

УДК 550.344 (574)

Сайипбекова Анара Мурадовна

д.ф.- м. н, профессор

Ошский государственный университет

Сайипбекова Анара Мурадовна

ф.-м.и.д., профессор

Ош мамлекеттик университети

Saiipbekova Anara Muradovna

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Osh State University

Абдрахматов Канатбек Ермакович

д.г.- м. н., профессор,

член-корр. НАН КР, Президент НАН КР

Национальной Академии Наук

Абдрахматов Канатбек Ермакович

г.- м. и.д, профессор,

КР УИА мүчө-корр, КР УИА Президенти

Улуттук Илимдер Академиясы

Abdrakhmatov Kanatbek Ermekovich

d.g.-m.s., Professor,

Corresponding Member NAS KR, President of NAS KR

National Academy of Sciences

Степаненко Надежда Павловна

к.т.н., заведующая

лаборатория Структурной сейсмологии Института сейсмологии

Министерство чрезвычайной ситуации Республики Казахстан

Степаненко Надежда Павловна

т.и.к, лаборатория башчысы

Структуралык сейсмология лабораториясы

Казахстан Министрлер кабинетине караштуу

Өзгөчө кырдаалдар министрлиги

Stepanenko Hadezjda Pavlovna

Doctor of Technical Sciences,

Head of the Laboratory of Structural Seismology

Institute of Seismology

Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan

Саипбекова Сезим Эрмековна

магистрант

Ошский государственный университет

Саипбекова Сезим Эрмековна

магистрант

Ош мамлекеттик университети

Saipbekova Sezim Ermekovna

Undergraduate

Osh State University

СКОРОСТНАЯ МОДЕЛЬ ЛИТОСФЕРЫ ТЯНЬ-ШАНЯ ПО ДАННЫМ ГЕОТРАВЕРСА БАЧУ-БАЛХАШ

Аннотация. Для определения наиболее характерных черт структуры земной коры и верхней мантии в сейсмоактивных регионах Тянь-Шаня разработана двумерная скоростная модель по геотраверсу Бачу-Балхаш, пересекающий отдельные зоны Тянь-Шаня. При построении двумерной скоростной модели земной коры и верхней мантии Тянь-Шаня и прилегающих территорий использован алгоритм и программа для градиентной модели литосферы. Полученная профильная сейсмотомографическая скоростная модель проанализирована сопоставлением с моделью трехмерной сейсмотомографической моделью и по структурной сейсмологии

Ключевые слова: записи землетрясений, сейсмические волны, земная кора, мантия, алгоритм, неоднородности литосферы

БАЧУ-БАЛХАШ ГЕОТРАВЕРСИ БОЮНЧА АЛЫНГАН ТЯНЬ-ШАНЬ ЛИТОСФЕРАСЫНЫН ЫЛДАМДЫК МОДЕЛИ

Аннотация. Тянь-Шандын сейсмикалык активдүү райондорунда жер кыртышынын жана мантиянын үстүнкү катмарынын түзүлүшүнүн өзгөчө мүнөздүү өзгөчөлүктөрүн аныктоо үчүн Тянь-Шандын айрым сейсмикалык зоналарын кесип өткөн Бачу-Балхаш геотраверстин эки өлчөмдүү Р сейсмотомографиялык модели аныкталган. Тянь-Шандын жана ага чектеш аймактардын жер кыртышынын жана жогорку мантиянын эки өлчөмдүү ылдамдык моделин курууда литосферанын градиент моделинин алгоритми жана программасы колдонулган. Алынган профилдик сейсмикалык томографиялык ылдамдык модел үч өлчөмдүү сейсмикалык томографиялык моделдин модели жана структуралык сейсмологиянын башка авторлор алган моделдер менен салыштыруу жолу менен да талданды.

Негизги сөздөр: жер титирөөлөр, сейсмикалык толкундар, жер кыртышы, мантия, алгоритм, литосферадагы ылдамдык

VELOCITY MODEL OF THE TIEN SHAN LITHOSPHERE BASED ON DATA OF THE BACHU-BALHASH GEOTRAVERSE

Abstract. To determine the most characteristic features of the structure of the earth's crust and upper mantle in the seismically active regions of the Tien Shan, two-dimensional

P-velocity model of two geotraverses Bachu- Balhash crossing seismic zones of the Tien Shan were developed. When constructing a two-dimensional velocity model of the earth's crust and upper mantle of the Tien Shan and adjacent territories, an algorithm and program for a gradient model of the lithosphere were used. The resulting profile seismic tomographic velocity models were analyzed by comparison with the model of a three-dimensional seismic tomographic model and other authors in structural seismology

Key words: earthquake records, seismic waves, earth's crust, mantle, algorithm, homogeneities of lithosphere

Физико - математические основы профильной сейсмотомаграфии

В структурной сейсмологии непрерывное развитие методов обработки вносит коррективы в существующие методики наблюдений и построений. Решение томографической задачи не зависит от геометрии измерений и масштабов: например, поверхностные профили локальные, региональные, ГСЗ, при этом можно использовать различные типы и классы волн: преломленные, отраженные и обменные и пр. Схема обработки усложняется по мере увеличения используемой разнообразной информации о волновом поле. В зависимости от природы регистрируемых волн -отраженных, головных (преломленных), рефрагированных - принято различать е слоистые, градиентные и градиентное - слоистые среды. Первые можно представить однородными слоями, разделенными границами первого рода, вторые -непрерывной скоростной функцией, увеличивающейся с глубиной с некоторым градиентом, третьи - серией слоев с переменной скоростью в каждом слое и разрывами на границах слоев. Эти модели определяют класс методов их обработки, типы регистрируемых волн [1, 5]

Интерпретация и анализ на основе модели обусловлена видом волнового поля, с другими словами типом волн, постановкой обратной задачи и возможностью ее решения. Например, для вычисления скоростной функции по географу рефрагированной волны необходимо, чтобы скорость монотонно возрастала с глубиной и не содержала зон инвер-

сий. Моделью интерпретации в данном случае является непрерывная возрастающая функция $V(z)$. Модели интерпретации определяются, прежде всего, условием однозначности решения задачи. Поскольку для различных типов волн эти условия формулируются по-разному, модели интерпретации зависят от объема и характера информации о волновом поле. Главное, она связана с используемым математическим аппаратом: при аналитических расчетах можно использовать только приемлемые модели, при численных же расчетах можно использовать более сложные модели. Конечно специалисты предпочитают численные расчеты. Таким образом, модель интерпретации определяется методом решения обратной сейсмической задачи, типом используемых волн, а главное – условием существования решения. Каждый метод интерпретации ограничен этими условиями, он не может дать никакой другой модели, кроме обусловленной заранее постановкой задачи. Поэтому модель интерпретации определяет возможности метода. Эффективность решения обратной задачи зависит от соответствия данной интерпретации скоростной модели среды.

Градиентные модели позволяют представить все многообразие возможного изменения скорости в среде, включая постоянные скорости и инверсию скорости. Известно что, именно такие среды наиболее близки реальности, так как скорости в консолидированной земной коре и в верхней мантии действи-

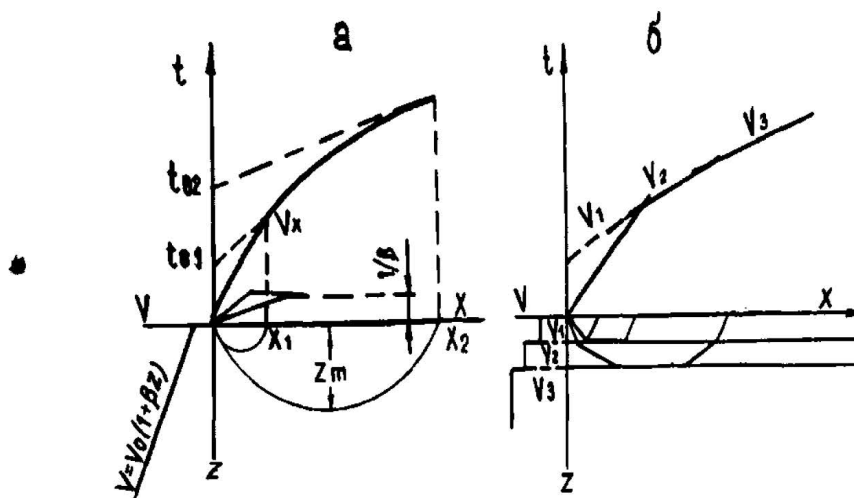


Рис. 1. Схема лучей и годографов сейсмических волн для различных моделей коры (нормальная среда): а - градиентная, б - слоистая

тельно чаще всего нарастают или убывают с глубиной с некоторым градиентом в связи с ростом давления и температуры. Поэтому ниже мы рассмотрим возможности решения обратных задач именно для градиентных сред, а также для сред с зонами инверсии скоростей (когда мы имеем отрицательные градиенты). Как уже было отмечено в выше, решение обратных сейсмических задач по рефрагированным волнам существенно зависит от типа скоростной модели среды и характера волнового поля. Рассмотрим свойства годографов рефрагированных и отраженных волн для разных типов моделей.

Уравнение годографа рефрагированной волны в параметрическом виде записывается следующим образом:

$$x = 2 \int_0^{z_m} \frac{pV(z)dz}{\sqrt{1 - p^2V^2(z)}} \quad (1)$$

где t равно :

$$= 2 \int_0^{z_m} \frac{dz}{V(z)\sqrt{1 - p^2V^2(z)}}$$

тогда p – определяется по формуле:

$$p = \frac{\sin i}{V(z)} = \frac{1}{V_k(x)} = \frac{\sin i_0}{V_0} \quad (2)$$

где Z_m – глубина максимального проникания луча, i – угол между лучом и вертикалью, V_0, i_0 – скорость и угол i на оси x , $V_k(x)$ – кажущаяся скорость по годографу в точке x , p –лучевой параметр, указывающий направление луча [1,5,6]

На рис. 2. показано расположение профиля Бачу-озеро Балхаш. Известно, что северная часть профиля Бачу -Балхаш как Иссыкский профиль сейсморазведчиками отработан в конце 60 х годов, длина профиля составляет 316, число годографов с $R > 300$ км всего два, максимальная длина годографов 414 км. Профиль с юга начинается на северных склонах Заилийского Алатау, пересекает Илийскую впадину, западное погружение Джунгарии, Южно-Прибалхашскую впадину и заканчивается близ оз. Балхаш. В южном продолжении по данным региональной сети сейсмологических наблюдений профиль пересекает следующие геологические структуры Заилийскую мегасинклиналь, Кунгейскую мегантиклиналь, Восточную часть Иссык-Кульской грабень- синклинали, Терсейскую мегантиклиналь, Верхненарынскую грабенсинклиналь, западную часть Турфанской депрессии, хребет Каратекетoo и Кельпинчельтаг.

Для формирования системы годографов использованы материалы ниже перечисленных сейсмологических станций и наблюдений (ГСЗ: Бачу - Акчи - Карасай - Саруу - Сарыджаз Ананьево - Тургень - Или - Малайсары - Аспанкара - Аралкум - Каратал - Жаман - Балхаш). По территории Кыргызстана и Китая для построения годографов использовались записи стационарных сейсмических станций за период наблюдения с 1980 по 1995 гг ($K > 8.0$), попадающие в полосу транссекта шириной ± 15 км от осевой линии

Для выполнения работы по территории привлечены сотрудники исследовательской группы старшего научного сотрудника (в те годы) Сайипбековой А.М. "Исследования глубинного строения"

работавшие с 1989 по 1996 гг в Институте сейсмологии национальной академии наук Кыргызской Республики, в частности младший научный сотрудник Иманалиева Д.К., инженеры программисты Павлуниев В.Е., Искандерова А.М., инженер Кармышакова Ч.С., инженер Кушчубекова А.А. Эти данные частично отражены в работах [4,5].

Как описано выше по территории Казахстана в результате комплексной обработки данных ГСЗ и пределах Иссыкского профиля отработан северный отрезок этого профиля. Построена сводная двумерная скоростная модель земной коры и верхней мантии по Р- и S - волнам по всему профилю от станции Бачу (СУАР КНР) до пункта взрывов Балхаш (Казахстан).

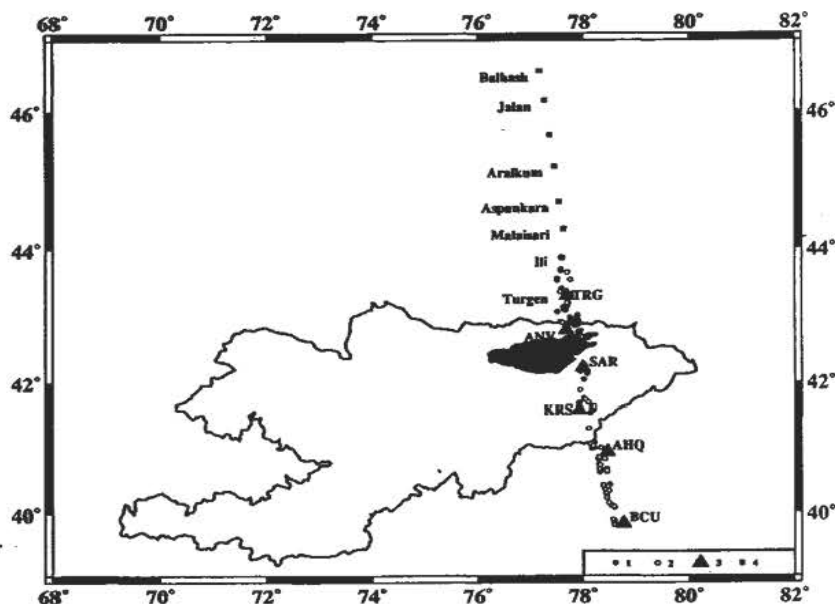


Рис.2. Профиль Бачу - озеро Балхаш (включающий Иссыкский профиль ГСЗ). Расположение первичных источников транссекта Бачу - озеро Балхаш (включающий Иссыкский профиль ГСЗ). Точками обозначены местные землетрясения с $K > 8.5$, за период наблюдения с 1980 по 1996 гг., которые зарегистрированы почти на всех станциях вдоль профиля (1 - землетрясения с определенной глубиной, 2 - землетрясения с неопределенной глубиной, 3 - сеймостанции, 4 - пункты взрывов).

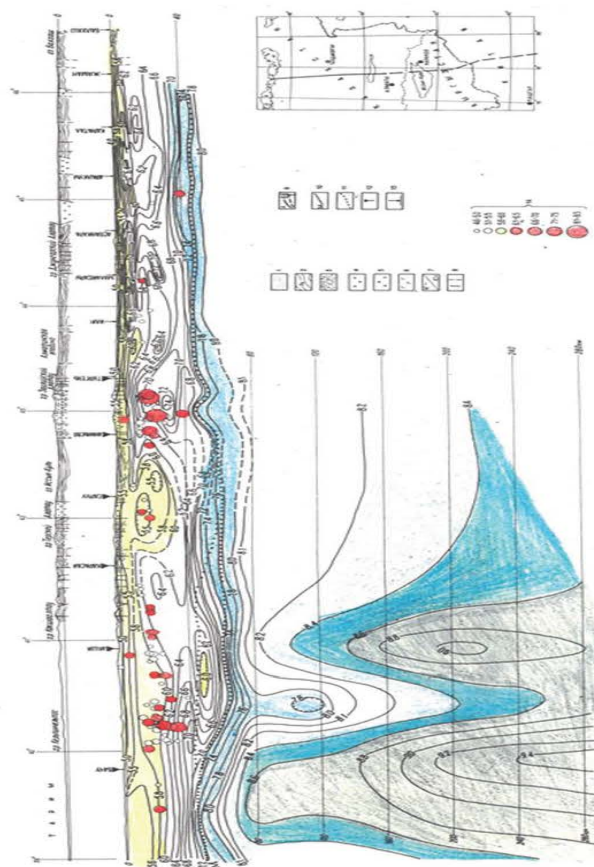


Рис. 3. Геологические и скоростные разрезы профиля Бачу – Балхаш

1-3. Обобщенные стратифицированные комплексы;

1. мезокайнозойский платформенный и орогенный чехол,
2. терригенно-вулканогенные образования палеозоя,
3. допалеозойские образования.

4-5. Интрузивные комплексы; 4- кислые; 5- основные.

- 6- Тектонические нарушения.
- 7- Изолинии скорости в км /с, истинные скорости.
- 8- Изолинии V_p/V_s (в числителе) и значения коэффициента Пуассона (в знаменателе).
- 9- Обобщенное положение подошвы коры.
- 10-Графики в точках пересечения с профилями ГСЗ: пунктирно-профильная томография.

На рис. 3 на правом углу показан расположение профиля Бачу -Балхаш, этот же профиль со всеми сейсмическими станциями и расположениями региональных событий показан на рис.2. Характерной особенностью Казахстанской (платформенной) части разреза является то, что мозаичная форма изолиний скорости в верхней части консолидированной коры с большим количеством локальных высокоскоростных включений подстилается волноводами. Земная кора вдоль профиля от линии Николаева до Южно-Иссык-Кульского разлома на глубинах 10-30 км характеризуется пониженными скоростями по сравнению со окружающей средой. Нижняя часть коры, даже с учетом неизбежного сглаживания деталей, характеризуется плавными формами изолиний скорости, иногда с волноводами над поверхностью M_1 (например, в нижней части земной коры долины Чельтала и хр. Каратекеттоо). Именно в этом районе граница Мохоровичича погружается до 65 км. Сложная форма изолиний скорости в верхней части коры с высокой степенью вероятности указывает на существование здесь

разломов. На разрез с целью представления о сейсмичности исследуемого района вынесены очаги сильных землетрясений с $K > 12$ энергетического класса, происшедших в полосе + 50 км с 1880 по 1996 годы (красные кружки).

Получена очень интересная скоростная модель литосферы в районе Гиссаро-Кокшаальского разлома. Под хребтом Кокшаалтоо и Каратекеттоо в пределах глубин от 40 -50 км к югу имеется волновод, а также под хребтом Ингантау в верхней мантии в пределах глубин 80-250 км наблюдается понижение скорости. Под Таримом скорости в верхней мантии повышенные, по сравнению с Тянь-Шаньским орогеном. Эта особенность хорошо видна на трехмерной модели литосферы по разрезу 78 меридиана. Проблему изучения среды сейсмоопасных зон и очагов сильных землетрясений необходимо рассматривать только в контексте глубинных исследований, поэтому двумерная скоростная модель по Иссыкскому профилю несомненно имеет большой научный интерес.

Литература

1. Шацлов В.И., Сайипбекова А.М. Профильная томография литосферы Тянь-Шаня по материалам региональной сейсмологии // Докл. НАН Республики Казахстан, 1994. №6, с. 47-52.
2. Шацлов В.И., Сайипбекова А.М., Грибанов Ю.Е. Изучение глубинного строения Тянь-Шаня по материалам региональной сейсмологии. // Journal Inland Earthquake. Urumqi: 1995. Vol.9. №4. С.374-381.
3. Шацлов В.И., Сайипбекова А.М., Кушчубекова А.А., Искандерова А.М. и др. Комплексная обработка данных региональной сейсмологии с целью получения детальных скоростных разрезов. // «Проблемы механики и прикладной математики»: Матер. межд. научно-практической конференции посвященной памяти профессора Ф.И. Франкля. – Бишкек: 1996. Том 1, Механика. С.123-125.
4. Сайипбекова А.М., Павлуниин В.Е., Блинов Г.И. и др. Томографические модели литосферы Тянь-Шаня. //Тезиси международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития науки и техники в области механики, геофизики, нефти, газа, энергетики Казахстана». 22-24 мая 1996. г. Актау, 1996. С.40-43.
5. Сайипбекова А.М., Сатыбаев А. Дж. Методы решения обратной кинематической задачи сейсмологии. //Сбор. науч. трудов Кыргызско-Узбекского университета, Ош: 1998.С.45-49.
6. Сайипбекова А.М. Сейсмотомографическая модель и современная геодинамика литосферы Тянь-Шаня. // Отв. Ред. В.И.Шацлов. Ош: Билим, 2003. 216 С.