

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СКОРОСТНОГО СТРОЕНИЯ ФОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ У БЕРЕГОВ КАМЧАТКИ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Славина Л. Б.¹, Пивоварова Н. Б.¹, Левина В. И.²

¹Институт физики Земли РАН, г. Москва

²Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, , slavina@ifz.ru

Введение

Результаты, приведенные в данной статье, являются продолжением исследований выполненных авторами по изучению трехмерного скоростного строения фокальной зоны у берегов Камчатки по сейсмологическим данным и опубликованным в ряде работ [2-4].

Авторы сочли возможным поместить в данную публикацию новые, не опубликованные ранее результаты, полученные при расчетах поля скоростей в северной части фокальной зоны, на участке север Кронцокого залива – Кронцкий полуостров- Камчатский залив.

Методические особенности расчетов

Для расчета трехмерной скоростной модели среды используется метод обратимой волны, который позволяет определять скорость продольных и поперечных волн в области концентрации очагов, проследить динамику изменений поля скоростей сейсмических волн в пространстве и времени. При этом подходе исключается влияние геолого-геофизических особенностей на пути распространения волны от источника (станции) до приемника (гипоцентра).

Исследования скорости проводились на основе исходных данных о координатах гипоцентров и временах пробега сейсмических P - и S - волн от региональных землетрясений энергетического класса $K_s \geq 8.5$, зарегистрированных цифровыми телеметрическими сейсмическими станциями и обработанных Камчатским филиалом Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) за 1999–2004 гг. Первичные данные переопределению не подвергались.

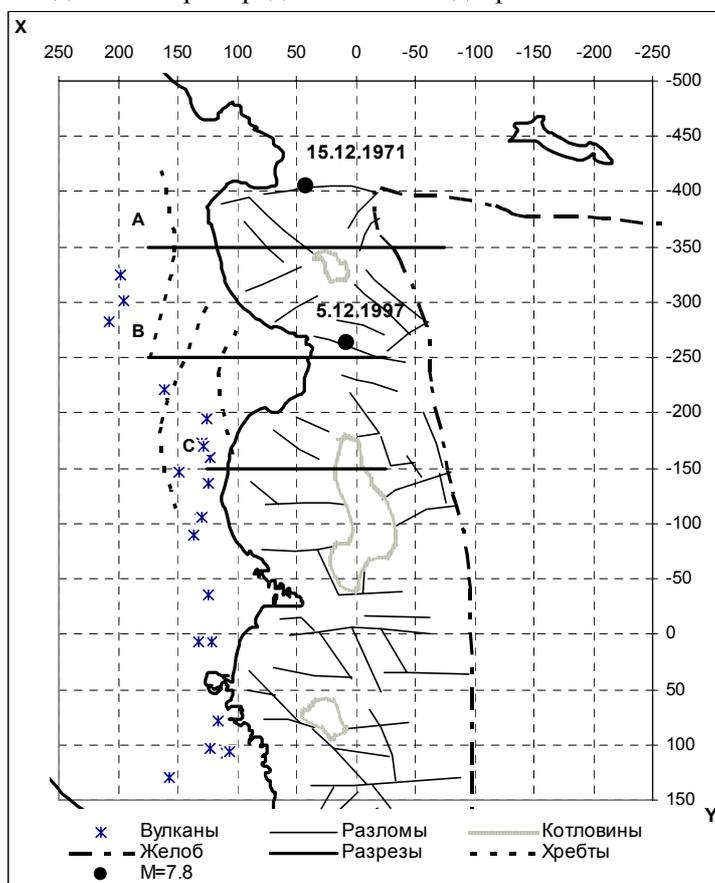


Рис. 1. Карта–схема новейшей тектоники по данным Н.И. Селиверстова[1]. Показано положение линий вертикальных разрезов: А, В, С.

Скорости V_p , полученные по экспериментальным временам для каждой точки (гипоцентра) усреднялись по результатам расчета для всех станций, зарегистрировавших данное землетрясение. Для удобства расчетов введена декартовая система координат с центром в точке $\varphi_0 = 52.67^\circ\text{N}$, $\lambda_0 = 160.34^\circ\text{E}$. Ось Y проходит через точку - $\varphi_1 = 51.93^\circ\text{N}$, $\lambda_1 = 159.46^\circ\text{E}$ и направлена на юго-запад параллельно простиранию фокальной зоны. Ось X направлена вкост фокальной зоны, положительное направление оси в сторону материка. Точность полученных значений скорости оценивается в пределах 0.1-0.3 км/с в зависимости от расположения гипоцентров и количества станций. Это позволило проводить изолинии скорости на разрезах с шагом 0.5 км/с.

Результаты расчетов поля скорости P -волн

Ранее были выполнены и опубликованы расчеты трехмерного поля скорости P -волн фокальной зоны на участке – юг Камчатки – Авачинский залив – мыс Шипунский – Кроноцкий залив [2-4]. В данной работе приводятся результаты по северному участку фокальной зоны: Кроноцкий залив – Кроноцкий полуостров – Камчатский залив. Результаты представлены в виде трех вертикальных разрезов в плоскости XZ , вкост фокальной зоны, пересекающих её в наиболее интересных участках поля. На рис. 1 в декартовой системе координат показаны линии вертикальных сечений поля скорости А, В, С, элементы новейшей тектоники по данным Н.И.Селиверстова [1]. На рис. 2-4 представлена серия разрезов в плоскости XZ , секущих вкост простирания фокальную зону: Камчатский залив $-375 \leq Y \leq -325$ км (рис. 2); Кроноцкий полуостров $-300 \leq Y \leq -200$ км (рис. 3); Кроноцкий залив $-200 \leq Y \leq -100$ км (рис. 4).

Рассмотрим результаты, приведенные на разрезах. Разрез по линии А-А пересекает Камчатский глубоководный желоб, Камчатский залив в его центральной части, Камчатскую котловину, серию разломов, далее на суше район хр. Кумроч и на северо-западе заканчивается вблизи Северной группы вулканов. Положение элементов новейшей тектоники условно показано на разрезе. На профиль сносились данные в интервале ± 25 км.

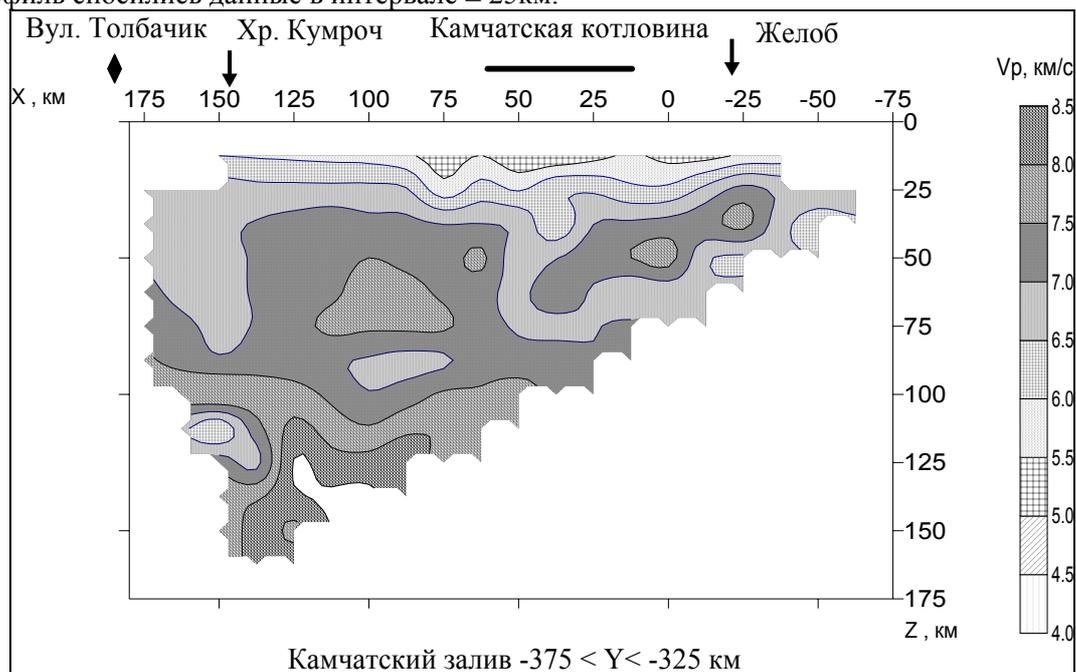


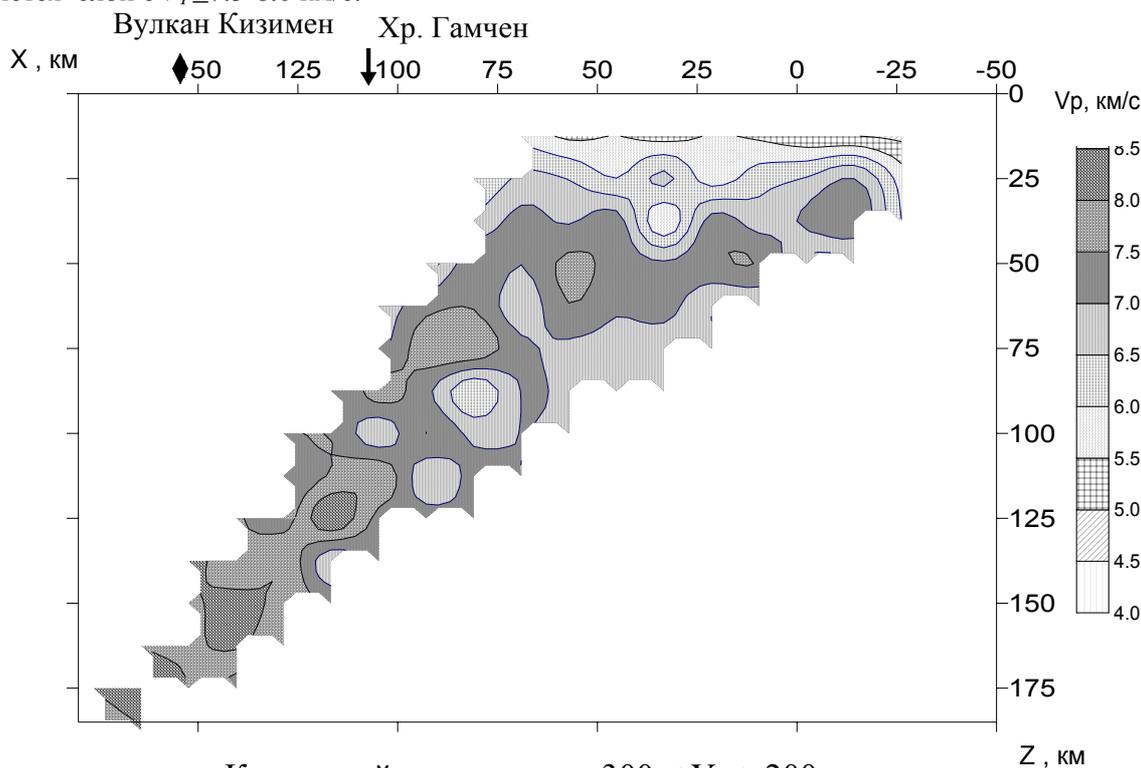
Рис. 2. Вертикальный разрез $V(XZ)$ поля скорости P -волн по линии А-А в Камчатском заливе. Условно показаны структурные элементы, которые пересекает профиль.

В верхней части разреза до глубины 20 км изолинии скорости близгоризонтальны. Изолиния $V_p=6.5$ км/с фиксируются на глубине ~ 20 км. В районе Камчатской котловины, опускаясь глубже до значений ~ 40 км. Интерес представляет наклонная структура относительно высокоскоростных значений $V_p \geq 7.0$ км/с, протягивающаяся с северо-востока от $X=-40$ км (глубина 25-30 км), на юго-запад до $X=+50$ км (глубина ~ 70 км). Отметим, что ее юго-западное окончание как раз подстилает область погружения изолинии 6.5 км/с. Поведение изолинии 7.0 км/с сложное. На северо-востоке она фиксируется на глубине ~ 70 км, в области Камчатской котловины, в интервале $X=0-50$ км, далее резко воздымаясь до глубины ~ 35 км, образуя ровную горизонтальную поверхность в интервале $X=50-150$ км. Затем вновь резкое погружение до глубин ~ 90 км. В центральной части этой скоростной структуры на $X=75-125$ км, на глубине 50-75 км наблюдается высокоскоростное

включение со значениями $V_p \geq 7.5$ км/с. Ниже вновь прослеживается изолиния скорости 7.5 км/с на глубинах ~90-110 км. Мантийные значения скорости $V_p \geq 8.0$ км/с фиксируются на глубинах 125-150 км. На разрезе при $X > 150$ км на глубине ~125 км фиксируется пятно низких скоростей (до 6.0-6.5 км/с) не характерных для этих глубин. Как ранее отмечалось [4] эта область низких скоростей ассоциируется нами с областью питания вулканов. Заметим, что сильное Усть-Камчатское землетрясение 15.12.1971 г. с $M_{th}=7.8$, очаг которого располагался на глубине 20-30 км южнее полуострова Камчатка, проецируется в районе $X=50$ км в градиентную зону области ступенеобразного погружения изолиний 6.5-7.0 км/с.

Разрез по линии В-В проходит через Кроноцкий п-ов и его подводное погружение, пересекает хр. Гамчен и хр. Тумрок. На разрез проецируется активизировавшийся в настоящее время вулкан Кизимен. Следует так же упомянуть, что этот разрез пересекает очаговую область главного толчка Кроноцкого землетрясения 5.12.1997 г. с $M_w=7.8$ ($X=7$ км, $Y=-264$ км). Рассмотрим поведение изолиний скорости V_p , характеризующих строение этого участка. На юго-востоке изолиния $V_p=6.5$ км/с прослеживается на глубине ~20 км, погружаясь при перемещении на северо-запад до глубин ~30 км.

При этом в области Кроноцкого п-ова и его подводного погружения при $X=25-50$ км наблюдается опускание изолинии до глубин ~45 км с образованием впадины. Изолиния скорости 7.0 км/с также погружается в этом интервале X . При перемещении на северо-запад, на суше изолиния 6.5 км/с испытывает подъем до глубины ~25 км. На глубинах ~60-90 км с океанической стороны наблюдается внедрение низкоскоростных масс со значениями более 7.0 км/с. Под Кроноцким полуостровом они поднимаются до глубин 50 км. На юго-восточном конце разреза на глубинах 25-45 км видно включение со значениями скорости 7.0-7.5 км/с. Интересно, что к этой зоне приурочен инструментальный гипоцентр главного толчка Кроноцкого землетрясения. Скорости 7.5 км/с и выше наблюдаются отдельными включениями в верхней части разреза и только на глубине ~110 км появляется слой с $V_p \geq 7.5-8.0$ км/с.



Кроноцкий полуостров $-300 < Y < -200$ км

Рис.3. Вертикальный разрез $V(XZ)$ поля скорости Р-волн по линии В-В в районе Кроноцкого п-ова. Условно показаны структурные элементы, которые пересекает профиль.

Разрез по линии С-С проходит в северной части Кроноцкого залива, пересекая Кроноцкую котловину в ее северо-восточном окончании, и заканчивается на суше в районе вулканов Крашенинникова, Кроноцкого.

В верхней части разреза изолинии скорости 6.0-6.5-7.0 км/с близь горизонтальны и прослеживаются на глубинах с океанической стороны 20, 25 и 30 км соответственно. Поле скорости, ограниченное изолиниями 7.0-7.5 км/с располагается от 30 км до глубины 75 км. Причем, изолиния

7.5 км/с поднимается с глубины 75 км со стороны океана до глубины 40 км под материковой частью. Мантийные значения скорости больше 7.5 км/с можно видеть на глубинах более 75 км. На глубинах ~110 км с материковой стороны наблюдается понижение скорости под вулканической грядой.

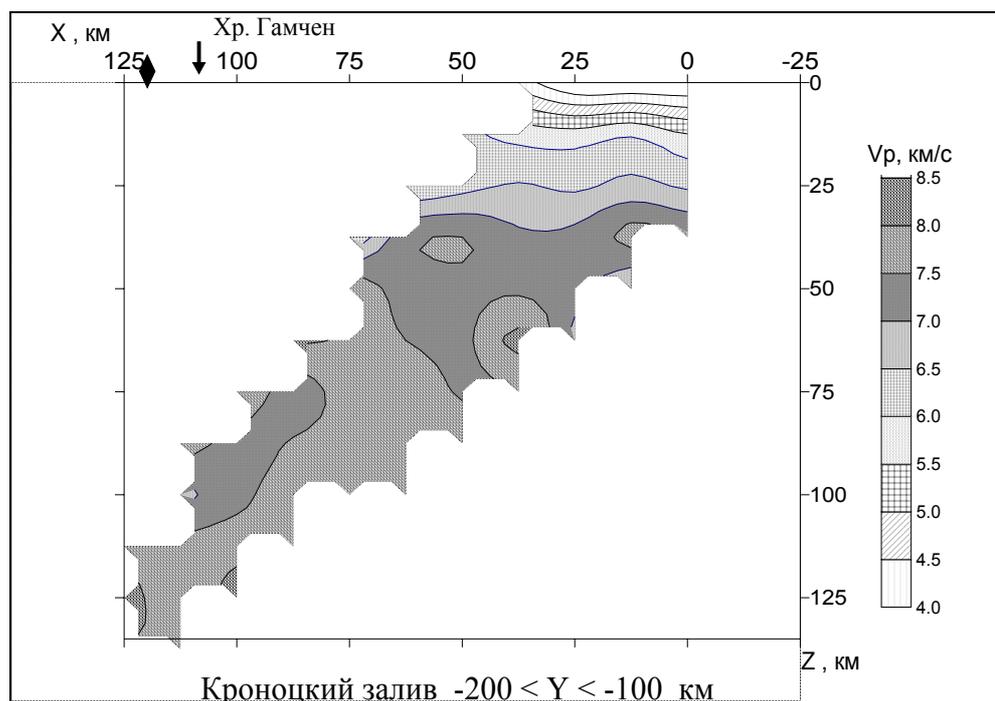


Рис. 4. Вертикальный разрез $V(X, Z)$ поля скорости Р-волн по линии С-С в северной части Кроноцкого залива. Условно показаны структурные элементы, которые пересекает профиль.

Заключение

Рассчитанные скоростные разрезы северного участка Камчатской фокальной зоны свидетельствуют о сложной и неоднородной структуре поля скорости Р-волн у берегов Камчатки. Значительные различия в строении среды по полю скоростей выявлены для Кроноцкого и Камчатского заливов, полуострова Кроноцкий и его подводного продолжения, а также район сочленения Камчатской и Алеутской островных дуг.

Наблюдаются области высоких и низких значений скоростей. Для таких форм рельефа дна, как Камчатская котловина, на глубине характерно разнонаправленность изменений значений поля скорости – погружение до не свойственных глубин этим значениям низких скоростей и одновременно подъем высоких. Особый интерес вызывает структура, расположенная в Камчатском заливе на $X=50-150$ км, где изолиния скорости 7.0 км/с образует столбообразную структуру. Следует отметить, что к этой структуре приурочен очаг Усть-Камчатского землетрясения 15.12.1971 г. с $M_{11}=7.8$ [5]. Для этих областей характерен высокий градиент изменения поля скорости.

Можно предположить, что области резко градиентных зон могут быть ассоциированы с разрывными нарушениями, к которым в свою очередь приурочены сильные землетрясения.

Интерпретация полученных особенностей поля скорости проведена с учетом строения дна прикамчатских акваторий и карты новейшей тектоники по Н.И. Селиверстову.

Список литературы

1. Селиверстов Н.И. Строение дна Прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. М.: Научный мир. 1998. 164 с.
2. Славина Л.Б., Пивоварова Н.Б., Левина В.И. Исследование особенностей строения фокальной зоны Камчатки на участке Авачинский залив – Кроноцкий залив // Вулканология и сейсмология. 2009. №5. С.35-50.
3. Славина Л.Б., Пивоварова Н.Б., Левина В.И. Исследование скоростного строения очаговой области Кроноцкого землетрясения 1997 г. ($M_{11}=7.8$, Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2007. № 4. С. 1-10.
4. Славина Л.Б., Пивоварова Н.Б., Бабанова Д.Н., Левина В.И. Исследование особенностей строения фокальной зоны Камчатки на участке Авачинский залив – мыс Лопатка // Геофизические исследования, М.: ИФЗ РАН. 2007. № 8. С 117-126.
5. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. // М.: Наука. 1977. 535 с.