

Совместное обращение Р- и S-приёмных функций: результаты для Центральной части Байкальской рифтовой зоны

© *Л. Р. Цыдыпова*¹, *С. И. Орешин*², *Л. П. Винник*², *В. В. Мордвинова*³, *М. М. Кобелев*⁴, *М. А. Хритова*⁴

¹ Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия. E-mail: tsydyпова@ginst.ru

² Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

³ Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

⁴ Байкальский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Иркутск, Россия

Методом функции приемника рассчитаны Р- и S-приемные функции по данным обменных волн телесейсмических землетрясений по 10 широкополосным сейсмостанциям в Центральной части Байкальской рифтовой зоны. По вычисленным приемным функциям по каждой станции проведено обращение в скоростные разрезы продольных и поперечных волн до глубин ~300 км. Полученные результаты позволяют проследить основные особенности глубинного строения рассматриваемого региона, а также могут быть использованы в качестве исходных данных для последующих детальных исследований Байкальского рифта.

Ключевые слова: кора; мантия; отношение V_p/V_s ; граница литосфера-астеносфера.

Joint inversion of P- and S-receiving functions: results for the Central part of the Baikal rift zone

*L. R. Tsydyпова*¹, *S. I. Oreshin*², *L. P. Vinnik*², *V. V. Mordvinova*³, *M. M. Kobelev*⁴, *M. A. Hritova*⁴

¹ Geological Institute, SB RAS, Ulan-Ude, Russia. E-mail: tsydyпова@ginst.ru

² The Schmidt Institute of Physics of the Earth, RAS, Moscow, Russia

³ Institute of the Earth's crust, SB RAS, Irkutsk, Russia

⁴ Baikal branch of Federal Research Center Geophysical Survey, RAS, Irkutsk, Russia

P- and S-receiver functions are calculated by the method of the receiver functions according to the data of exchange waves of teleseismic earthquakes on 10 broadband seismic stations in the Central part of the Baikal rift zone. The calculated receiving functions for each station were used to convert the cross-sections of longitudinal and transverse waves to depths of ~300 km. The obtained results allow us to trace the main features of the deep structure of the considered region, and can also be used as input data for subsequent detailed studies of the Baikal rift.

Keywords: crust; mantle; V_p/V_s ratio; LAB.

Байкальский рифт — один из самых крупных континентальных рифтов — располагается между Сибирским кратоном и Саяно-Байкальским подвижным поясом. Ряд исследователей связывают происхождение Байкальского рифта с мантийным плюмом, интерпретируя вулканизм кайнозойского возраста как эффект горячей точки [1, 2], другие же объясняют рифтообразование столкновением Индии с Евразией или субдукцией океанической литосферы у Тихого океана [3]. На территории Байкальской рифтовой зоны выполнен ряд сейсмических исследований. Томографические исследования на продольных волнах и на поверхностных волнах Рэлея показали, что скорость в верхней мантии БРЗ ниже, чем в области Сибирского кратона, а вулканическая зона на юго-западе БРЗ подстилается аномальной верхней мантией с низкими скоростями по продольным волнам. Определения скоростной структуры методом приемных функций и ГСЗ дали информацию о мощности земной коры. Положения границы литосфера-астеносфера и латеральные неоднородности известны главным образом по гравитационным данным. Вместе с тем все еще сохраняются вопросы в отношении состояния и состава нижней коры и верхней мантии. Для понимания причин образования Байкальского рифта требуется продолжение исследований процессов и свойств вещества на глубинах десятков и сотен километров.

К настоящему времени в районе исследования сформирована сеть цифровых сейсмологических станций, позволяющая решать поставленные выше вопросы. Хотя количество и качество записей меняется в широком диапазоне от станции к станции, нами были выбраны 10 широкополосных станций, работающих не менее двух лет, записи которых явились исходными данными в настоящем исследовании. Ранее уже были получены коровые мощности в БРЗ по методу Р — приемных функций [4]. Мы же по каждой станции получаем не только мощности основных глубинных границ, но и проводим оценку отношений скоростей Р- и S-волн.

Сама методика функции приемника заключается в выделении на записях далеких землетрясений обменных волн, образованных на сейсмических границах в области наблюдаемой станции. В связи с тем, что интересующие нас волны обычно очень слабы, мы применяем специальную техноло-

гию. Для выделения обменных Ps волн записи телесеismicических землетрясений в исходных географических координатах ZNE переводятся в систему координат LQT, где компонента L направлена вдоль главного направления смещений в P-волне, компонента Q перпендикулярна к L в плоскости распространения волны, а ось T — перпендикулярна плоскости LQ. Аналогичную процедуру проходят записи для выделения обменных волн Sp, для которых строятся приемные функции поперечных волн [5, 6].

Источники продольных волн телесеismicических землетрясений располагаются в широком диапазоне азимутов, тогда как источники S-волн в данном конкретном случае располагаются главным образом в юго-восточном направлении. Так как скоростные модели предполагают совместное обращение приемных функций P- и S-волн, суммирование приемных функций продольных волн осуществляется только для землетрясений, расположенных к юго-востоку от станций ($BAZ=120-210^\circ$).

Получаемые оценки мощности рассчитываются одновременно с глубинными моделями и согласуются с ними. Погрешность измерения мощности коры не более 2 км. Утоненная кора мощностью 30 км получена под станциями IRK и KEL, 35 км на станциях MXM, TRG и TLY. В 100 км от озера Байкал получены средние значения мощности, 40 км (ZAK, UUD, YLY). В районе Восточного Саяна на станциях ORL и MOY мощности достигают 45 и 50 км соответственно [7]. Как видно, самая тонкая кора приурочена к впадине озера Байкал и может быть связана с процессом рифтогенеза [8].

Скорость поперечных волн непосредственно под границей Мохо на большинстве станций достигает 4.5 км/с. Он подстилается низкоскоростным слоем со скоростями до 4.0–4.2 км/с. Пониженные скорости могут быть связаны с частичным плавлением, что характерно для районов с повышенным тепловым потоком, к которым относится и Байкальский рифт, а переход от высокой скорости к низкой можно считать границей литосфера–астеносфера (LAB) [7].

Полученные сейсмические разрезы глубиной до 300 км освещают сегмент радиусом к юго-востоку до 150 км, поскольку лучи в районе станции подходят не строго вертикально, а имеют некий сейсмический снос. В связи с этим граница литосфера–астеносфера (LAB) смещена на несколько десятков километров. Поэтому, учитывая это смещение, граница LAB под впадиной Байкала берется на основании данных по станциям TLY, TRG и IRK и не превышает 50 км. Во всех остальных случаях, за исключением станции ORL, имеющую сходную структуру, граница литосфера-астеносфера находится существенно глубже, достигая 80–100 км.

Сейсмические границы, выделяемые в мантии на глубинах 410 и 660 км, связаны с фазовыми переходами. Разность глубин и времен вступлений обменных волн на этих границах чувствительны к температурным аномалиям. Аномалия в 100 К создает аномалию дифференциального времени величиной около 2 с. Поэтому при нагреве переходной зоны термальным плюмом 410-км граница смещается вниз, а 660-км — вверх. Примеры этому можно наблюдать в горячих точках, где сокращение дифференциального времени обычно происходит за счет погружения 410-км границы. На ряде наших станций надежное измерение дифференциального времени затруднено. Сравнительно надежные измерения могут быть сделаны на станциях IRK, MOY и ORL. Обменная волна на границе 410 км образуется на расстоянии 100 км к юго-востоку от сейсмической станции. Для трех перечисленных станций точки обмена находятся в области предполагаемого плюма. Дифференциальное время для IRK — 23.0 с, для MOY — 25.1 с и для ORL — 23.5 с со средним значением 23.9 с, что соответствует стандартному времени по IASP91. На основании этих данных можно говорить об отсутствии признаков термального плюма в переходной зоне мантии БРЗ, но этот результат не следует считать окончательным из-за недостаточного количества данных.

Литература

1. Asymmetric upwarp of the asthenosphere beneath the Baikal rift zone, Siberia / S. Gao [et al.] // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. P. 15319–15330.
2. The Baikal rift zone: the effect of mantle plumes on older structure / Y. Zorin [et al.] // *Tectonophysics.* 2003. V. 371. P. 153–173.
3. Molnar P., Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision // *Science.* 1975. V. 189. P. 419–426.
4. Gao, S., Liu K., Chen C. Significant crustal thinning beneath the Baikal rift zone: new constraints from receiver function analysis // *Geoph. Res. Lett.* 2004. V. 31. L20610.
5. Vinnik L. P. Detection of waves converted from P to SV in the mantle // *Phys. Earth Planet. Inter.* 1977. Vol. 15. P. 39–45.
6. Farra V., Vinnik L. Upper mantle stratification by P and S receiver functions // *Geophys. J. Int.* 2000. V. 141. P. 699–712.

7. Кора и мантия Байкальской рифтовой зоны по данным приемных функций продольных и поперечных волн / Л. П. Винник [и др.] // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8(4). С. 695–709. DOI:10.5800/GT-2017-8-4-0313.

8. Artemyev M. E., Artyushkov Ye. V. Origin of rift basins // International geology review. 1969. V. 11. № 5. P. 582–593.

Цыдыпова Лариса Ринчиновна, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Геологического института СО РАН, г. Улан-Удэ.