

ЛАТЕРАЛЬНЫЕ ВАРИАЦИИ ОТРАЖАЮЩИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ВНУТРЕННЕГО ЯДРА ЗЕМЛИ

Усольцева О.А., Овчинников В.М.

*Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского
Российской академии наук, г. Москва
kriukova@idg.ras.ru*

Физические процессы, происходящие в области перехода внутреннее - внешнее ядро Земли, обсуждаются в геофизическом сообществе на протяжении последних двух десятилетий, и подчеркивается важность этих процессов в эволюции и динамике магнитного поля Земли. Одним из наиболее надежных способов определения физических параметров поверхности внутреннего ядра (ICB) является изучение волн, отраженных от поверхности внешнего и внутреннего ядра (РсР и РKiКР) на малых расстояниях. Траектории лучей этих волн показаны на рисунке 1а. Примеры обрабатываемых при проведении исследования сейсмограмм волн РсР и РKiКР представлены на рисунке 1б,в.

Для анализа использованы данные более 1300 трасс источник-приемник из 23 регионов, расположенных в разных частях

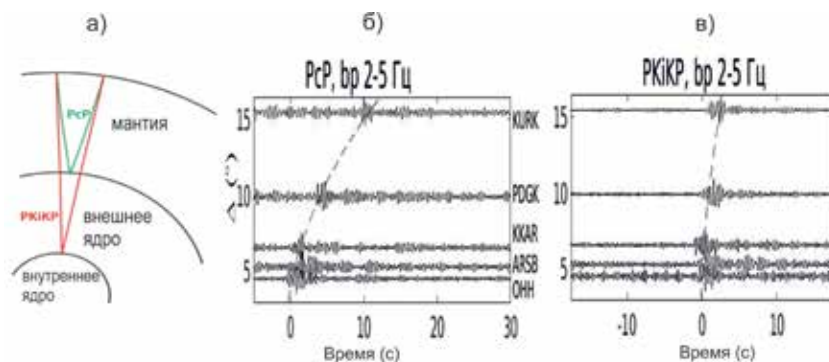


Рис. 1. а) - схема лучей волн РсР и РKiКР для эпицентрального расстояния 10° , б) и в) - отфильтрованные вертикальные компоненты сейсмических записей волны РсР (б) и РKiКР (в) от Памиро-Гиндукушского землетрясения 8 августа 2019 г, зарегистрированного на сейсмических станциях в Казахстане и Киргизии

земного шара, с точками отражения волн РсР и РKiКР между широтами 30°S-60°N. Ранее в [1] на основе изучения дифференциальных невязок времен пробега этих волн $DDT=(t_{PKiKP}-t_{PcP})_{эксп}-(t_{PKiKP}-t_{PcP})_{мод}$ (t_{PKiKP} — время пробега волны РKiКР, t_{PcP} — время пробега волны РсР, индекс *эксп* означает экспериментальные значения, индекс *мод* — измеренные в стандартной модели ak135 [2]) было установлено существование в верхней части внутреннего ядра двух крупных областей с латеральным масштабом 2000–2500 км с границей раздела (зоной перехода) в интервале 40-75°E. В этих крупномасштабных структурах также обнаружены районы с аномалиями DDT масштабом 200–600 км и более мелкие элементы мозаики с размером 10–20 км и 50–150 км. Вариации DDT, полученные в [1], могут быть связаны как с рельефом ICB, так и с физическими характеристиками (скорость поперечных и продольных волн, плотность) в переходной зоне внешнее-внутреннее ядро.

В данной работе мы представляем глобальное распределение логарифма отношения относительных амплитуд LARR докритически (до эпицентрального расстояния 50°) отраженных волн РсР и РKiКР. Дифференциальная амплитуда LARR определяется по формуле:

$$LARR=\log_{10}\{(A_{PKiKP}/A_{PcP})_{эксп}/(A_{PKiKP}/A_{PcP})_{мод}\},$$

где A_{PKiKP} — амплитуда волны РKiКР, A_{PcP} — амплитуда волны РсР.

В ряде работ [например, 3] значения DDT и LARR в зависимости от эпицентрального расстояния не коррелируют между собой, т.е. источники вариаций этих параметров различны. Известен только единственный пример синхронного изменения дифференциальных времен пробега и относительных амплитуд для землетрясения в Охотском море по данным Японской группы J-агау на эпицентральных расстояниях от 11° до 15°, описанный в [1]. Поэтому отдельный анализ дифференциальных амплитуд на основе собранного массива данных имеет большое значение для объяснения структурных особенностей в зоне перехода внешнее-внутреннее ядро.

Распределение значений LARR в зависимости от координаты точки отражения волны РKiКР от поверхности внутреннего ядра представлено на рис. 2а. Видно, что между долготами 50°E и 160°E под Каспийским морем, северной Австралией, Индонези-

ей и Японией наблюдаются области пониженных значений. Под Центральной Америкой и Чукоткой, напротив, LARR принимают максимальные значения. Обнаруженные глобальные особенности относительного амплитудного отношения волн PKiKP и PcP могут быть связаны с вариациями механических свойств среды, формируемыми тепловым режимом в нижней мантии или на ICB.

На рисунке 2 приведено сравнение измеренных значений LARR с томографической моделью относительных вариаций скорости продольных волн V_p в верхней части внутреннего ядра

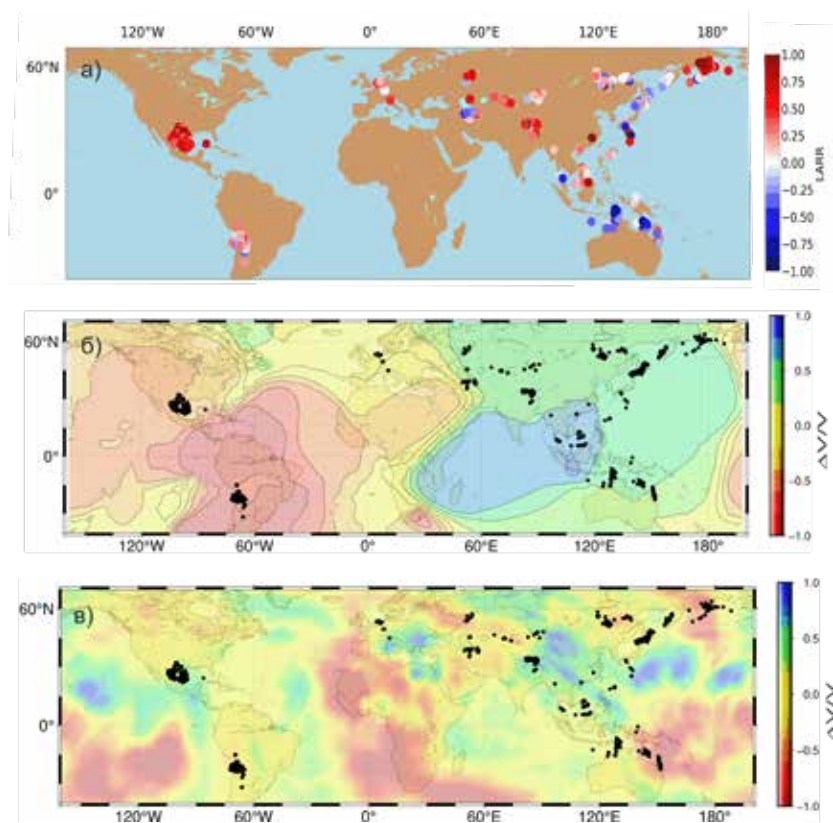


Рис. 2. Точки отражения волны PKiKP, спроецированные на дневную поверхность и наложенные на карту мира (а), карту скоростей V_p в верхней части внутреннего ядра [4], модель LLNL_G3D_JPS [5] для скоростей V_p в подошве нижней мантии (в). Цветом в а) показаны дифференциальные амплитуды PKiKP и PcP, определенные в работе

(рис. 2б), а также с картой латеральных неоднородностей VP в нижней мантии (рис. 2в). Из него следует, что значения LARR в разных частях земного шара сильно отличаются, причем положительные и отрицательные относительные амплитудные отношения могут соседствовать друг с другом, как отмечалось ранее в [3]. Под Чукоткой, Центральной Азией и Уралом аномально большие значения LARR отчасти объясняются малой амплитудой волны PcP из-за низкоскоростных зон в нижней мантии под этими районами. Сравнение рис. 2 а) и б) показывает, что различия в LARR под Центральной и Южной Америкой, а также под южными районами Каспийского моря, возможно, связаны с вариациями скорости продольных волн в верхней части внутреннего ядра. Отрицательные значения LARR под северной Австралией, Индонезией и Японией связаны с небольшим скачком плотности на ICB. PcP волна в этих районах, согласно карте рис. 2в, достаточно отчетливая. Повышенный скачок плотности и, как следствие, высокий коэффициент отражения PKiKP волны отмечен под Южной Америкой и Центральной Азией. Полностью исчерпывающих объяснений и оценок изменений относительного амплитудного отношения пока привести сложно, это - предмет будущих исследований.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 125012200561-3).

Литература

1. Овчинников В.М., Усольцева О.А. О мультимасштабных неоднородностях поверхности внутреннего ядра Земли // Доклады академии наук. Науки о земле. 2024. Т. 517. № 2. С. 109.113.
2. Kennett B.L.N., Engdahl E.R., Buland R. Constraints on seismic velocities in the Earth from travel times // *Geophysical Journal International*. 1995. V. 122. Is. 1. P. 108-124 <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1995.tb03540.x>.
3. Waszek L., Deuss A. Anomalously strong observations of PKiKP/PcP amplitude ratios on a global scale // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2015. DOI: 10.1002/2015JB012038.
4. Brett H., Hawkins R., Waszek L., Lythgoe K., Deuss A. 3D transdimensional seismic tomography of the inner core // *Earth and Planetary Science Letters*. 2022. 593. 117688.
5. Simmons N., Myers S., Johannesson G., Matzel E., Grand S.P. Evidence for long-lived subduction of an ancient tectonic plate beneath the southern Indian Ocean // *Geophysical Research Letters*. 2015. <https://doi.org/10.1002/2015GL066237>.