

ОЦЕНКА ГЛУБИНЫ ПОВЕРХНОСТИ МОХО ПО ДАННЫМ МОВЗ ПРОФИЛЯ САЙЛЮГЕМ – ЕЛЬЦОВКА

Алексей Александрович Еманов

Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора по науке; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, старший научный сотрудник, тел. (383)330-52-66, e-mail: alex@gs.sbras.ru

Александр Федорович Еманов

Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор технических наук, директор; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, старший преподаватель, тел. (383)330-12-61, e-mail: emanov@gs.sbras.ru

Александр Владимирович Фатеев

Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, ведущий инженер, e-mail: fateev@gs.sbras.ru

Екатерина Викторовна Лескова

Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, старший научный сотрудник, e-mail: katya@gs.sbras.ru

Выполнены экспериментальные работы с широкополосными сейсмическими станциями вдоль профиля от хребта Сайлюгем (Республика Горный Алтай) до поселка Ельцовка (Алтайский край). Использовались данные наблюдений стационарных станций и временных станций в летний период.

Произведена обработка по методу приемных функций для выделения обменных волн землетрясений от глубинных границ под Алтаем. Зафиксированы обменные волны от границы Мохо и изменение глубины подошвы земной коры вдоль профиля. Выявлены наибольшие глубины под хребтом Сайлюгем и Курайским хребтом (56 км) и постепенное уменьшение глубины вдоль профиля к станции Ельцовка (47 км).

Ключевые слова: метод обменных волн, профиль, строение, Горный Алтай, приемная функция.

MOHO DEPTH ESTIMATION FROM RECEIVER FUNCTION PROFILE SAILUGEM – YELTSOVKA

Aleksey A. Emanov

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Deputy Research Director; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Senior Researcher, tel. (383)330-52-66, e-mail: alex@gs.sbras.ru

Aleksandr F. Emanov

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect; D. Sc., Director; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova St., Senior Lecturer, tel. (383)330-12-61, e-mail: emanov@gs.sbras.ru

Aleksander V. Fateev

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Researcher; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Senior Engineer, e-mail: fateev@gs.sbras.ru

Ekaterina V. Leskova

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Lead Researcher; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Senior Researcher, e-mail: katya@gs.sbras.ru

Experimental observations with broadband seismic stations along the line from the ridge Saylyugem (Mountain Altai) to Eltsovka (Altai) village have been conducted. We combined the observations of permanent seismic stations and temporary in the summer period.

Receiver function technique has been applied to isolate exchange waves from deep boundaries under the Altai. Exchange waves from the Moho and the change in the depth of the sole of the crust along the profile have been observed. The greatest depth beneath the ridge Saylyugem and Kurai Ridge (56 km) and a gradual reduction in the depth along the profile to Eltsovka station (47 km) have been identified.

Key words: receiver function technique, profile, Mountain Altai, depth structure.

Метод обменных волн землетрясений (МОВЗ) [1, 3, 5, 7] получил широкое распространение по всему миру из-за возможности использования пассивных источников для изучения глубинных структур. Взаимодействие Горного Алтая и Бийско-Барнаульской котловины представляет интерес для изучения глубинных структур в земной коре; еще одной из предпосылок для выбора положения профиля МОВЗ являлось расположение существующих стационарных широкополосных сейсмических станций, которые можно было бы использовать для дополнения профильных наблюдений с временными станциями.

При рассмотрении возможных конфигураций профильных наблюдений были выбраны три стационарные широкополосные сейсмические станции, которые располагались практически на одной прямой на расстоянии около 200 км друг от друга: Ельцовка (ELT), Артыбаш (ARTR) и Чаган-Узун (CUR), на каждой из которых установлены приборы Guralp CMG-3ESPCD. Через эти станции и было решено провести линию профиля (рис. 1), которая начинается в районе хребта Сайлюгем, пересекает Чуйскую котловину, Курайский хребет, проходит вблизи Телецкого озера и выходит в Бийско-Барнаульскую впадину. Временные широкополосные сейсмические станции были выставлены по линии профиля с шагом 25–30 км, в труднодоступных местах – до 50 км.

В 2015 году для полевых работ на Алтайском сейсмологическом полигоне удалось собрать большой пул широкополосных приборов, используя оборудование, принадлежащее АСФ ФИЦ ЕГС РАН, ИНГГ СО РАН и НГУ. Всего использовалось 12 датчиков Guralp CMG-6T и один датчик СМЕ-6211 в комплекте с регистраторами Байкал-8.1.

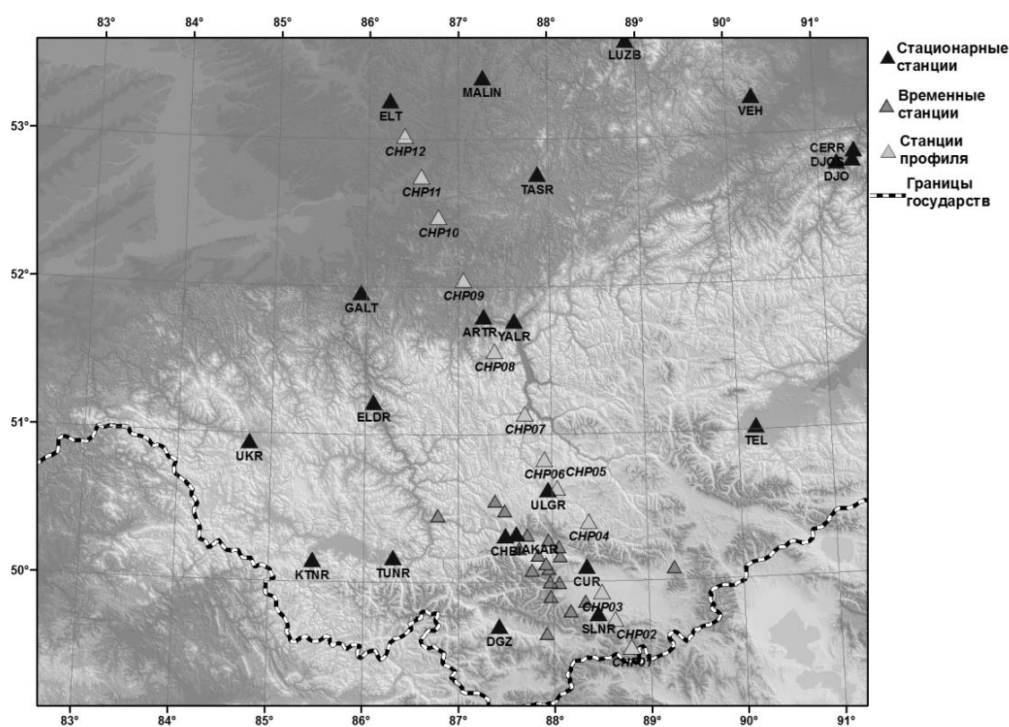


Рис. 1. Сейсмическая сеть и широкополосный сейсмический профиль

Для вычисления приемных функций продольной волны применялась библиотека RF для языка python разработки Tom Eulenfeld (Richter) [6]. Подготовка данных выполнялась с использованием библиотеки ObsPy [4].

Для расчета использовались данные о землетрясениях из каталога сейсмических событий Геологической службы США (USGS), доступного по протоколу FDSN Web Services (event) на сайте <http://earthquake.usgs.gov/fdsnws/event/1/>. Были выбраны землетрясения, произошедшие в период 2012–2016 гг. (период работы широкополосных приборов на стационарных сейсмических станциях профиля) с магнитудой 5.5 и выше и находящиеся на расстоянии 30–90 градусов от профиля.

Поскольку стационарные станции работали на частоте дискретизации 100 Гц, а временные – на частоте 200 Гц, при работе с данными стационарных станций на первом шаге выполнялась передискретизация к 200 Гц.

Для обработки использовались автоматизированные процедуры контроля качества данных. Все волновые формы с неполными записями удалялись. Для отсекаания зашумленных записей введен в расчет коэффициент соотношения сигнал/шум SNR. По фильтрованной записи в полосе от 30 с до 2 Гц на компоненте L (до деконволюции) рассчитывалось максимальное значение огибающей шума до вступления P (от -40 до -10 с) и максимальное значение огибающей сигнала во время вступления P (от -5 до 25 с). Поскольку для стационарных станций присутствует большое количество наблюдений, отбирались только волновые формы с соотношением сигнал/шум $SNR > 10$, тогда как для станций временной сети пороговое значение SNR установлено 2. Дополнительно введе-

но еще одно пороговое значение: уровень низкочастотной помехи. При превышении уровня сигнала в полосе ниже 0.1 Гц над уровнем сигнала в полосе выше 0.5 Гц в два раза для всей волновой формы данные отбрасывались.

Пример расчета Q компоненты приемной функции для временной станции СНР01 представлен на рис. 2, обозначен пик приемной функции, соответствующий границе Мохоровичича.

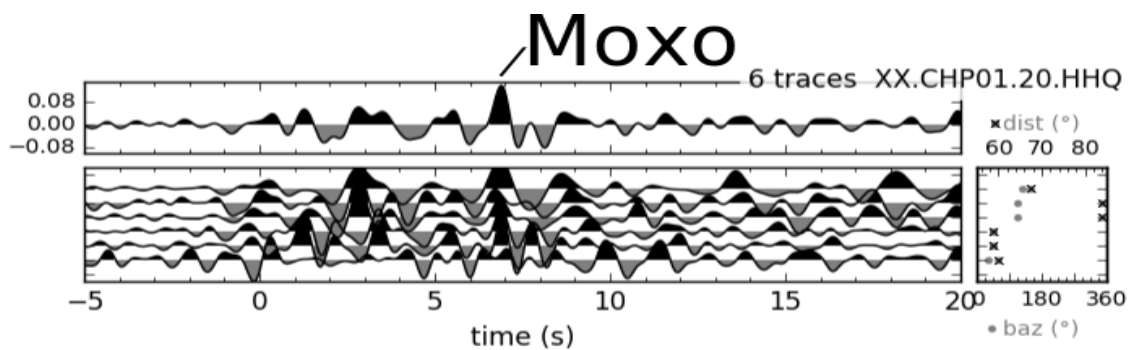


Рис. 2. Q компонента приемной функции для станции СНР01.
Осредненная трасса показана сверху

Для того, чтобы выделить вариации вдоль линии профиля, рассчитаны точки конверсии с глубиной 50 км и выполнено суммирование приемных функций по промежуткам, показанным на рис. 3.

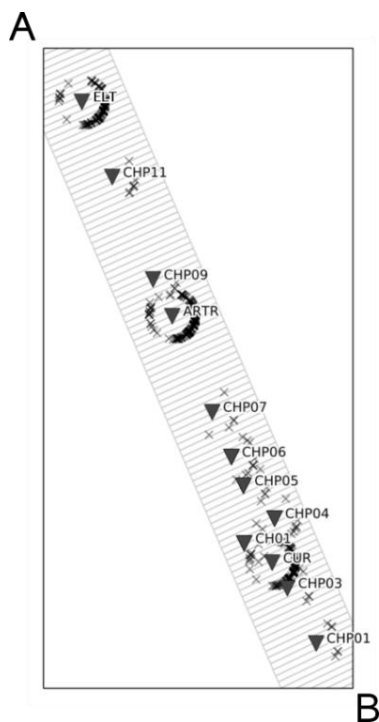


Рис. 3. Схема профильных наблюдений с нанесенными точками конверсии (обмена) и интервалы, использованные для суммирования приемных функций

Результаты суммирования приемных функций для компоненты Q показаны на рис. 4, профиль развернут с севера на юг, от станции ELT (обозначена А) до хребта Сайлюгем (обозначен В). Несмотря на то, что для некоторых областей профиля данных недостаточно, на отдельных участках достаточно явно выделяются фазы, соответствующие обменной волне Ps от поверхности Моховичича. Справа указаны глубины, соответствующие задержке обменной волны Ps основной Р в модели IASP91 [2]. Видно, что поверхность Мохо заглублена с южной стороны, наиболее глубокая область соответствует станции Чаган-Узун и району Курайского хребта, далее постепенно поднимается к северу.

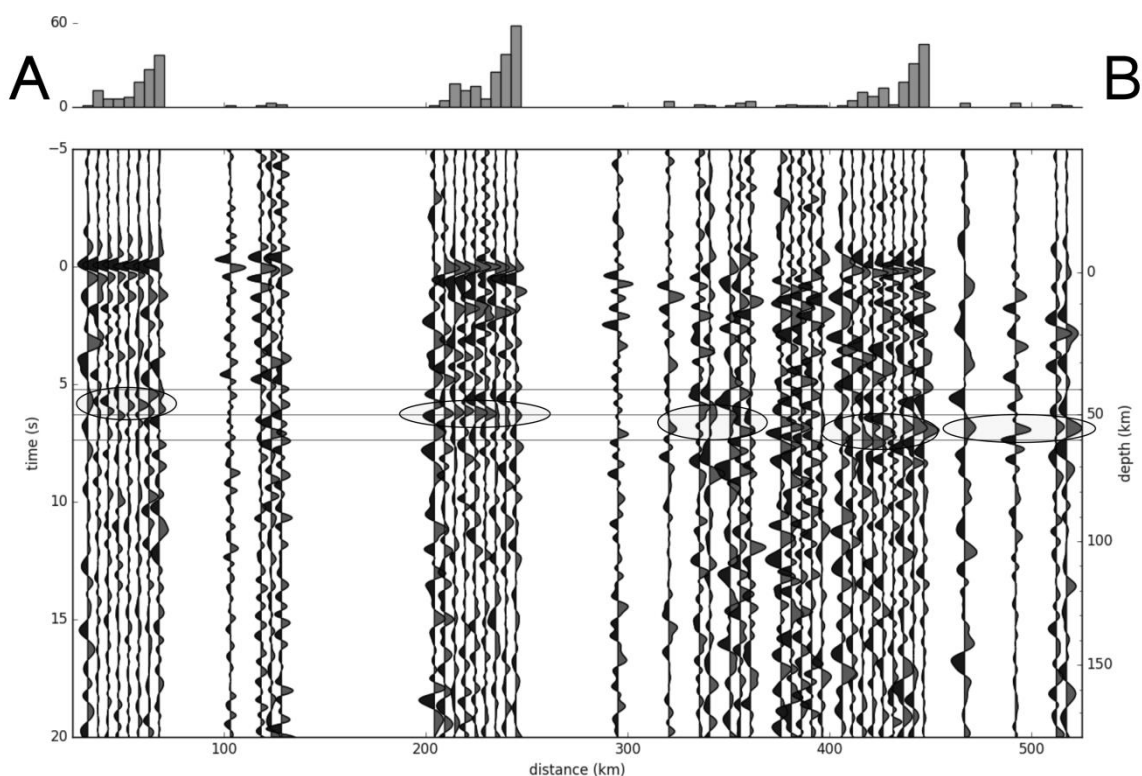


Рис. 4. Приемные функции, суммированные по методу общей глубинной точки конверсии

На приемных функциях станции CHP01 и CUR обменная волна Ps выделяется с задержкой 6.9 с от основной Р-волны, на станции ARTR – с задержкой 6.2 с, на станции ELT – с задержкой 6.0 с, что соответствует, с учетом стандартной скоростной модели IASP91 [2], глубинам 56, 50 и 47 км соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Deep seismic structure of the Indian shield, western Himalaya, Ladakh and Tibet / S.I. Oreshin, L.P. Vinnik, S.G. Kiselev et al. // Earth and Planet. Science Let. – 2011. – Vol. 307. – P. 415–429.

2. Kennett B. L. N., Engdahl E. R. Traveltimes for global earthquake location and phase identification // *Geophysical Journal International*. – 1999. – Vol. 122. – P. 429–465.
3. Kind R., Kosarev G.L., Petersen N.V. Receiver functions at the stations of the German Regional Seismic Network (GRSN) // *Geophys. J. Int.* – 1995. – Vol. 121. – P. 191–202.
4. ObsPy: A Python Toolbox for Seismology / M. Beyreuther, R. Barsch, L. Krischer et al. // *Seismological Research Letters*. – 2010. – Vol. 81(3). – P. 530–533.
5. Receiver functions for the Tien Shan analog broadband network: Contrasts in the evolution of structures across the Talass–Fergana fault / G.L. Kosarev, N.V. Petersen, L.P. Vinnik, S.W. Roecker // *J. Geophys. Res.* – 1993. – Vol. 98, B3. – P. 4437–4448.
6. Richter T. Temporal Variations of Crustal Properties in Northern Chile Analyzed with Receiver Functions and Passive Image Interferometry: PhD Thesis. – Berlin: Freie Univ., 2014. – 161 p.
7. Vinnik L.P. Detection of waves converted from P to S in the mantle // *Physics of the Earth and Planet. Int.* – 1977. – Vol. 15. – P. 39–45.

© *A. A. Еманов, А. Ф. Еманов, А. В. Фатеев, Е. В. Лескова, 2017*