

## ВЛИЯНИЕ ТИПА ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ГОДОГРАФЫ ВОЛН ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЗОНЕ ПЕРЕХОДА ОХОТСКОЕ МОРЕ-СУША

Тип земной коры влияет на годографы волн землетрясений Северо-Охотского сейсмического пояса, расположенного в зоне перехода от Охотского моря к суше Евразии. По комплексу геолого-геофизических материалов, включающих ГСЗ по геотраверсу Охотское море – Магадан – о. Врангеля, данным гравиметрии, установлено, что северная часть Охотоморской микроплиты имеет кору промежуточного типа, которая скачкообразно меняется на континентальную в Охотском блоке, зажато микроплитой и литосферными плитами Евразийской и Северо-Американской. Их взаимодействие определяет природу землетрясений пояса.

**Ключевые слова:** годографы волн землетрясений; переходная зона море – суша; типы земной коры.

### *Введение*

Годографы волн землетрясений зависят от строения земной коры, ее мощности и латеральной скоростной неоднородности. По этим причинам, при определении положения эпицентров местных землетрясений используют локальные, в том числе азимутальные, годографы. Очевидно, что различие годографов волн землетрясений будет более значительным, если зона сейсмичности располагается в пределах смены одного типа земной коры другим, поскольку при этом меняется не только мощность, но и ее структура. В зоне перехода от Охотского моря к суше на северном побережье тип коры меняется с промежуточной (окаинноморской) на Охотоморской плите на континентальную для Евразии.

### *Строение земной коры северного побережья Охотского моря в зоне перехода от Охотоморской микроплиты к Евразийскому континенту*

Исследованиями последних лет, включающими глубинные сейсмические зондирования (ГСЗ), методами ОГТ и КМПВ, данными гравиметрии и магнитометрии, глубинной сейсмологической томографии, установлено, что северным побережьем Охотского моря совпадает граница смены одного типа земной коры на другой: с промежуточной (окаинноморской) в Охотском море (Охотоморская микроплита) на континентальную на суше Евразийского континента [Андиева и др., 2009; Зеленский, Целищев, 2003; Структура и строение, 2007]. Мощность земной коры на море 20 – 22 км, практически ступенью, увеличивается до 30 – 33 км на суше. При этом одновременно меняется и структура земной коры с промежуточного типа, с утоненным гранитным слоем, на континентальную кору. Этот участок представляет собой палеосубдукционную зону, к которой примыкает, располагающийся на шельфе, Северо-Охотоморский прогиб. Прогиб унаследовал глубоководный желоб, который существовал в активную фазу развития субдукции

### *Сейсмичность зоны перехода*

Вдоль северного побережья Охотского моря от Охотска, на западе, до сочленения Курило-

Камчатского глубоководного желоба с Алеутским, на востоке, протягивается зона высокой сейсмичности, ширина которой на шельфе достигает 200 – 250 км, пространственно совпадающая с Северо-Охотоморским прогибом. По особенностям геодинамики, сеймотектоники и природе землетрясений шельфа и прилегающей суши здесь располагается самостоятельный Северо-Охотский сейсмический пояс (СОСП) [Алешина, Седов, 2009]. Пояс маркирует северную границу Охотоморской микроплиты и Охотского блока, образующего ряд тройных точек с Евразийской и Северо-Американской литосферными плитами. Природа сейсмичности СОСП отличается от подпадающего с северо-запада сейсмического пояса Черского (СПЧ), являющегося продолжением срединно-океанической зоны спрединга хребта Гаккеля в Северном Ледовитом океане. СПЧ приурочен к границе Евразийской и Северо-Американской литосферных плит. Сейсмоактивные разломы обоих сейсмических поясов, взаимно проникая друг в друга, по мере удаления от берега моря, постепенно уменьшают свою активность. В пределах Охотского блока, граничащего с Охотоморской микроплитой, наряду с разломами СПЧ северо-западного простирания, выделены “скрытые” дискордантные по направлениям, сейсмоактивные структуры меньшей протяженности.

Землетрясения СПЧ на прибрежной суше, в основном связаны с горизонтальными правосторонними подвижками по глубинным региональным разломам. Их гипоцентры располагаются в пределах земной коры (до глубин 30–33 км), концентрируясь преимущественно на глубинах 10–12 км. Землетрясения, происходящие в пределах коры промежуточного типа на Охотоморской плите, приурочены к субширотным тектоническим нарушениям горизонтальной кинематики. Их гипоцентры располагаются ниже поверхности акустического фундамента на глубинах 12–20 км. Об отсутствии вертикальной составляющей в их кинематике свидетельствует рельеф морского дна, в котором нет валов, ступеней и рвов, а так же тот факт, что ни одно из известных землетрясений шельфа не сопровождалось цунами.

**Методика построения годографов волн землетрясений в зоне перехода море – суша.**

Региональная сеть цифровых сейсмических станций северо-востока Азии позволяет регистрировать землетрясения юго-восточного окончания СПЧ, эпицентры которых располагаются на континентальной коре и события, происходящие в СОСП, в пределах шельфа Охотского моря с магнитудой не менее 2,5. Для исследования влияния типа земной коры на годографы волн землетрясений выбрали события, произошедшие в полосе субме-ридионального профиля, проходящего через сейсмостанцию “Магадан”, находящуюся практически на границе, отделяющей Охотомор-скую микроплиту от Охотского блока. Для этого на карте эпицентров землетрясений были проведены концентрические окружности, радиусами 50 и 100 км, центр которых, совмещен с точкой положения сейсмостанции. Для построения сводной сейсмограммы, выбирались парные землетрясения, находящиеся примерно на одинаковом удалении от сейсмостанции. При этом одно из них было морским, другое – на суше. При этом также соблюдалось условие, чтобы эпицентры землетрясений находились как можно ближе к меридиану, проходящему через сейсмостанцию. Наиболее удаленные эпицентры парных землетрясений, практически оказавшихся, находящихся на одной прямой линии на расстоянии 117 км от точки регистрации.

Для построения сейсмограммы использованы цифровые записи вертикальной составляющей колебаний, которая не зависит от азимута прихода волн. Колебания принимались широкополосным сейсмометром STS-2, установленным на бетонный постамент, залитый на поверхность средне-зернистых гранодиоритов Магаданского батолита верхнеюрского – нижнемелового возраста. Сейсмическая аппаратура находится в подземном бункере.

Записи морских и землетрясений на суше объединены в единую сейсмограмму, на которой по одну сторону от нулевого пикета, совмещенного с сейсмостанцией “Магадан”, выведены трассы морских землетрясений, по другую – суши. По вертикальной оси ведется отсчет времени распространения волн от источника до сейсмометра.

На сейсмограмме в первых вступлениях выделены продольные  $P_g$  и поперечные  $S_g$  волны. По амплитуде и форме колебаний эти волны четко разделяются друг от друга. Поперечные волны по амплитуде существенно превышают продольные. По частоте колебаний наблюдается обратное соотношение – для поперечных она выше, чем у поперечных. Годографы волн имеют прямолинейную форму, что позволяет по линейным отрезкам определять значения кажущихся скоростей волн. Полученные данные, а также смены их значений показаны на сейсмограмме.

**Выводы**

В результате анализа годографов волн землетрясений в зоне перехода от моря к суше установлено, что наименьшие скорости прямых  $P$  и  $S$  волн землетрясений зарегистрированы на континентальной коре  $V_p=4,8$  км/с и  $V_s=3,0$  км/с. Эти волны прослеживаются, примерно, на протяжении 50 км.

На суше далее происходит скачкообразное увеличение скорости  $P$  волны до 5,2 км/с. Интервал ее прослеживания 50–90 км. Затем в первые вступления выходит волна с кажущейся скоростью 6,7 км/с. На этом интервале скорость поперечной волны  $V_s=4,7$  км/с. Значения скоростей продольных волн отражают структуру континентальной коры, где первый слой связан с осадочными отложениями молодых наложенных впадин, второй – с кровлей “гранитного” слоя, а третий – с поверхностью Конрада (“базальтовый” слой).

Иное скоростное строение промежуточной (океанической) коры. Здесь низкоскоростная волна отсутствует. Первая продольная волна имеет скорость  $V_p=5,4$  км/с. Эта волна прослеживается до 80 км. На этом интервале волна  $S$  имеет скорость 3,2 км/с. Далее в первых вступлениях следует продольная волна, распространяющаяся со скоростью  $V_p=5,8$  км/с. Эти значения скоростей  $V_p$  иные, чем на суше: первая больше на “море” (5,4 км/с), чем на суше (5,2 км/с). Учитывая, что различие в скоростях незначительное (около 3%), можно считать, что они относятся к одной и той же литологической разности пород – слою “гранитов”. Поперечные волны различаются более 3,0 и 3,2 км/с.

Для следующего слоя различие скоростей  $P$  волн более значительно (свыше 10%) – 6,7 и 5,8 км/с. При чем для этой волны скорость на промежуточной коре меньше, чем на континентальной. Вероятно, это обусловлено следующими причинами: во-первых, на Охотском море значительный по величине тепловой поток, что свидетельствует о повышенной температуре коры [Туезов, 1990]; во-вторых, данный слой (“базальты”) на море залегает на глубине, существенно меньшей, чем на суше, т.е. находится в условиях пониженного давления. Кроме этого, часть разреза состоит не из пород, а представлена водой, объемная плотность которой примерно в 2,5 раз меньше, что так же снижает давление. Очевидно, что повышенная температура и пониженное давление действуют в одном направлении – уменьшают скорость сейсмических волн. Однако не стоит забывать, что данное предположение, не бесспорно, поскольку для “гранитного” слоя соотношение скоростей на море и суше противоположное, чем для “базальтов”.

Не приводя количественных данных, отметим: тип земной коры и ее структура отражаются и на динамических характеристиках волн земле-

трясений. При расположении эпицентров на коре промежуточного типа спектральный состав колебаний более высокочастотный по сравнению с континентом землетрясением. Амплитуды волн землетрясений, происходящих на суше, затухают с расстоянием быстрее, чем для морских событий. Это, вероятно, обусловлено большей латеральной литологической неоднородностью континентальной коры вблизи морского побережья за счет интрузий гранодиоритов и смены состава вулканитов в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе, приводящих к значительному рассеиванию энергии волн землетрясений.

#### Литература

Алешина Е.И., Седов Б.М. Влияние структуры земной коры на форму записи землетрясений Северо-Охотского сейсмического пояса // Чтения памяти академика К.В. Симакова: Тез. докл. Всероссийской конф. (Магадан, 25-27 ноября 2009г.). – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2009. – С. 32-36.

Андиева Т.А., Сакулина Т.С., Маргулис Л.С., Тихонова И.М. Строение центральной части профиля Охотского моря (в полосе профиля 2 ДВ-М)//Нефтегазогеологические исследования и вопросы рационального освоения углеводородного потенциала России: Сб. научн. статей./Под ред. О.М. Прищепы. СПб: ВНИГРИ, 2009. –С.247-263.

Зеленский Д.С., Целищев Л.А. Карта аномального поля силы тяжести Дальневосточного федерального округа. – СПб: ФГУП “ВСЕГЕИ”, 2003.

Структура и строение земной коры Магаданского сектора России по геолого-геофизическим данным: Сборник научных трудов – Новосибирск: Наука, 2007. – 173 с.

Туезов И.К. Геотермическая структура литосферы и астеносферы Азиатско-Тихоокеанской зоны сочленения и прилегающих частей Азии и Тихого океана. Владивосток: ИтиГ ДВО АН СССР, 1990. 103 с.

### ВПЛИВ ТИПУ ЗЕМНОЇ КОРИ НА ГОДОГРАФИ ХВИЛЬ ЗЕМЛЕТРУСІВ У ЗОНІ ПЕРЕХОДУ ОХОТСЬКЕ МОРЕ – СУХОДІЛ

**Р.С. Комарова, Б.М. Седов**

Тип земної кори впливає на годографи хвиль землетрусів Північно-Охотського сейсмічного поясу, що розташований у зоні переходу від Охотського моря до Євразійського континенту. За комплексом геолого-геофізичних матеріалів, включаючи ГСЗ по геотраверсу Охотське море – Магадан – о. Врангеля, даними гравіметрії встановлено, що північна частина Охотськоморської плити має кору проміжного типу, яка стрибкоподібно змінюється на континентальну в Охотському блоці, затисненому мікроплитою та Євразійською і Північно-Американською літосферними плитами. Їх взаємодія визначає природу землетрусів поясу.

**Ключові слова:** годографи хвиль землетрусів; перехідна зона море – суша; типи земної кори.

### THE INFLUENCE OF TYPE OF THE EARTH'S CRUST ON THE TRAVELTIME CURVE OF THE EARTHQUAKES IN TRANSITION ZONE BETWEEN OKHOTSK SEA AND LAND

**R.S. Komarova, B.M. Sedov**

Influence of the Earth's crust type on travel-time curves of the earthquakes in the Northern Okhotsk seismic belt, located in the transition zone between the Sea of Okhotsk and the Eurasia land is discussed. Based on gravimetry, geological and geophysical data, which include data of seismic sounding along the traverse Sea of Okhotsk – Magadan – Island of Wrangel, it has been found out that the crust in the northern part of micro-plate of Sea of Okhotsk is of intermediate type. It changes abruptly in the Okhotsk block to continental crust, squeezed between the micro-plate, and the Eurasian and North American lithospheric plates.

**Keywords:** travel-time curves; transition zone sea – land; type of the Earth's crust.