

## ОБНАРУЖЕНИЕ ВОЛН I2 И I4 В КОДЕ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

О. А. Усольцева\*, В. М. Овчинников

*Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук, Москва, Россия*

*\*E-mail: kriukova@idg.ras.ru*

В настоящее время требуются новые подтверждения гипотезы о присутствии в центре внутреннего ядра Земли специфической области IMIC (*innermost inner core*) и ее свойствах. Это очень важно, так как ее наличие может свидетельствовать о существовании нескольких этапов в формировании и эволюции ядра Земли, в частности, о быстрой аккреции в течение 50–100 млн лет с последующим медленным ростом ядра за 1.5–2 млрд лет.

Для количественного описания скоростных и анизотропных особенностей IMIC и его размеров с помощью объемных волн необходимы землетрясения, с одной стороны, большой магнитудой, а с другой малой – длительностью временной функции источника (ВФИ). Мы проанализировали 2-х часовое волновое поле после землетрясения на Камчатке с  $M = 8.8$  ( $52.512^\circ$  с.ш.,  $160.324^\circ$  в.д., глубина 35 км) и сверхдлинной ВФИ, произошедшего 29.07.2025 г., для выявления сейсмических фаз, связанных с центральной частью внутреннего ядра Земли, с использованием двух методов обработки. Во-первых, регулируемого направленного приема, опирающегося на анализ прямого волнового поля более чем 2800 сейсмограмм на эпицентральных расстояниях от  $0^\circ$  до  $150^\circ$  в частотном диапазоне 0.015–0.03 Гц. В ближней зоне до  $40^\circ$  идентифицированы волны I2 (РКИРРКИР) и I4 (РКИРРКИРРКИРРКИР), прошедшие 2 и 4 раза через внутреннее ядро, при этом угол между направлением сейсмического луча и осью вращения Земли составлял  $30^\circ$ – $60^\circ$ . Форма выделенных волн сравнена с ВФИ. Во-вторых, анализа кросс-корреляционного волнового поля поздней коды Камчатского землетрясения, построенного методом сейсмической интерферометрии. При обработке сейсмограмм использовались разные типы нормализации данных и подбор оптимальных значений для данного события со сложной временной функцией источника. Продемонстрирована работоспособность метода для землетрясений с длинной (4 мин) ВФИ и изменяющейся скоростью разрыва. Идентифицированы кросс-корреляционные аналоги волны РКИР на расстояниях  $140^\circ$ – $160^\circ$  и волны I2 на  $0^\circ$ – $30^\circ$ .

Полученные результаты указывают на возможность расширения области применения сейсмических методов, используемых в настоящее время для исследования центральной части земного ядра, за счет мощных землетрясений.

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

## DETECTION OF I2 AND I4 WAVES IN STRONG EARTHQUAKE CODE

O. A. Usoltseva\*, V. M. Ovchinnikov

*Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*\*E-mail: kriukova@idg.ras.ru*

New evidence is currently required to support the hypothesis regarding the presence of a specific region, the IMIC (*innermost inner core*), at the center of the Earth's inner core and its properties. This is very important, as its existence could indicate several stages in the formation and evolution of the Earth's core, specifically, rapid accretion over 50–100 million years followed by slow core growth over 1.5–2 billion years.

To quantitatively describe the velocity and anisotropic characteristics of the Inner Core (IC) and its dimensions using body waves, earthquakes are required that, on one hand, have a large magnitude, and on the other, a short duration of the source time function (STF). We analyzed the 2-hour wavefield following the Kamchatka earthquake with  $M = 8.8$  ( $52.512^\circ$  N,  $160.324^\circ$  E, depth 35 km) and an extremely long STF, which occurred on July 29, 2025, with the aim of identifying seismic phases associated with the central part of the Earth's inner core using two processing methods. First, using beamforming, based on the analysis of the direct

wavefield from more than 2800 seismograms at epicentral distances from  $0^{\circ}$  to  $150^{\circ}$  in the frequency range of 0.015–0.03 Hz. In the near zone up to  $40^{\circ}$ , waves I2 (PKIKPPKIKP) and I4 (PKIKPPKIKPPKIKPPKIKP) were identified, which have passed through the inner core 2 and 4 times, respectively, with the angle between the seismic ray direction and the Earth's rotation axis being  $30^{\circ}$ – $60^{\circ}$ . The waveform of the identified waves was compared with the STF. Second, using cross-correlation analyses of the seismic late coda of the Kamchatka earthquake, constructed using the seismic interferometry method. Different types of data normalization and selection of optimal parameters for this event with a complex source time function were used in processing the seismograms. The method is shown to be working for earthquakes with long (4 min) STF and variable rupture velocity. Cross-correlation analogs of the PKIKP wave at distances of  $140^{\circ}$ – $160^{\circ}$  and the I2 wave at  $0^{\circ}$ – $30^{\circ}$  were identified.

The obtained results indicate the possibility of expanding the scope of seismic methods currently used to study the central part of the Earth's core by utilizing powerful earthquakes.