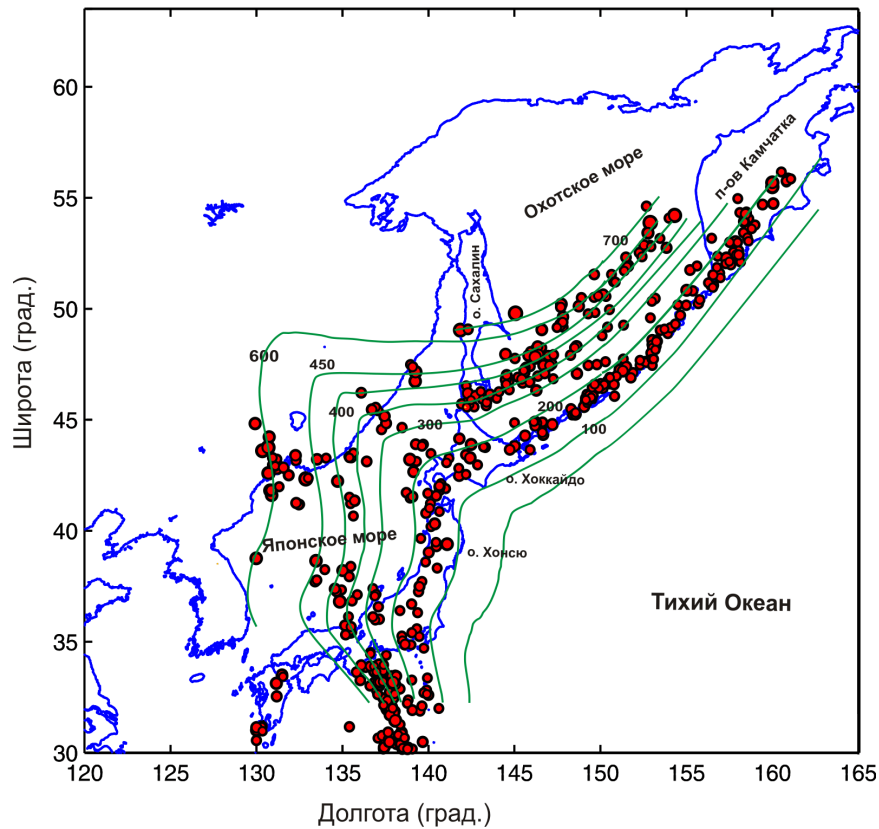


**СЕЙСМИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ МАНТИИ ВОСТОКА АЗИИ
ПО ДАННЫМ ScS и S ВОЛН
ОТ ГЛУБОКОФОКУСНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

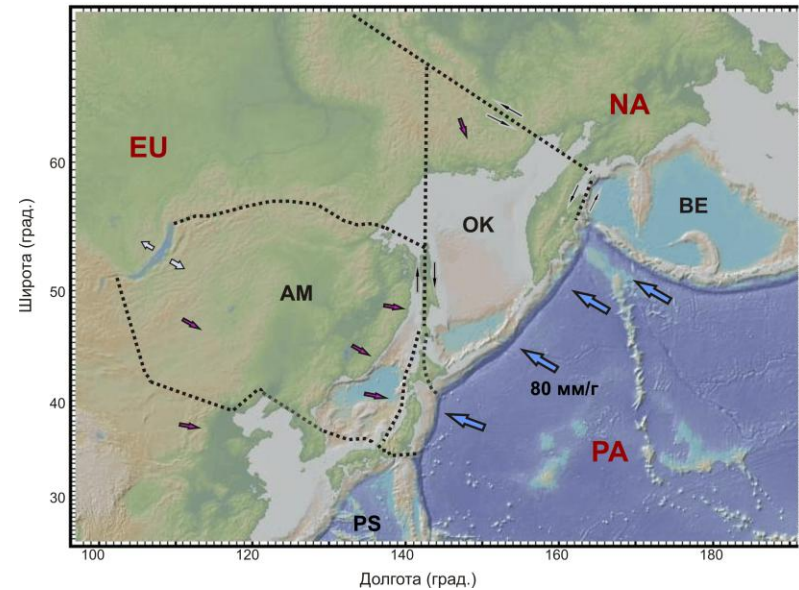
Лунева М.Н.



**Топография верхней поверхности
погружающейся
Тихоокеанской плиты
и
распределение эпицентров
землетрясений ($M \geq 5$) с глубины больше 150
км за период 1974-2012 гг.**



**Схема положения литосферных плит
и микроплит северо-восточной Азии**



Границы плит и микроплит отмечены пунктирной линией по данным [Seno et al., 1996; Heki et al., 1999; Apel et al., 2006; DeMets et al., 2010]

Малые стрелки – направление движения микроплит относительно Североамериканской плиты

Плиты:

Тихоокеанская плита – PA

Евразийская – EU

Североамериканская – NA

Амурская – AM

Охотская – OK

Берингийская – BE

Методика измерения параметров расщепленных S волн

Изучение анизотропии среды основано на эффекте расщепления поперечной волны на две волны с одинаковой формой импульса и разной скоростью распространения (быстрая S_1 и медленная S_2 волны).

Данные волны поляризованы ортогонально друг другу в плоскости, ортогональной к направлению распространения.

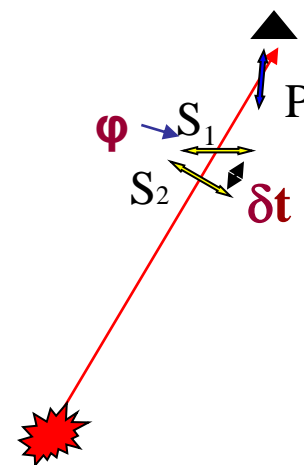
Задача исследования

восстановление линейной поляризации S волны из эллиптически поляризованного смещения частицы и определение азимута поляризации быстрой волны φ и разности времен прихода расщепленных волн δt .

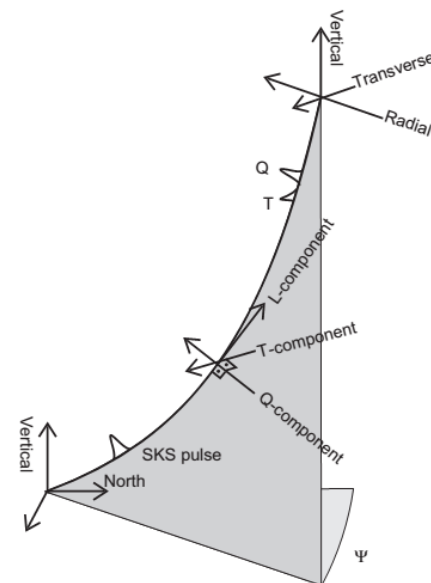
Методы измерения параметров расщепленных S волн (φ , δt):

- 1) метод взаимной корреляции волновых форм (RC)
- 2) метод сингулярного разложения ковариационной матрицы вектора смещений на собственные значения (EV).

В основе методов лежит поиск оптимальных параметров расщепленных S-волн по сетке с вращением ортогональных компонент волновой записи с шагом 1 град. и изменением величины δt с шагом 0.05 с. (Bowman, Ando, 1987; Silver, Chan, 1991)

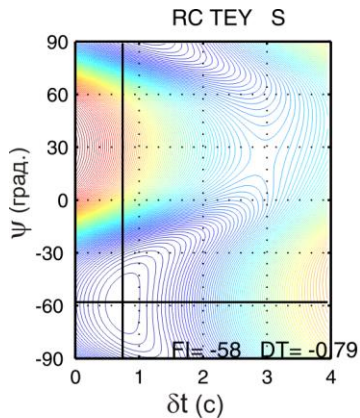


LQT система координат

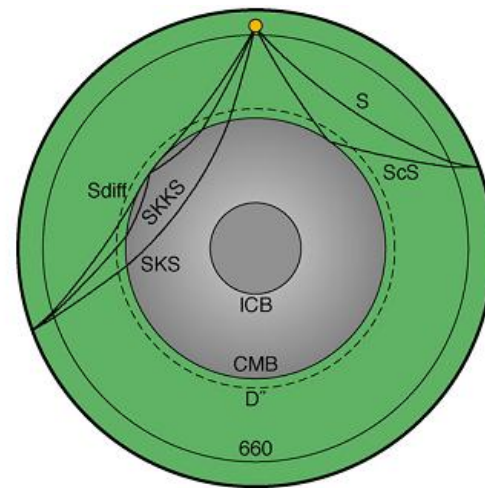
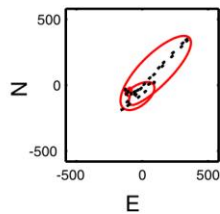
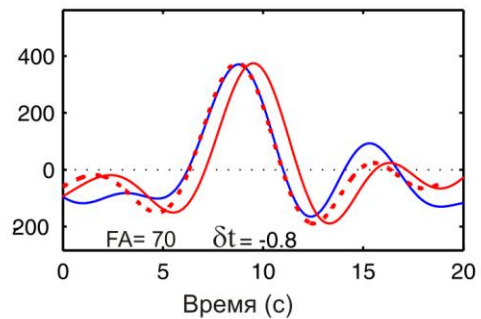
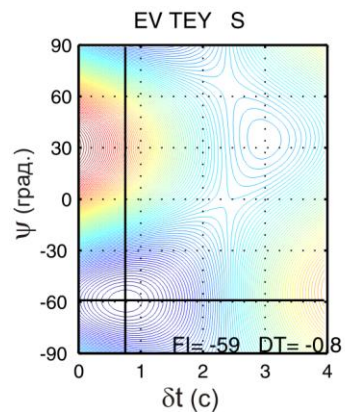
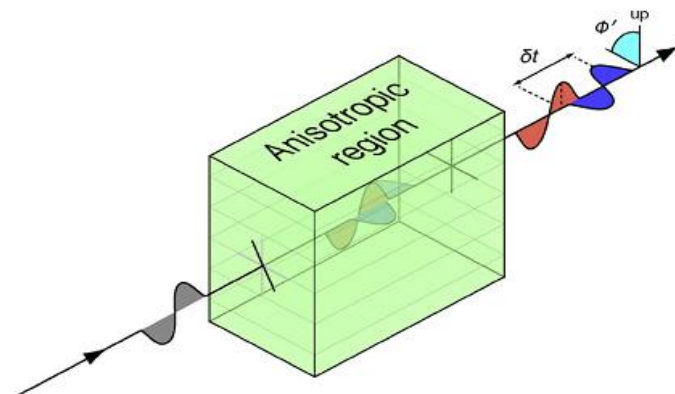
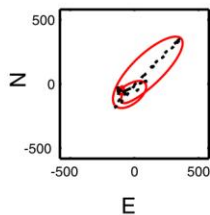
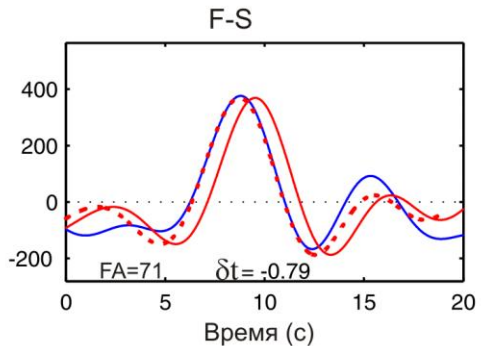


Пример измерения параметров S волн в области станции ТЕУ (п. Терней)

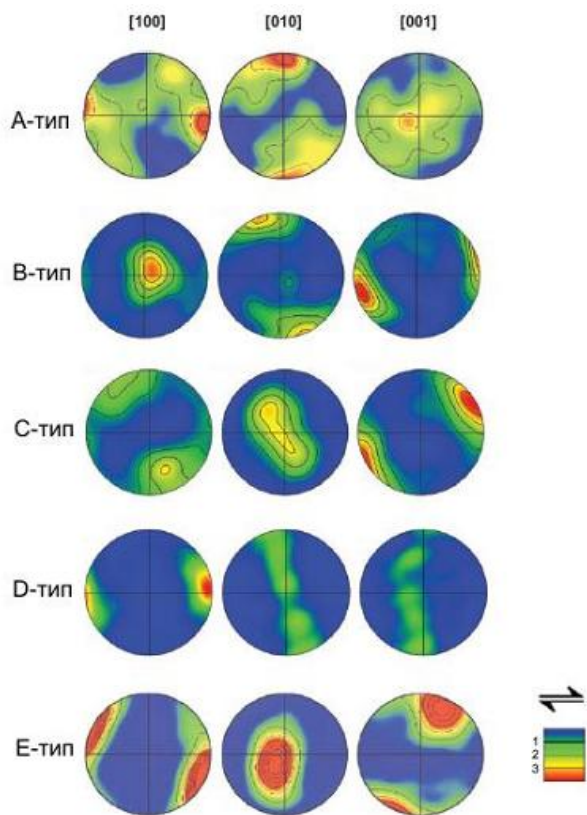
от глубокофокусного землетрясения (2009.04.18, M 4.5, H 529 км)



Станция ТЕУ
Событие: 2009.04.18.03.56 M 4.5 H 529 км
Фильтр: 0.05-0.2 Гц



Доминирующие системы скольжения кристаллической решетки (LPO) оливина с наименьшим сопротивлением деформации сдвига



В условиях длительной приложенной нагрузки LPO оливиновых агрегатов претерпевает изменения в результате пластической деформации и динамической рекристаллизации.

Наименьшее сопротивление сдвигу в кристаллах проявляется вдоль плоскостей с наиболее плотной упаковкой.

ОЛИВИН

a - [100] - V_{pmax}

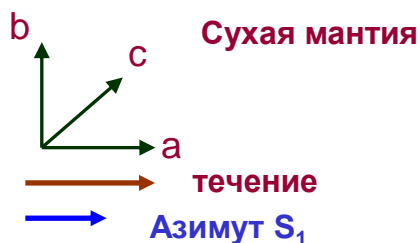
c - [001] - V_{pmid}

b - [010] - V_{pmin}

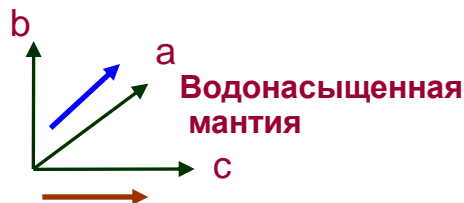
(Karato, 2008
Kaminski, 2002)

Тип LPO	Физические характеристики	Система скольжения
A	низкие напряжения, высокая температура, низкое содержание воды	[100](010)
B	высокие напряжения, низкая температура, повышенное содержание воды.	[001](010)
C	средние напряжения, низкая температура, повышенное содержание воды	[001](100)
D	низкие напряжения, высокое содержание воды	[100](0kl)
E	низкие напряжения, повышенное содержание воды	[100](001)

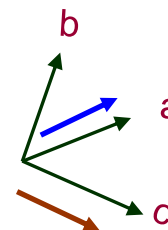
A-тип LPO



B-тип LPO

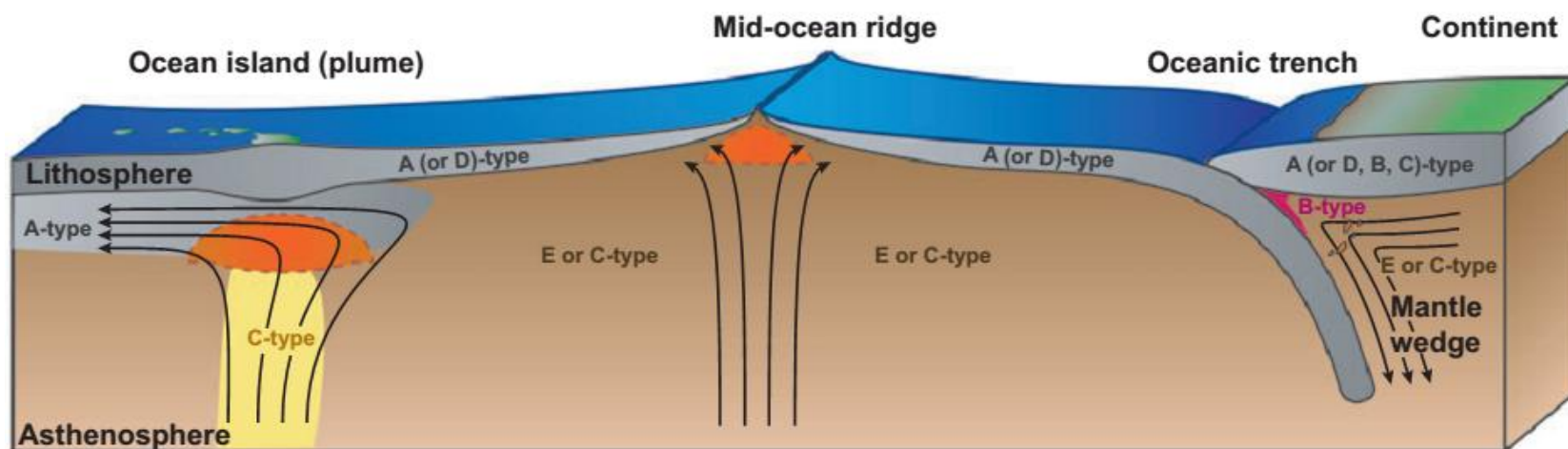


C-тип LPO

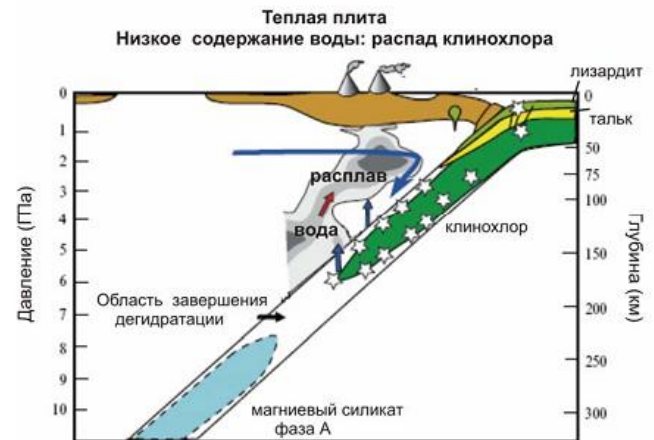
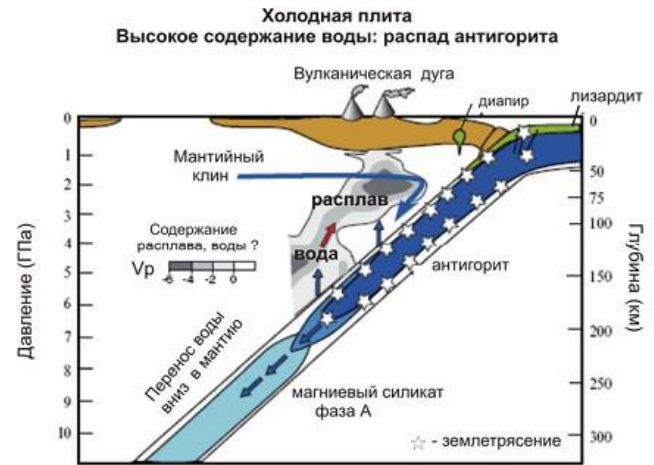
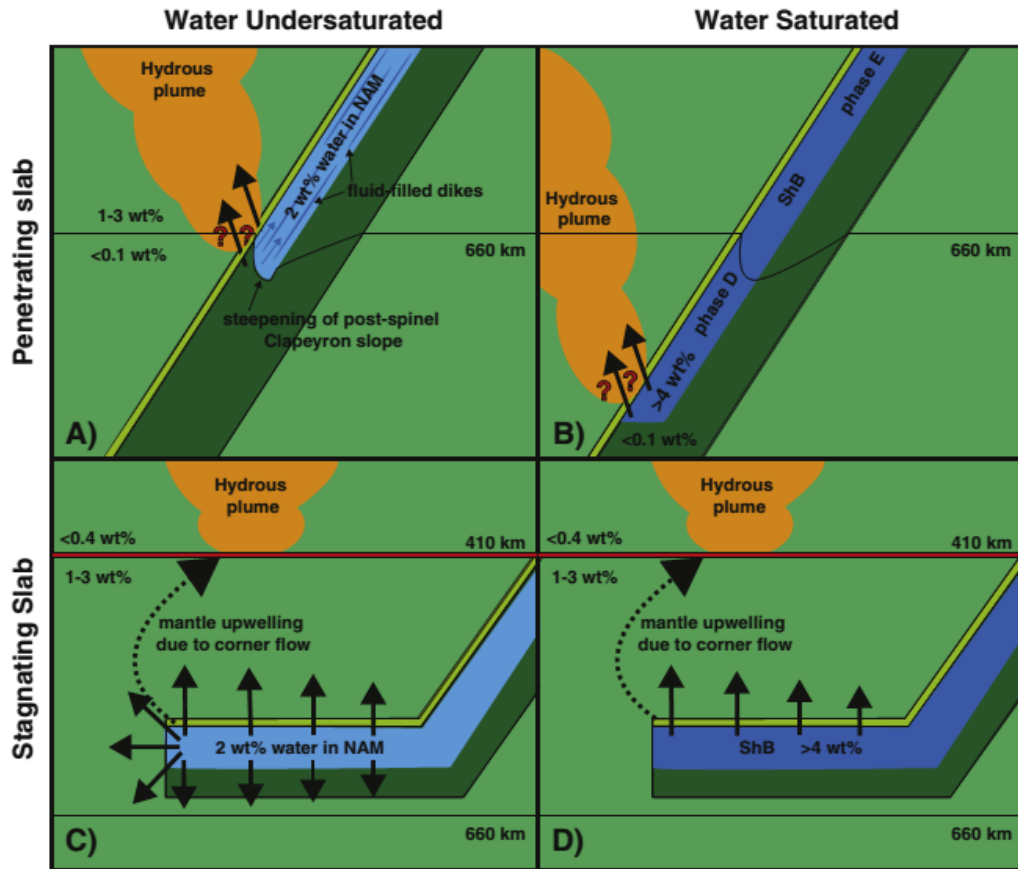


Изменение текстуры оливина (LPO) в верхней мантии

Karato, 2008



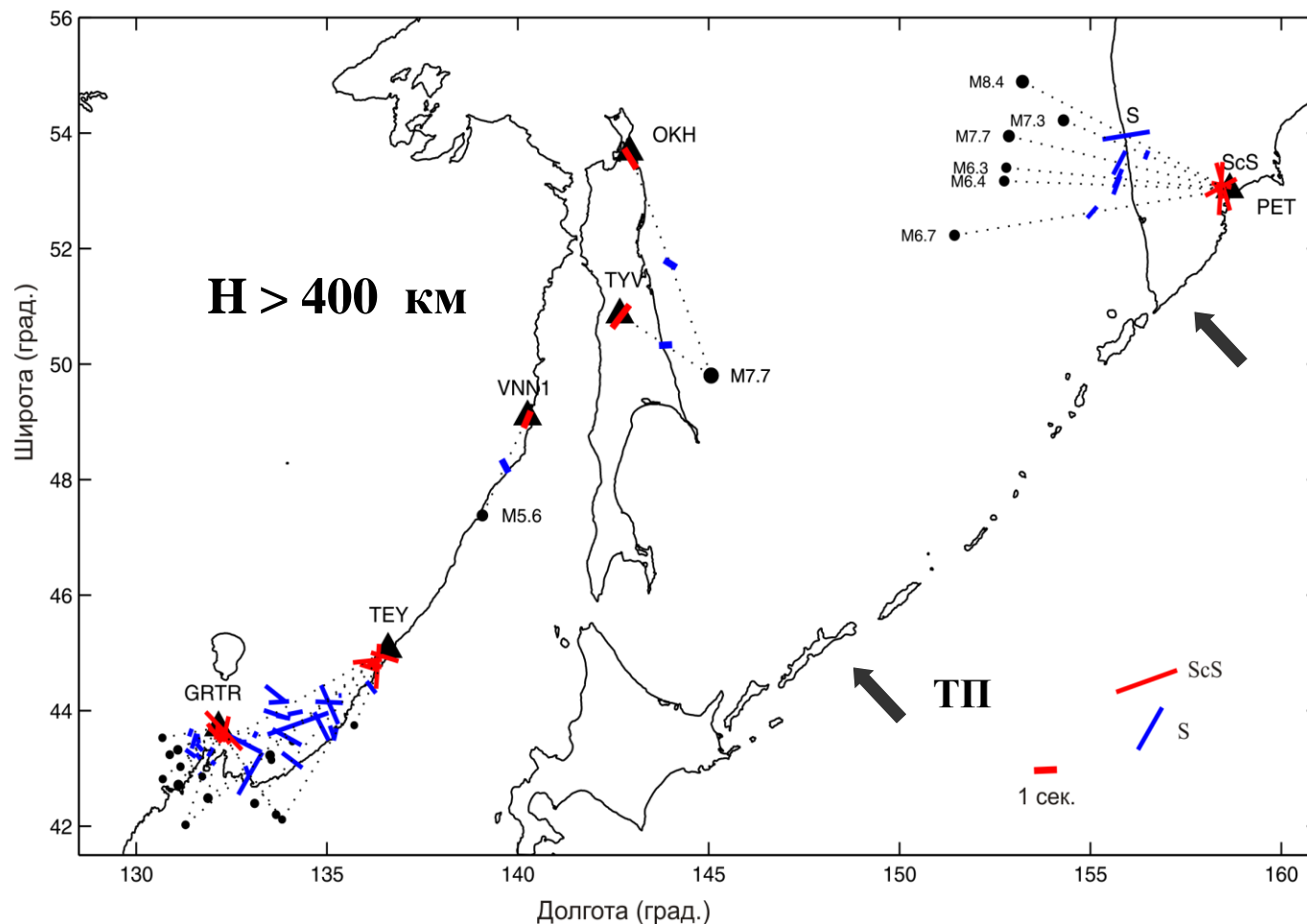
Melting columns



Экспериментальные лабораторные эксперименты показывают, что вадслеит и рингвудит, основные минералы переходной мантии, характеризуются слабой анизотропией, но сохраняют в кристаллической структуре воду до 2-3 wt %, значительно больше, чем оливин в верхней мантии и перовскит и магнезиовюстит в нижней мантии.

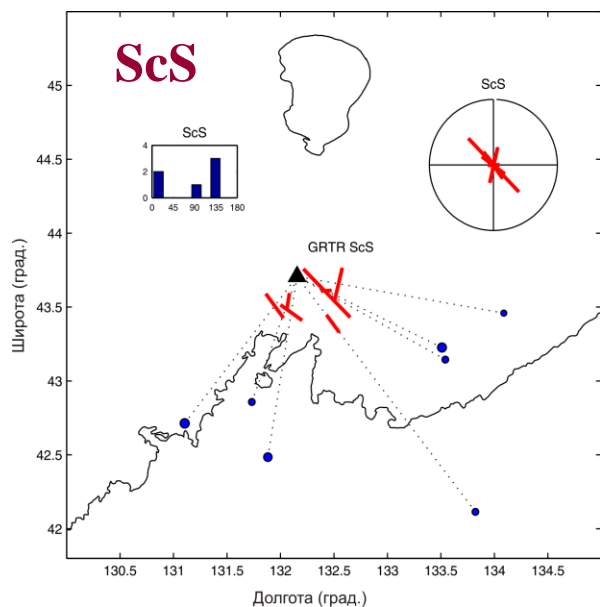
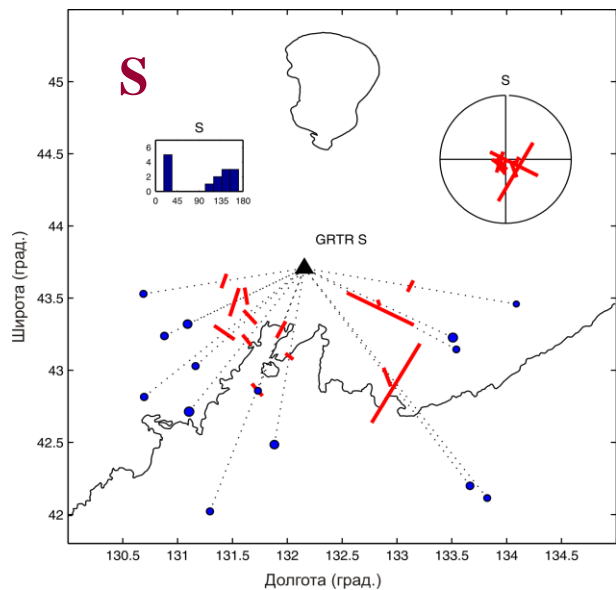
Соотношение волн V_p / V_s является индикатором присутствия воды в переходной зоне мантии.

Распределение параметров расщепленных S и ScS волн в области станций востока Азии, о. Сахалина и п-ова Камчатка от местных глубокофокусных землетрясений за период 2007-2013 гг.

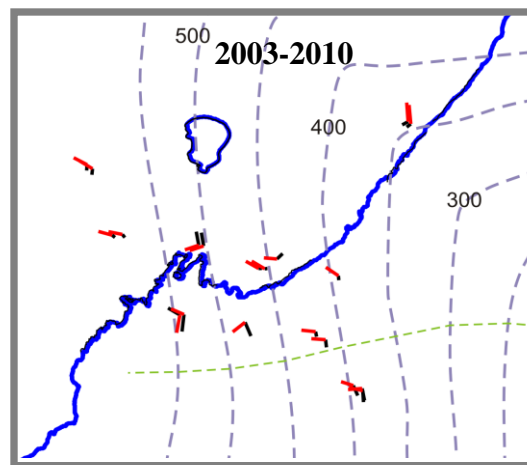


В исследовании использовались записи землетрясений, зарегистрированные станциями STS-2 сети Сахалинского филиала ГС РАН, станцией PET международной сети IRIS Камчатского филиала ГС РАН, станцией VNN1 (REFTEK) Единой сети деформационных и сейсмологических наблюдений ДВО РАН.

Распределение параметров S и ScS волн от глубоководных землетрясений в области п. Горнотаежное



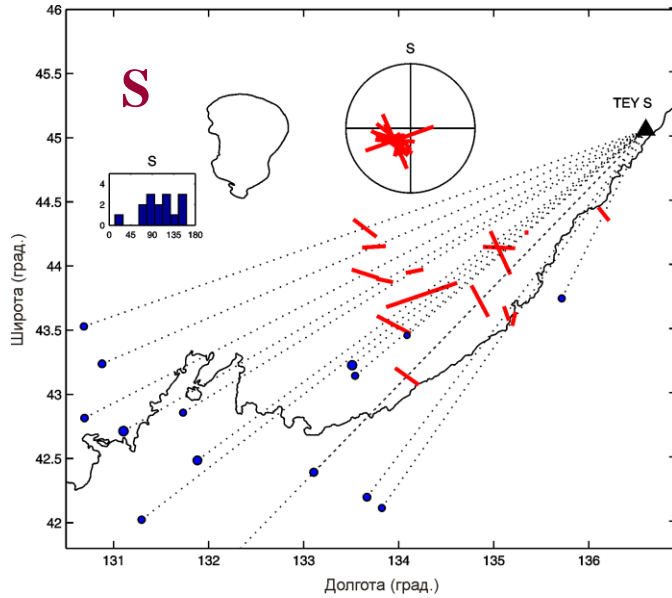
Направления подвижки землетрясений (по данным NEIC)



В области станции GRTR азимуты поляризации быстрой S -волны доминируют вдоль восточных направлений $120-145^\circ$. Разность времен прихода расщепленных волн изменяется в пределах $0.15-2.1$ секунд.

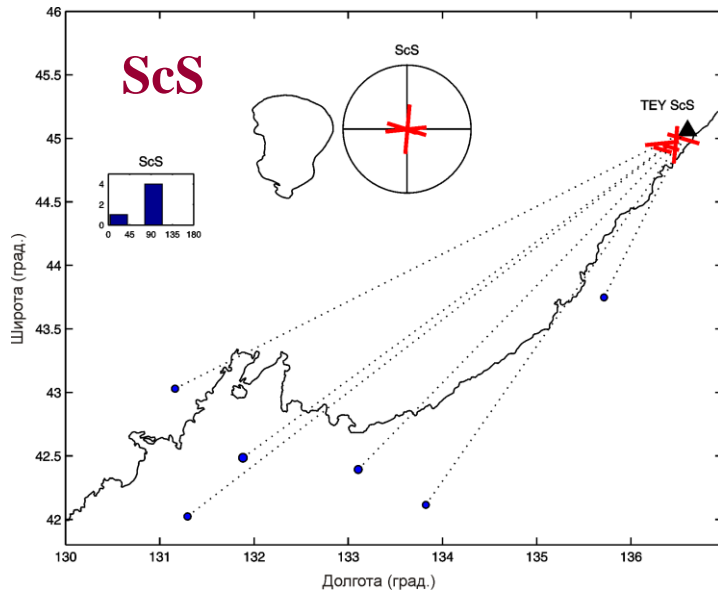
Азимуты быстрой ScS волны доминируют в интервале $81-144^\circ$. Разность времен прихода волн изменяется в пределах $0.4-2.2$ секунд.

Распределение параметров S и ScS волн от глубокофокусных землетрясений в области п. Терней



В области станции TEY азимуты поляризации быстрой волны S и ScS доминируют вдоль направлений $90-140^\circ$.

Разность времен прихода волн изменяется в интервале $0.5-2$ с.



По распределению параметров расщепленных S -волн симметрия среды под Приморьем может быть описана в рамках **TI** модели среды с горизонтальной осью симметрии и ориентацией плоскости симметрии в ЮВ направлении, и может отвечать горизонтальному течению в верхней части мантии под Амурской плитой.

**Распределение параметров S и ScS волн от глубокофокусных землетрясений
2012.08.14, Н 583 км, М 7.7 в области Сахалина
2012.07.29, Н 502 км, М 5.6 в области п. Ванино**

ОКН (г. Оха)

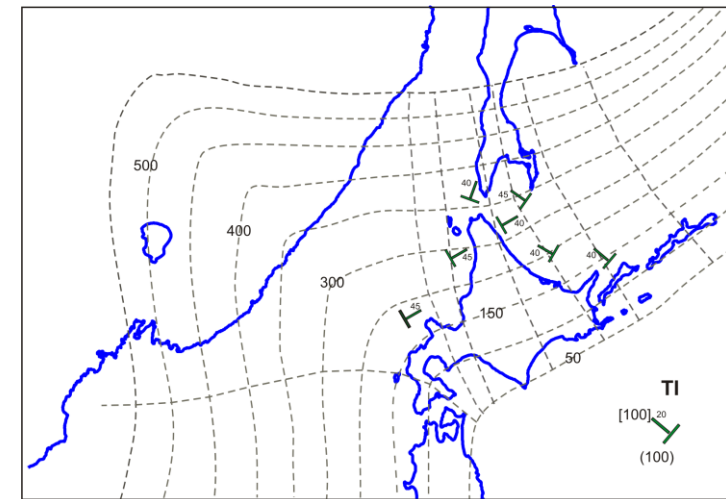
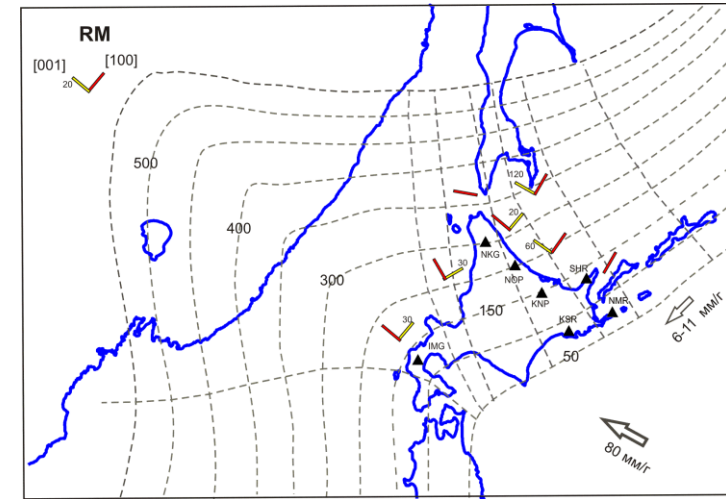
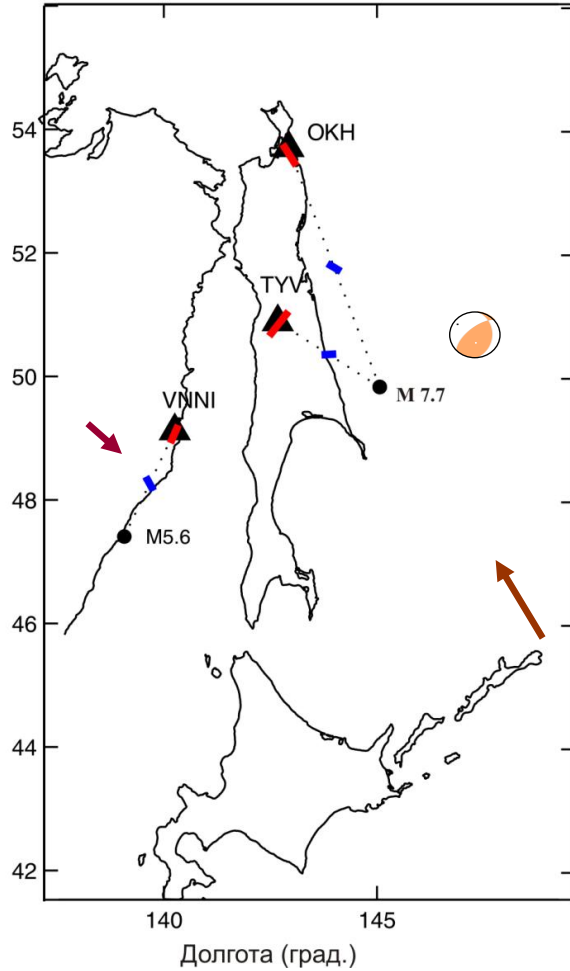
ScS	S
φ 328°	φ 302°
δt 1.05 с	δt 0.7 с

ТҮҮ (п. Тымовское)

ScS	S
φ 217°	φ 267°
δt 1.25 с	δt 0.58 с

VNN1 (п. Ванино)

ScS	S
φ 23°	φ 152°
δt 0.65	δt 0.8 с



- направление движения Амурской и Тихоокеанской плит

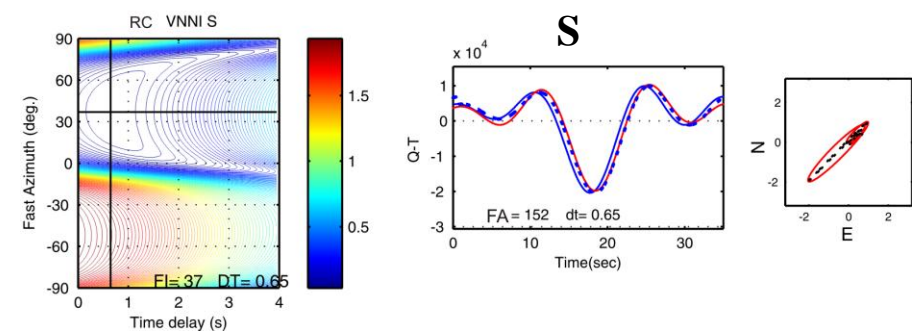
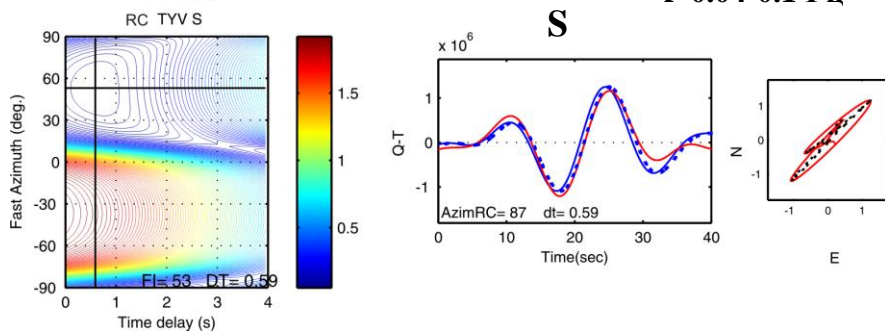
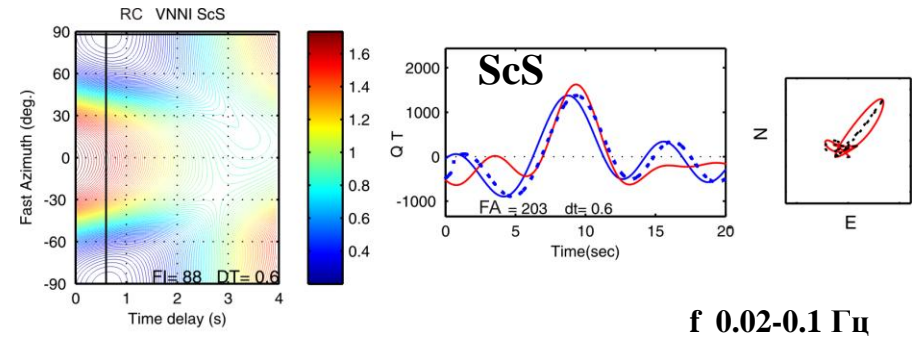
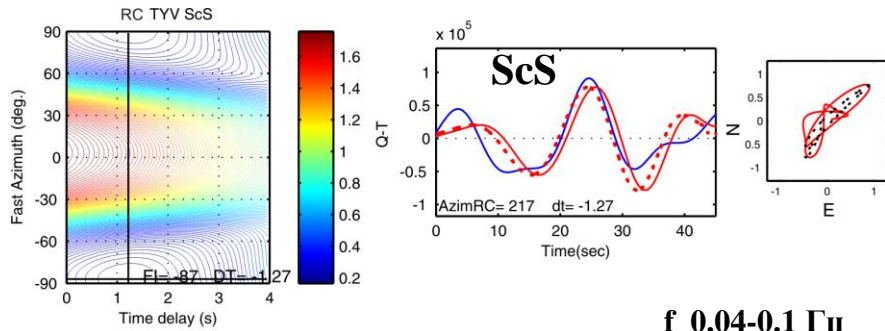
(Лулева, 2013)

TYV (п. ТЫМОВСКОЕ)

VNN1 (п. Ванино)

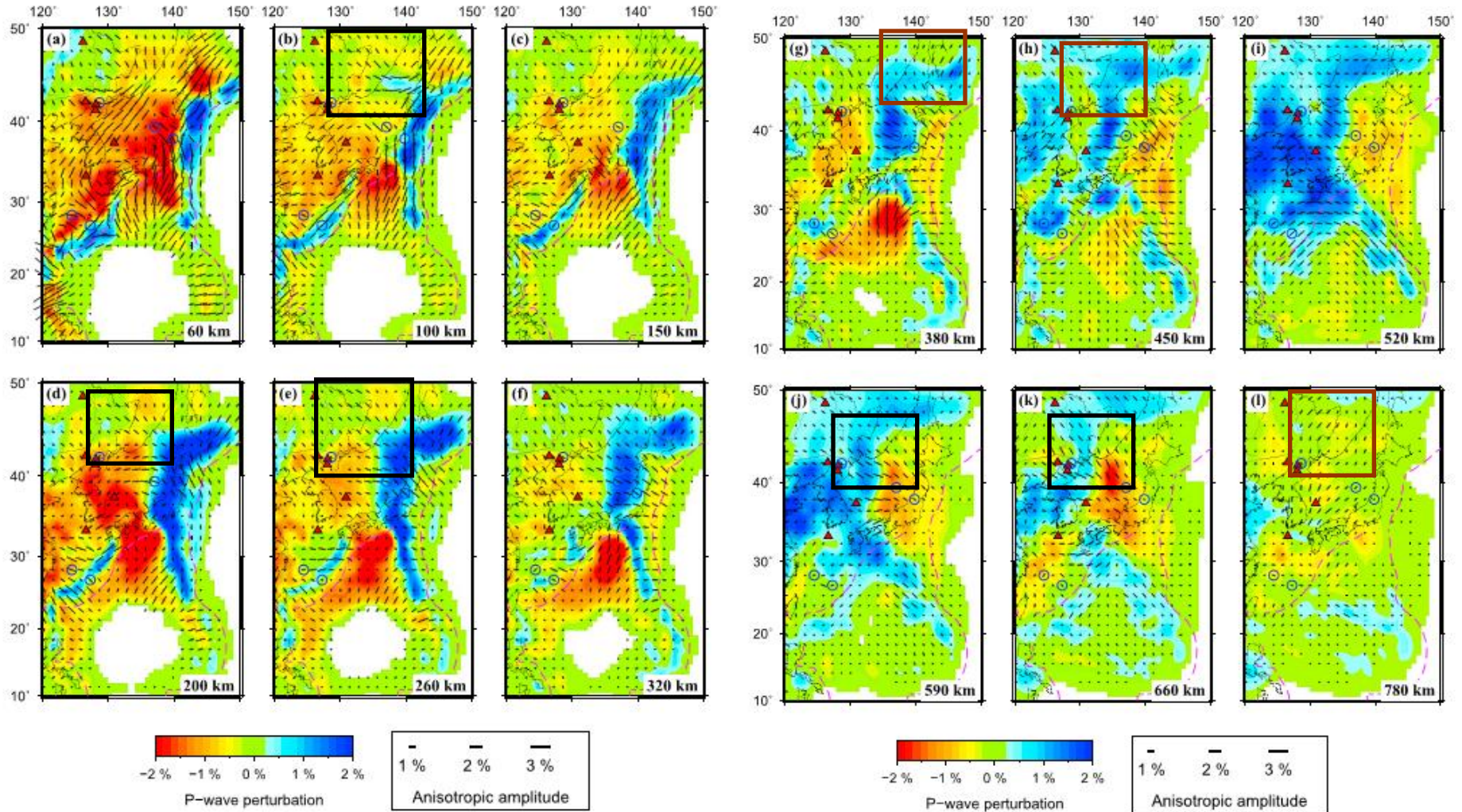
2012.08.14, M_w 7.7, H 583 км

2012.07.29, M_w 5.6, H 502 км



Сейсмическая томография P волн и сейсмической анизотропия под восточной частью Азии

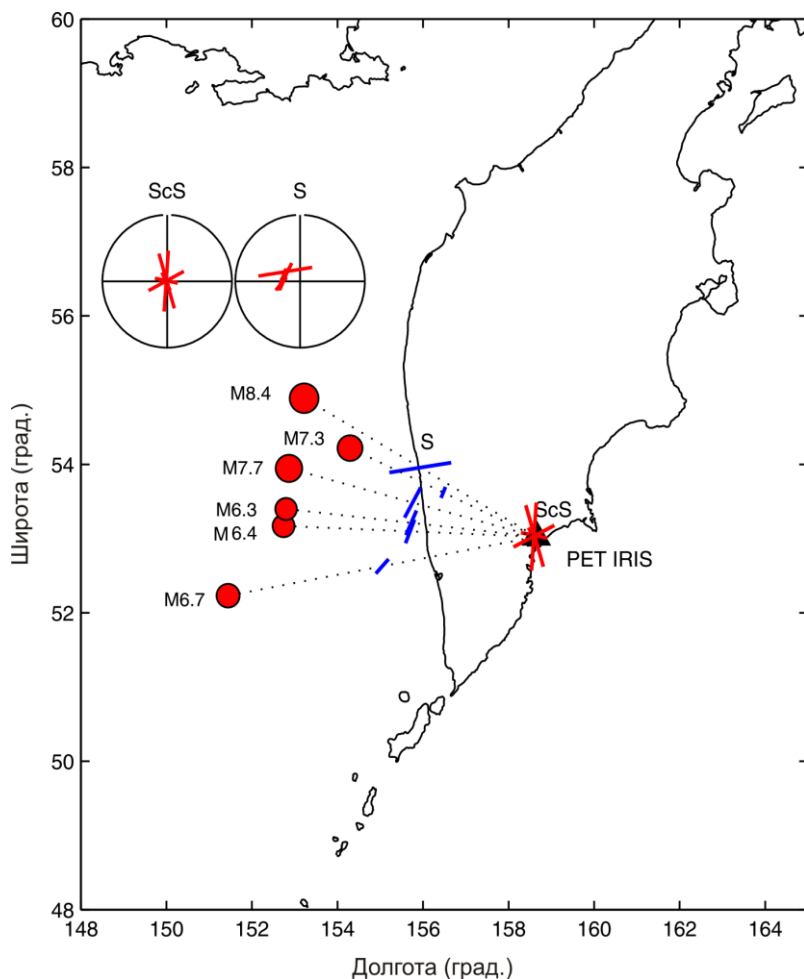
Wei, Zhao, Xu, Wei, Liu, 2015



Приморье: V_{max} ориентированы вдоль В-ЮВ направлений в интервале глубин 100-660 км

Азия, Сахалин: V_{max} ориентированы вдоль ССЗ-ССВ направлений на глубине 380-780 км

Распределение параметров S и ScS волн в области Камчатки от Охотского глубоководного землетрясения 2013.05.24, M 6.1 км, M 8.4, двух его глубоководных афтершоков (2013) и событий 2008-2009 гг.



Параметры S и ScS волн от Охотского землетрясения определены: φ - 77° и 112° , δt - 2.1 и 0.9 с.

Азимуты поляризации ScS волны от афтершоков ортогональны к простиранию желоба $153-154^\circ$, а δt изменяются от 0.3 до 0.7 с.

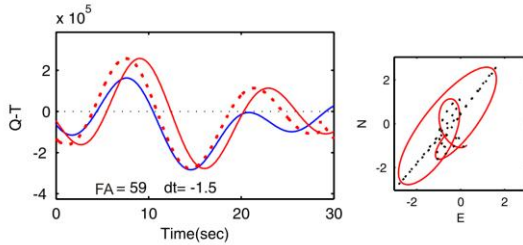
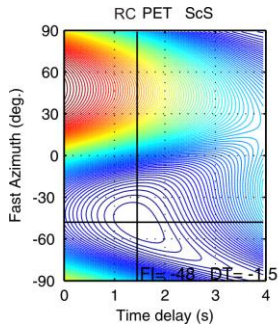
Азимуты поляризации S волн от афтершоков параллельны простиранию желоба, δt оценены 0.7-0.85 с.

От событий 2008-2009 гг. азимуты ScS и S волн субпараллельны к простиранию желоба, а δt оценены 1.5-2.3 и 0.45-1.15 сек.

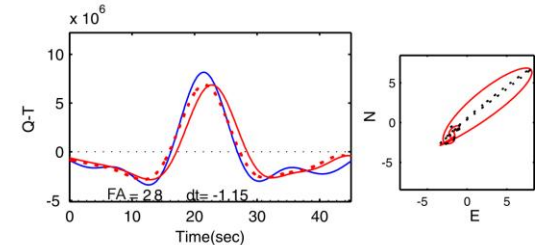
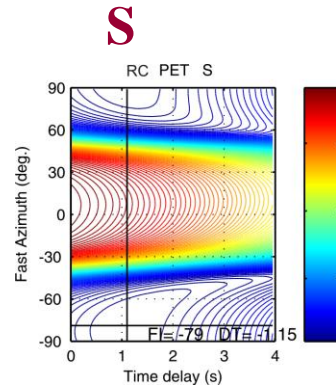
Азимуты быстрой S -волны вдоль ССВ направлений могут отвечать анизотропии мантии с текстурой оливина **C**- или **E**-типа в области мантийного клина в условиях конвективного наклонного течения вдоль погружения плиты и восходящего течения, обусловленного дегидратацией пород.

По распределению параметров расщепленных S волн симметрия среды может быть описана в рамках **TI** модели с наклоном оси симметрии ортогонально плоскости погружения плиты (50°) и ориентацией оси симметрии в западном направлении (290°), ортогонально к простиранию глубоководного желоба

ScS 2008.07.05, Н 646 км, М 7.7

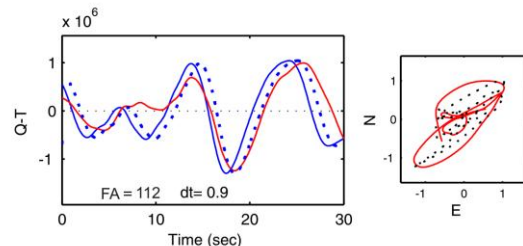
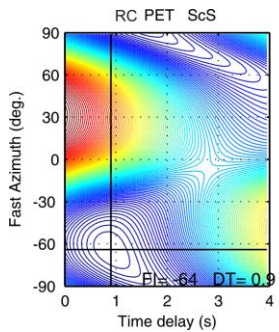


f 0.02-0.1 Гц

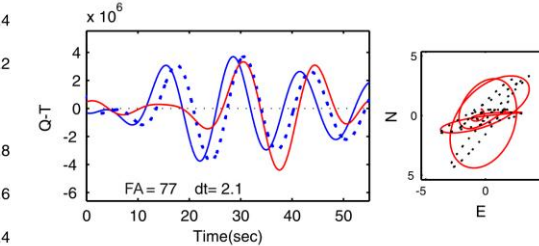
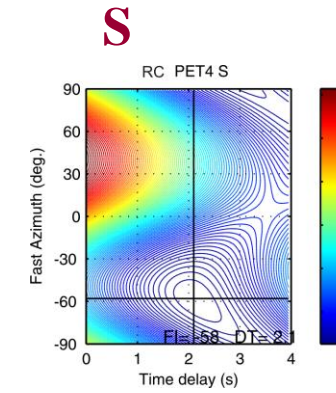


f 0.02-0.1 Гц

ScS 2013.05.24, Н 601 км, М 8.4

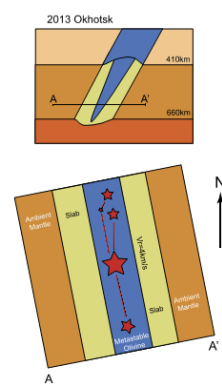
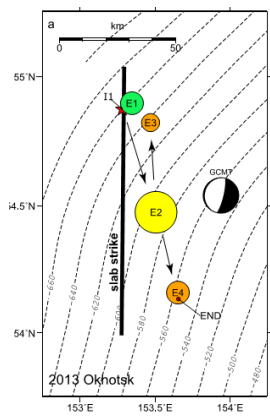


f 0.04-0.8 Гц



f 0.04-0.1 Гц

Главный разрыв Охотского землетрясения распространялся со скоростью более 4 км/с в западном направлении (Zhan, Kanamori et al., 2014) и сопровождался серией субразрывов в период с 8 до 30 секунд вдоль простирания плиты в узкой зоне метастабильного оливина на глубине 565-624 км.

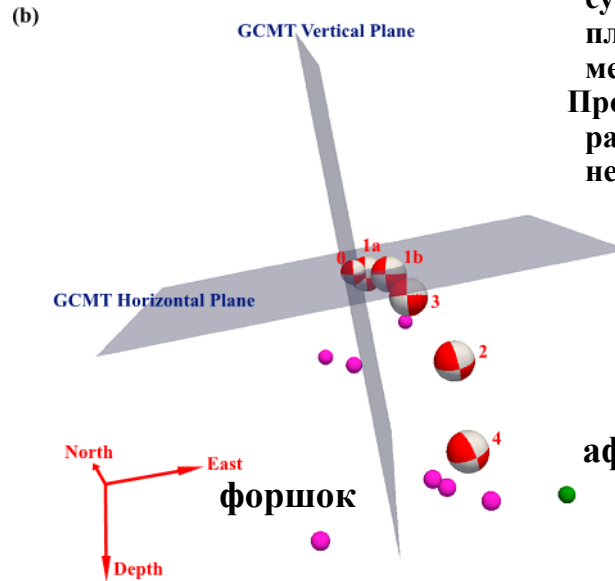
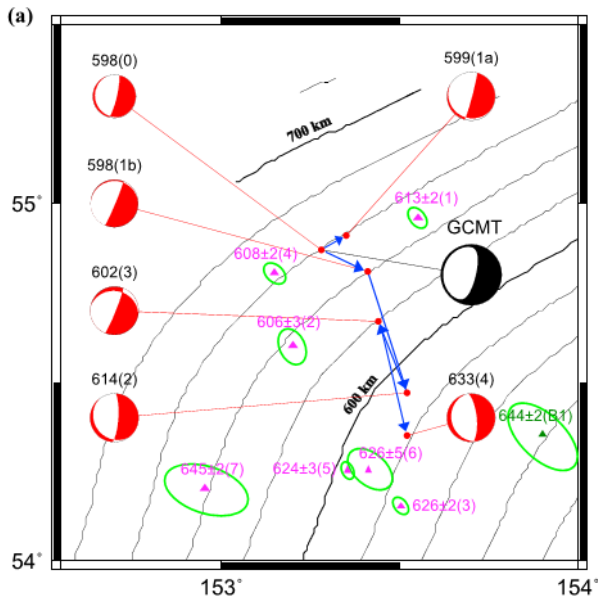


Chen, Wen, 2014

Охотское землетрясение, 2014

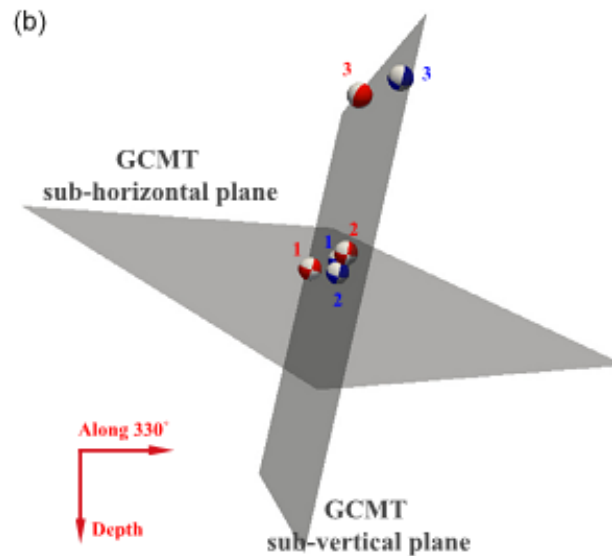
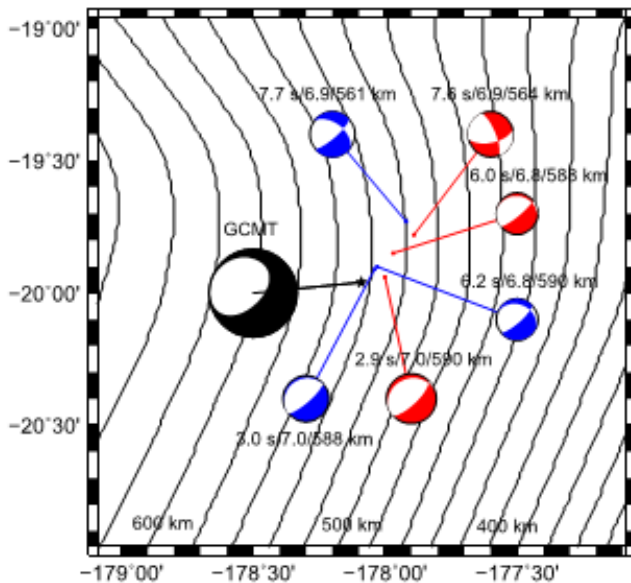
Охотское землетрясение сопровождалось 6-ю субразрывами, которые не лежат в одной плоскости и имеют разные фокальные механизмы.

Процесс в источнике представляет каскад разрывов, связанных со сдвиговой неустойчивостью пространства.

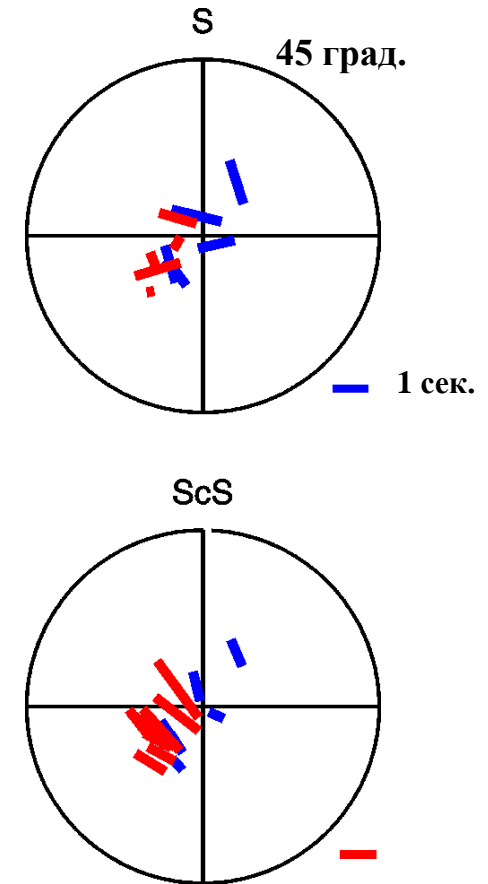
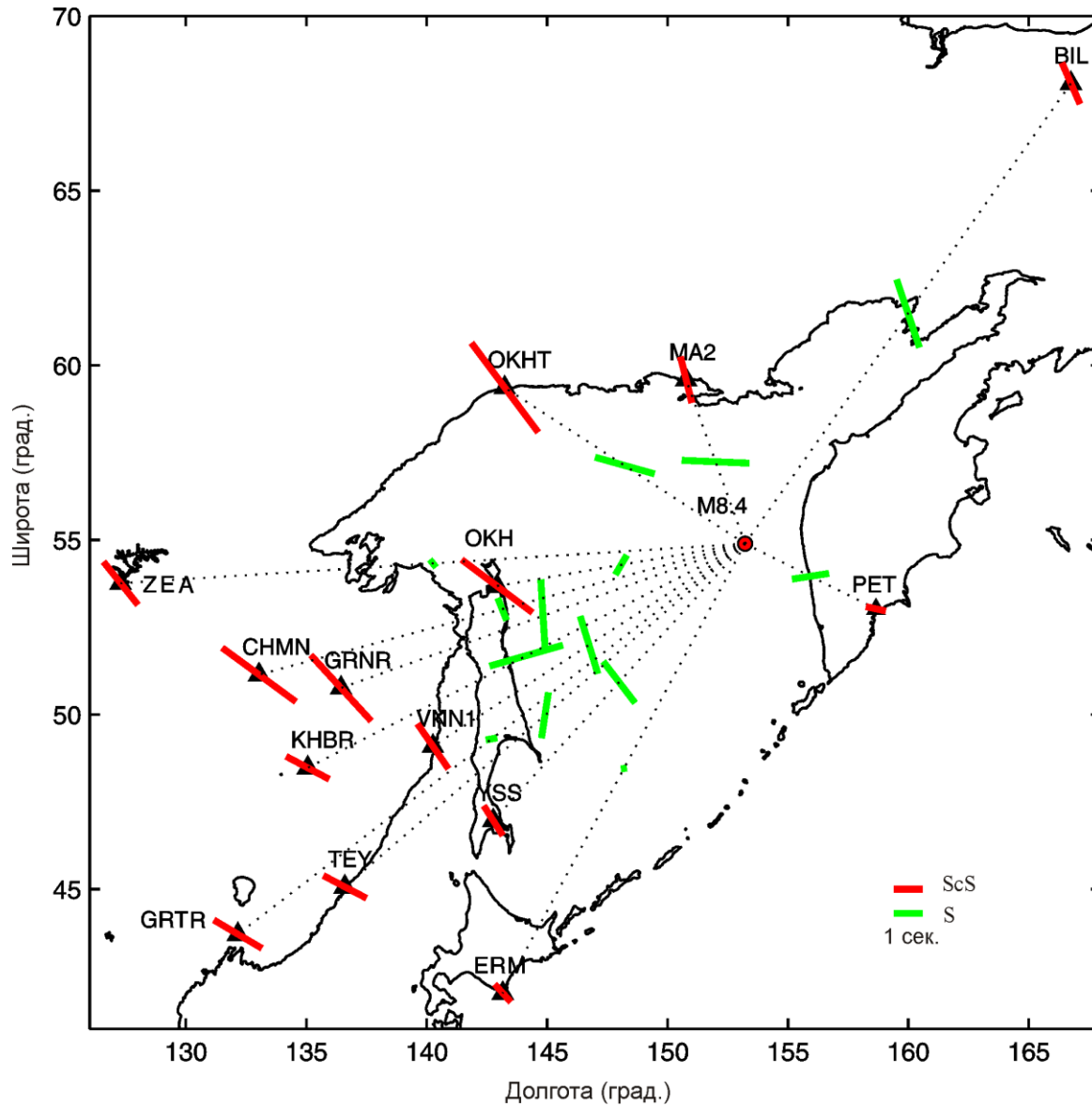


Chen, Wen, 2015

Боливийское землетрясение, 1994 М 8.2



Распределение параметров S и ScS волн от Охотского глубоководного землетрясения 2013.05.24, Н 601 км, М 8.4



Выводы

Проведены исследования сейсмической анизотропии мантии по данным S -волн и ScS волн от землетрясений из переходной зоны мантии за период 2007-2013 гг. в области станций, расположенных на континентальной окраине Азии, о-ве Сахалин и южной части п-ова Камчатка.

Результаты исследований в области станций континентальной части Азии показывают доминирование азимутов поляризации быстрой S и ScS волн от глубокофокусных событий в интервале В-ЮВ ($80-140^\circ$) направлений и согласуются с текстурой оливина А-, С- или Е-типа. По распределению азимутов поляризации быстрой S -волны симметрия среды может быть описана в рамках **ТИ** модели среды с горизонтальной осью симметрии и отвечать горизонтальному течению в верхней мантии под Амурской плитой.

В области Северного Сахалина азимуты поляризации ScS и S волн согласуются с направлением движения Тихоокеанской плиты. Наблюдаемые ориентации азимутов поляризации быстрой ScS волны в области станций TYV и VNN1 могут отвечать наклонному течению в условиях косой субдукции Тихоокеанской плиты и сложной геометрии погружающейся плиты.

В области Южной Камчатки азимуты S и ScS волн от Охотского землетрясения (M 8.4) определены вдоль движения Тихоокеанской плиты. Азимуты поляризации быстрой S волны от афтершоков Охотского землетрясения и событий 2008-2009 гг. ориентированы параллельно простираению глубоководного желоба. Азимуты поляризации быстрой ScS волны от афтершоков определены вдоль движения Тихоокеанской плиты, но ортогонально от событий 2008-2009 гг.