созданного контактом разноскоростных блоков.

При дальнейшей интерпретации скоростной модели отмечено, что формирование зон землетрясений с $M \geq 5.5$ непосредственно связано с наличием высокоскоростных ($V_p \geq 8.2$ км/с) тел в глубинных слоях (60-90) км, (100-130) км, (130-150) км. Нами была сделана попытка выделения областей с такими характерными признаками. На рис. 2 приведена схема распределения высокоскоростных тел ($V_p \geq 8.2$ км/с) в глубинном слое (60-150) км (в аксонометрической и горизонтальной проекциях), на которую нанесены эпицентры сильных землетрясений с $M \geq 5.5$. На схеме отчётливо видна приуроченность сильных землетрясений с $M \geq 5.5$ к таким высокоскоростным ($V_p \geq 8.2$ км/с) телам. Исключением является район южного и восточного горного обрамления Исык-Кульской впадины, где такой связи не наблюдается. Вероятно, это связано с наличием низкоскоростных зон ($V_p \leq 7.8$ км/с) в мантии на глубинах до 160 км, это можно увидеть и на горизонтальных скоростных срезах, и на вертикальных скоростных разрезах [4]. Полученная схема распределения высокоскоростных тел ($V_p \geq 8.2$ км/с) тел в слоях (60-90) км, (100-130) км, (130-150) км может быть использована при выделении сейсмогенерирующих зон и при выявлении районов возникновения сильных землетрясений Тянь-Шаня (с $M \geq 5.5$). Выделенную область на рис. 2б можно назвать областью с наибольшей вероятностью возникновения землетрясений с $M \geq 5.5$. После построения указанной схемы произошло несколько землетрясений с $M \geq 5.5$ (на рисунке 2б они отмечены звёздочкой). Все они приурочены к выделенной области. Таким образом, можно отметить правомочность применения схемы (рис. 2) при выявлении районов возникновения сильных землетрясений Тянь-Шаня (с $M \geq 5.5$).

Выводы

Глубинная структура верхней мантии различна к западу и востоку от Таласо-Ферганского разлома. К западу от него в мантии существует преимущественно субгоризонтальная слоистость с возрастанием скорости с глубиной. К востоку от разлома мантия обладает существенными скоростными неоднородностями – наличием разноскоростных блоков и субвертикальных границ раздела. Неоднородности в мантии наиболее ярко выражены в центральной части Тянь-Шаня, включающей области Северного, Срединного и Южного Тянь-Шаня. Под Северным Тянь-Шанем на глубинах 60-100 км фиксируется значительная гетерогенность скоростной структуры – чередование высоко и низкоскоростных объёмов ограниченных размеров. На глубинах 100-180 км под Северным Тянь-Шанем проявляются протяжённые субвертикальные зоны аномально низких значений скоростей Р-волн, под Срединным и Южным - зоны аномально высоких значений скоростей. По мере возрастания глубины скоростная гетерогенность мантии нивелируется и на глубинах около 200 км под центральной частью исследуемой территории, а также в области сочленения Тянь-Шаня с Таримским массивом мантийные скорости оказываются аномально низкими ($V_p < 8.2$

км/с) для данной глубины. Вышеописанная мантийная структура и её отражение в нижней коре, по-видимому, является свидетельством проявления в Тянь-Шане процессов плюмтектоники [4] – внедрения в кору высокотемпературного мантийного вещества.

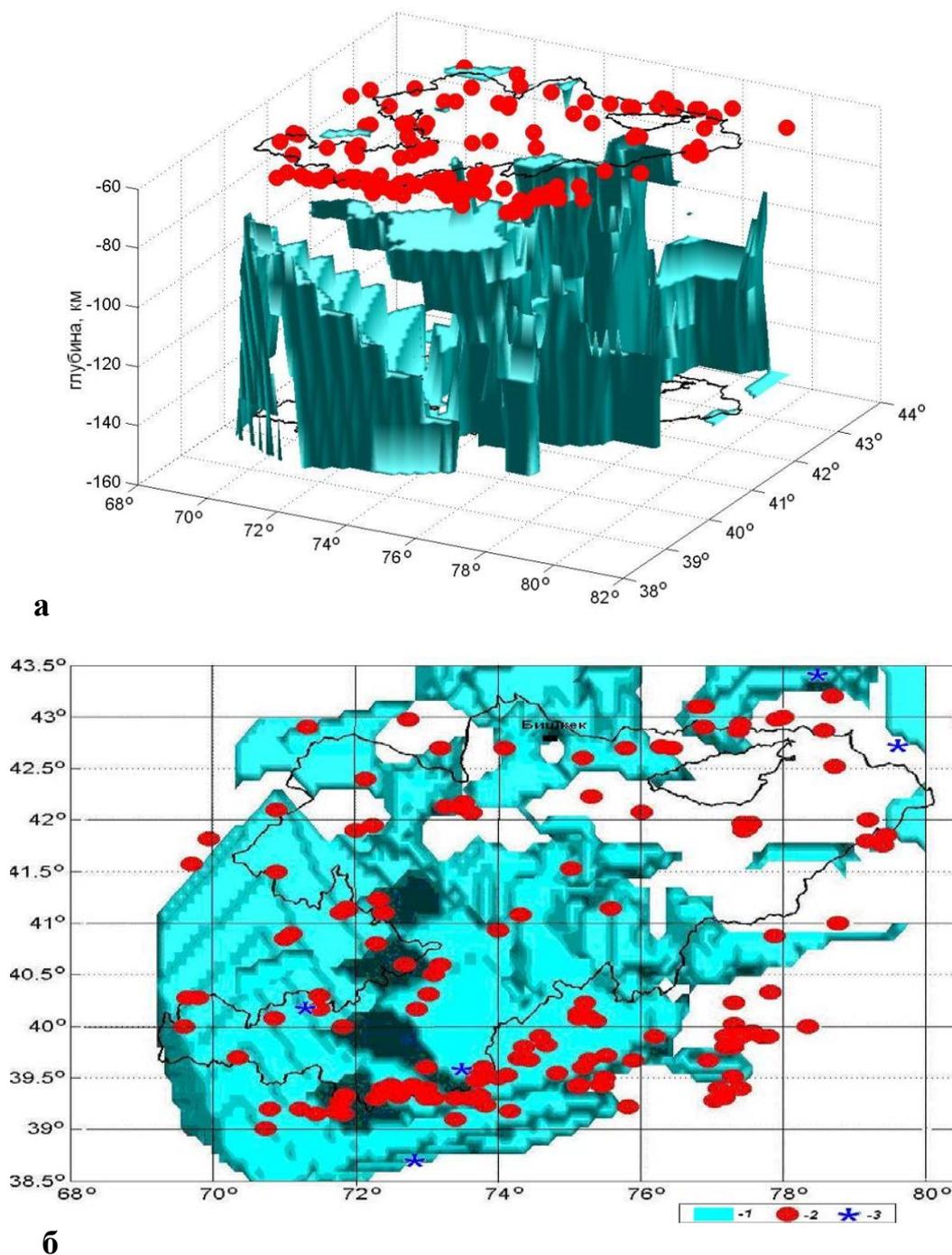


Рис. 2. Схема распределения высокоскоростных тел ($V_p \geq 8.2$ км/с) в слоях (60-90) км, (100-130) км, (130-150) км, представленная в различных проекциях: а – в аксонометрической, б – в горизонтальной. 1-выделенная область распределения тел с $V_p \geq 8.2$ км/с, 2- эпицентры сильных землетрясений с $M \geq 5.5$; 3-эпицентры землетрясений с $M \geq 5.5$, произошедших после построения схемы.

Формирование зон сильных землетрясений в коре непосредственно связано с особенностями строения мантии – её скоростными неоднородностями, что

свидетельствует об определяющей роли мантии в происхождении и проявлении сейсмических процессов.

Полученная схема распределения высокоскоростных тел ($V_p \geq 8,2$ км/с) тел в слоях (60-90) км, (100-130) км, (130-150) км может быть использована при выделении сейсмогенерирующих зон и при выявлении районов возникновения сильных землетрясений ($M \geq 5.5$) Тянь-Шаня.

Литература

1. Адамова А.А., Сабитова Т.М., Миркин Е.Л., Багманова Н.Х. Модели для блочной аппроксимации распределения скорости с использованием SPHYRIT 90 (алгоритм С. Рекера). // Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. Под ред. Бакирова А.Б. - Бишкек, 2006. - С. 9-18.
2. Roecker S.W., Sabitova T.M., Vinnik L.P. et al. Tree-dimensional elastic wave velocity structure of the Western and Central Tien Shan. // J. Geophys. Res. - 1993. -V.98. - N.B9.- P.15779-15795.
3. Адамова А.А., Сабитова Т.М. Трёхмерная скоростная модель земной коры Тянь-Шаня. // Физика Земли. – 2004.- № 5. – С. 58-67.
4. Сабитова Т.М., Багманова Н.Х., Миркин Е.Л. Скоростные неоднородности литосферы Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. - Москва-Бишкек, 2009. - Выпуск 4. - С. 406-415.
5. Чедия О.К. Кинематические типы активных разломов. // Современная геодинамика литосферы Тянь-Шаня. - Москва: Наука. - 1991- С. 65-75.

Рецензент: канд. физ.-мат. наук Фролова А.Г.