

Исследование зоны сочленения литосферных плит в пределах о. Сахалин по данным спутниковой геодезии

Гридчина М. С.
Научный руководитель д.ф.-м.н. Стеблов Г. М.

ИТПЗ РАН
ППК «Роскадастр»

26 октября 2023 г.

Проблема

Блочные модели движения земной поверхности неприменимы при моделировании в окрестности активных разломов вследствие взаимного деформирования границ блоков.

Проблема

Блочные модели движения земной поверхности неприменимы при моделировании в окрестности активных разломов вследствие взаимного деформирования границ блоков.

Цель: оценка распределения движений по разлому, наилучшим образом согласующегося с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности.

Проблема

Блочные модели движения земной поверхности неприменимы при моделировании в окрестности активных разломов вследствие взаимного деформирования границ блоков.

Цель: оценка распределения движений по разлому, наилучшим образом согласующегося с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности.

Задачи:

- моделирование распределения сцепления на контакте плит,
- интерполяция движений земной поверхности с опорой на построенную модель глубинного распределения.

Проблема

Блоковые модели движения земной поверхности неприменимы при моделировании в окрестности активных разломов вследствие взаимного деформирования границ блоков.

Цель: оценка распределения движений по разлому, наилучшим образом согласующегося с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности.

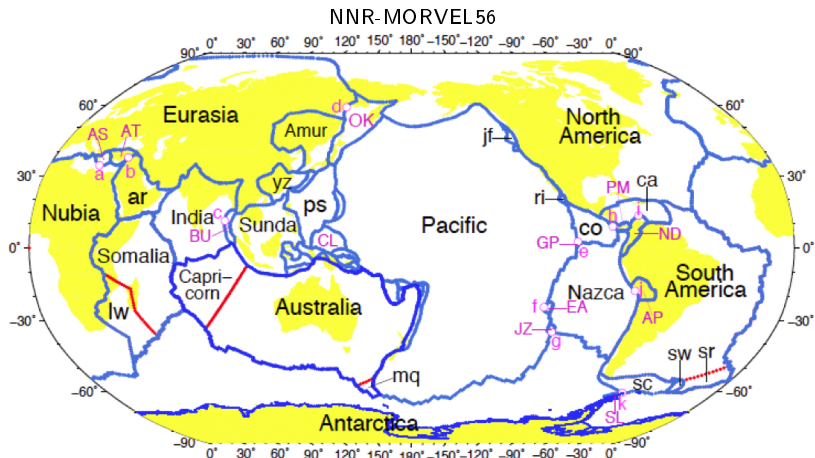
Задачи:

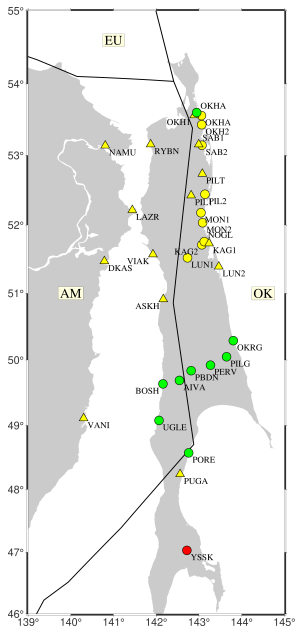
- моделирование распределения сцепления на контакте плит,
- интерполяция движений земной поверхности с опорой на построенную модель глубинного распределения.

Актуальность и практическая значимость:

- фундаментальный научный интерес,
- безопасная эксплуатация ответственных линейных инженерных сооружений,
- построение местных систем отсчёта, а также уточнение государственной системы координат.

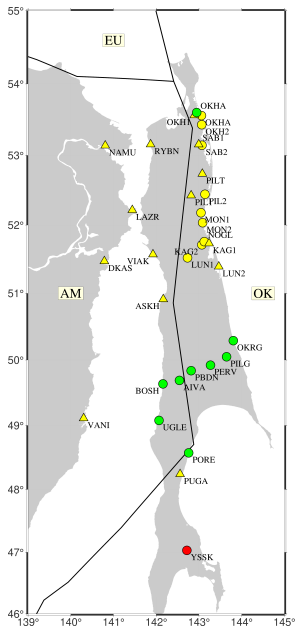
Исходные данные (блоки, их границы и полюса)





Измерения ГНСС

- 23 пункта ССГДП Росреестра (2016-2021гг.),
- 1 пункт IGS (YSSK),
- 9 пунктов [ApeI et al., 2006].

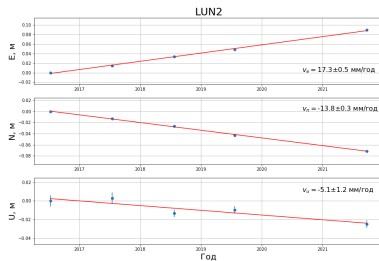


Измерения ГНСС

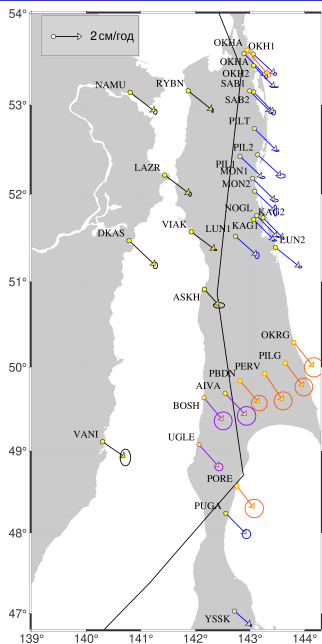
- 23 пункта ССГДП Росреестра (2016-2021гг.),
- 1 пункт IGS (YSSK),
- 9 пунктов [ApeI et al., 2006].

Пример

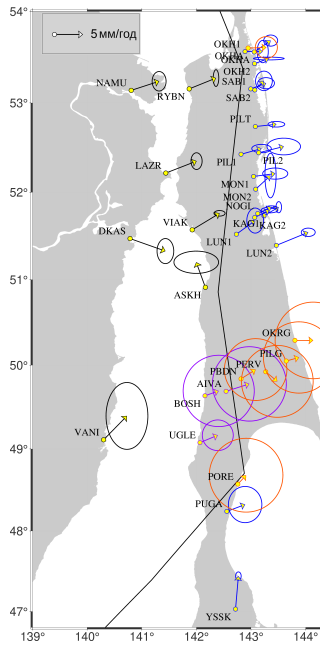
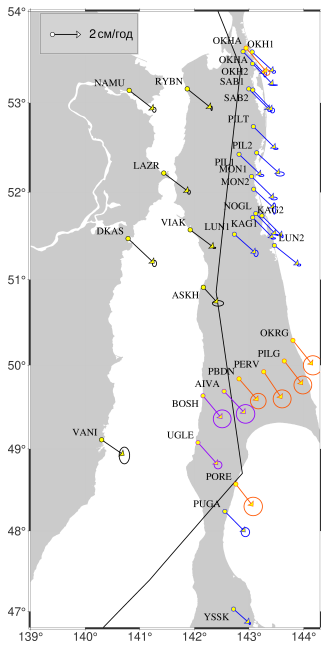
временного ряда координат пункта LUN2:



Горизонтальные скорости наблюдаемых пунктов в ITRF2014 и относительно блока NA

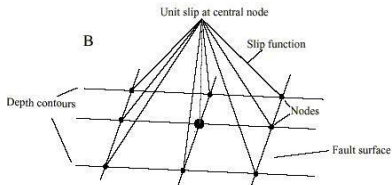
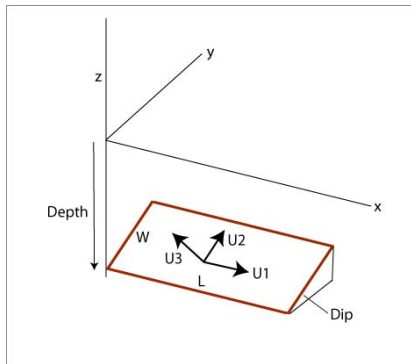
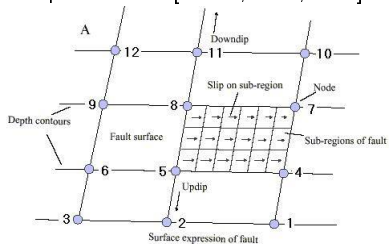


Горизонтальные скорости наблюдаемых пунктов в ITRF2014 и относительно блока NA

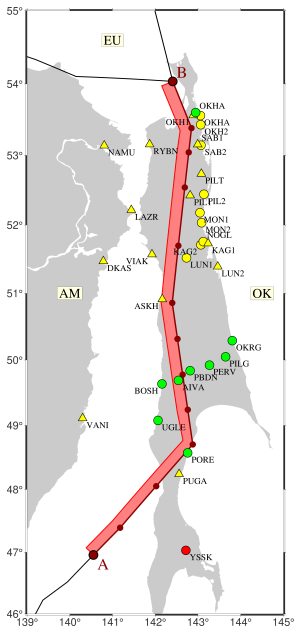


Моделирование подвижности на контакте плит

TDEFNODE [McCaffrey et al., 2002]
Алгоритм Okada [Okada, 1985, 1992]



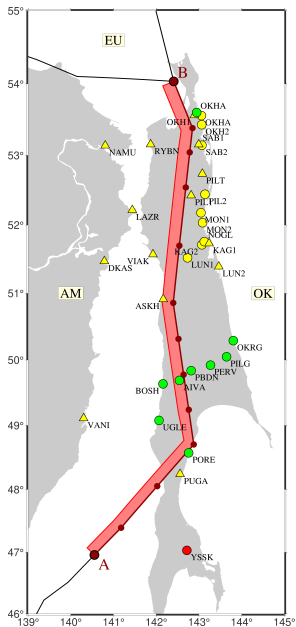
Область и параметры моделирования



Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГСС,
- 13 узлов по простиранию (AB – границы),

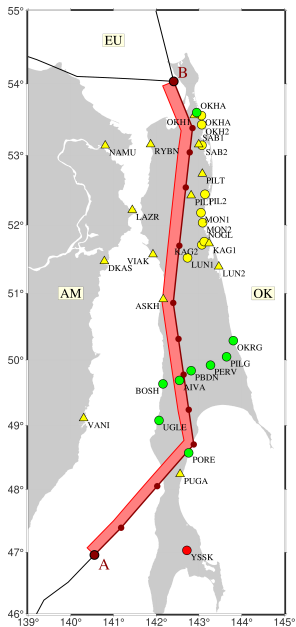
Область и параметры моделирования



Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГСС,
- 13 узлов по простиранию (AB – границы),
- 5 сегментов по падению: 0 - 50 км (шаг – 10 км),

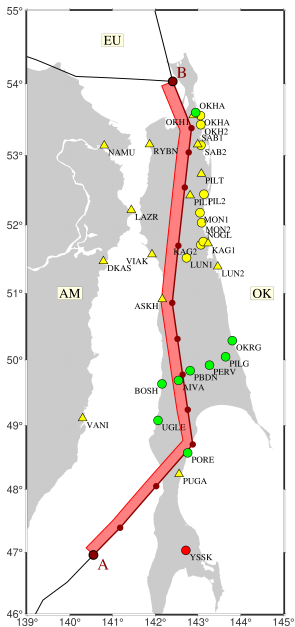
Область и параметры моделирования



Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГСС,
- 13 узлов по простиранию (AB – границы),
- 5 сегментов по падению: 0 - 50 км (шаг – 10 км),
- система отсчёта относительно NA,

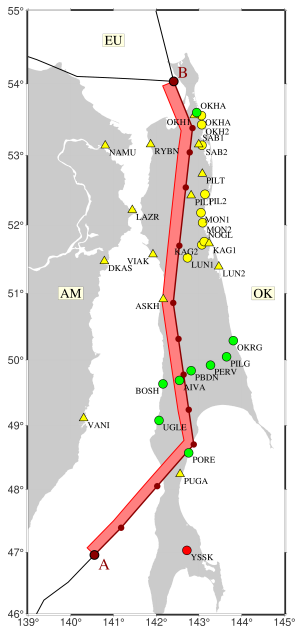
Область и параметры моделирования



Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГСС,
- 13 узлов по простиранию (AB – границы),
- 5 сегментов по падению: 0 - 50 км (шаг – 10 км),
- система отсчёта относительно NA,
- блоки зафиксированы,

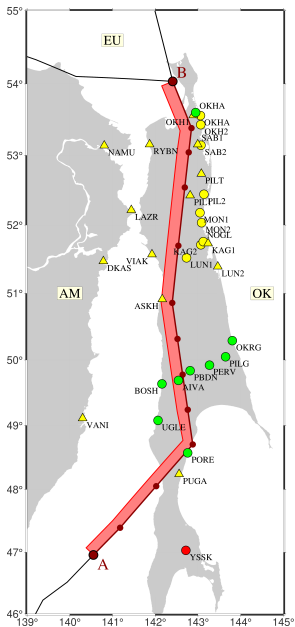
Область и параметры моделирования



Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГСС,
- 13 узлов по простиранию (AB – границы),
- 5 сегментов по падению: 0 - 50 км (шаг – 10 км),
- система отсчёта относительно NA,
- блоки зафиксированы,
- угол падения 70° к западу,

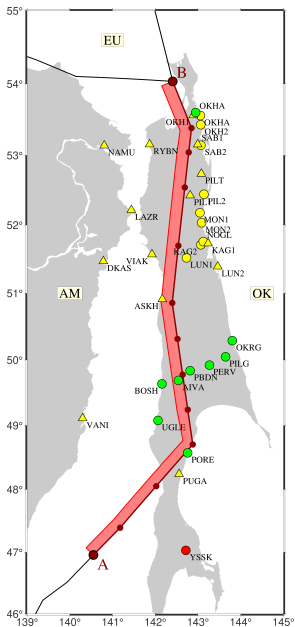
Область и параметры моделирования



Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГСС,
- 13 узлов по простиранию (AB – границы),
- 5 сегментов по падению: 0 - 50 км (шаг – 10 км),
- система отсчёта относительно NA,
- блоки зафиксированы,
- угол падения 70° к западу,
- Гауссовское распределение.

Область и параметры моделирования



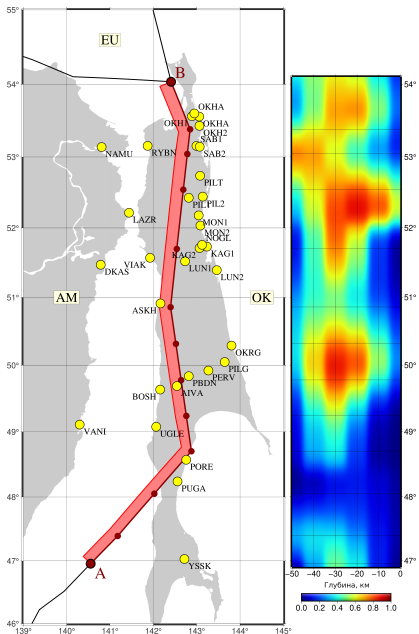
Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГСС,
- 13 узлов по простиранию (AB – границы),
- 5 сегментов по падению: 0 - 50 км (шаг – 10 км),
- система отсчёта относительно NA,
- блоки зафиксированы,
- угол падения 70° к западу,
- Гауссовское распределение.

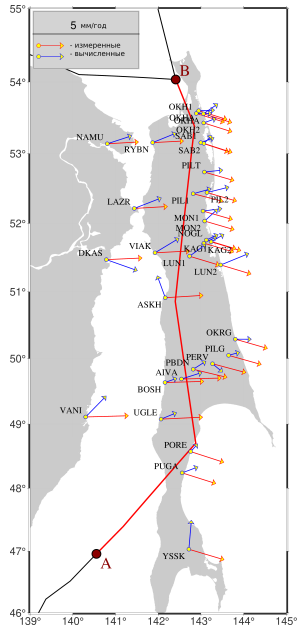
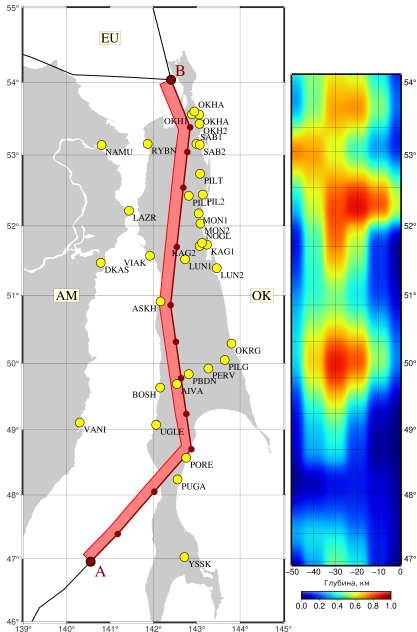
Уточняемые параметры

- коэффициенты межплитового сцепления в узлах покрытия.

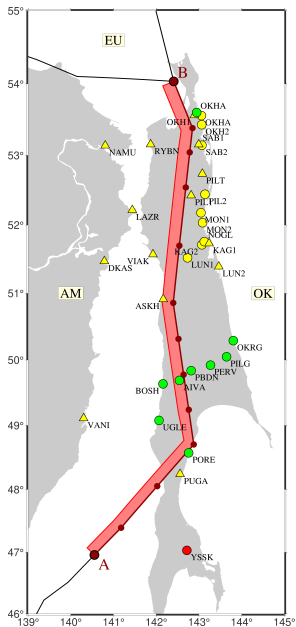
Распределение сцепления и полученные скорости при фиксированной кинематике блоков



Распределение сцепления и полученные скорости при фиксированной кинематике блоков



Изменение параметров моделирования



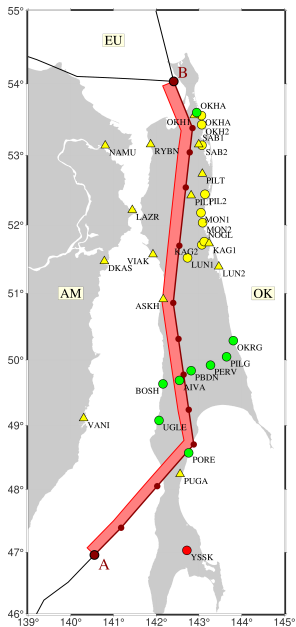
Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГСС,
- 13 узлов по простирацию (АВ – границы),
- 5 сегментов по падению: 0 - 50 км (шаг – 10 км),
- система отсчёта относительно НА,
- блоки зафиксированы,
- угол падения 70° к западу,
- Гауссовское распределение.

Уточняемые параметры

- коэффициенты межплитового сцепления в узлах покрытия,

Изменение параметров моделирования



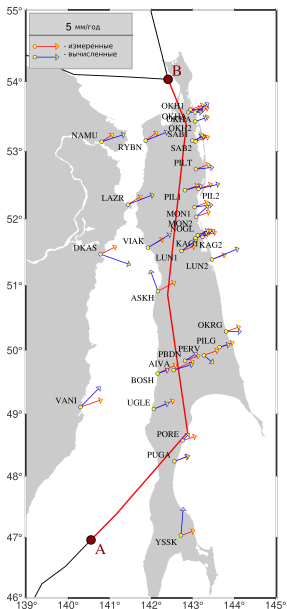
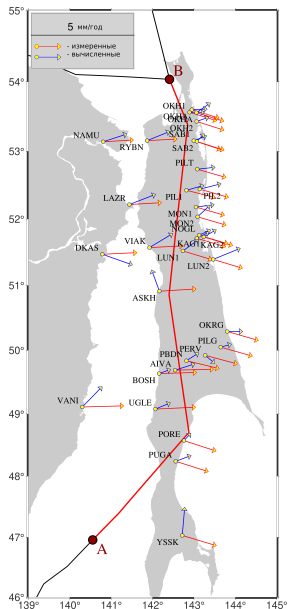
Параметры эксперимента

- ● ● v_E, v_N на 33 пунктах ГНСС,
- 13 узлов по простирацию (AB – границы),
- 5 сегментов по падению: 0 - 50 км (шаг – 10 км),
- система отсчёта относительно NA,
- блоки зафиксированы,
- угол падения 70° к западу,
- Гауссовское распределение.

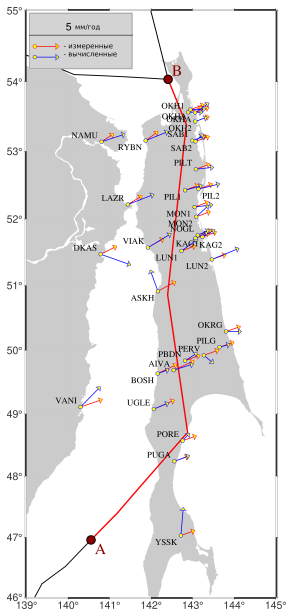
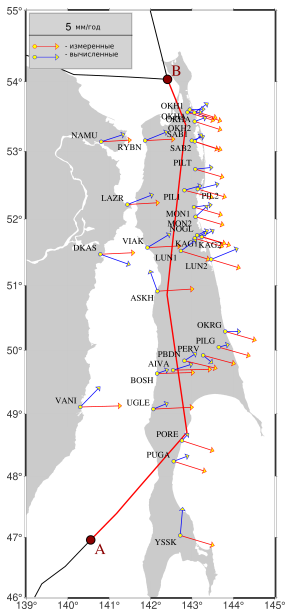
Уточняемые параметры

- коэффициенты межплитового сцепления в узлах покрытия,
- векторы Эйлера блоков AM и OK.

Сравнение смоделированных смещений в двух экспериментах



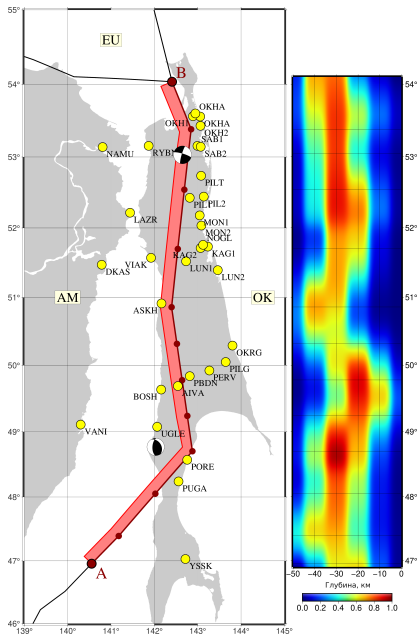
Сравнение смоделированных смещений в двух экспериментах



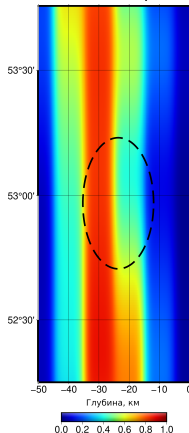
Что изменилось

- удалена систематика,
- отличие направления вычисленных от измеренных носит случайный характер,
- $\chi_1^2 = 8.903(27)$,
 $\chi_2^2 = 2.040(21)$.

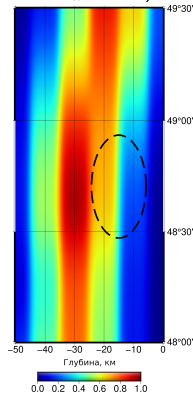
Распределение сцепления при уточнении кинематики блоков



Нефтегорское
(27.05.1995 г.,
 $M_w = 7.0$)



Углегорское
(04.08.2000 г.,
 $M_w = 6.8$)



Блок	Координаты полюса Эйлера		$\omega(^{\circ}\cdot 10^6)$
	Широта ($^{\circ}$ с.ш.)	Долгота ($^{\circ}$ з.д.)	
AM	57.552	45.070	0.2820
EU*	61.798	40.613	0.2106
ОК	-23.015	16.632	-0.0284

* – получено по модели NNR-MORVEL56.

- 1 Наилучшее согласие с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности достигается при одновременном уточнении кинематики смежных литосферных блоков.

- 1 Наилучшее согласие с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности достигается при одновременном уточнении кинематики смежных литосферных блоков.
- 2 Полученные в результате уточнения кинематики блоков векторы Эйлера движения Амурской и Охотоморской микроплит слабо отличаются от кинематики соответствующих больших плит: Евразийской и Северо-Американской, что обуславливает проблему определения параметров вращения указанных микроплит.

- 1 Наилучшее согласие с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности достигается при одновременном уточнении кинематики смежных литосферных блоков.
- 2 Полученные в результате уточнения кинематики блоков векторы Эйлера движения Амурской и Охотоморской микроплит слабо отличаются от кинематики соответствующих больших плит: Евразийской и Северо-Американской, что обуславливает проблему определения параметров вращения указанных микроплит.
- 3 Максимальное сцепление достигается на глубинах 20-30 км корового слоя, что согласуется с локализацией большинства сейсмических событий острова.

- 1 Наилучшее согласие с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности достигается при одновременном уточнении кинематики смежных литосферных блоков.
- 2 Полученные в результате уточнения кинематики блоков векторы Эйлера движения Амурской и Охотоморской микролит слабо отличаются от кинематики соответствующих больших плит: Евразийской и Северо-Американской, что обуславливает проблему определения параметров вращения указанных микролит.
- 3 Максимальное сцепление достигается на глубинах 20-30 км корового слоя, что согласуется с локализацией большинства сейсмических событий острова.
- 4 Построенное распределение сцепления сопоставлено с локализацией очагов Нефтегорского и Углегорского землетрясений, что позволяет сделать выводы о связи сейсмичности с максимальными зонами сцепления и высокого градиента по падению и простиранию.

- 1 Наилучшее согласие с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности достигается при одновременном уточнении кинематики смежных литосферных блоков.
- 2 Полученные в результате уточнения кинематики блоков векторы Эйлера движения Амурской и Охотоморской микролит слабо отличаются от кинематики соответствующих больших плит: Евразийской и Северо-Американской, что обуславливает проблему определения параметров вращения указанных микролит.
- 3 Максимальное сцепление достигается на глубинах 20-30 км корового слоя, что согласуется с локализацией большинства сейсмических событий острова.
- 4 Построенное распределение сцепления сопоставлено с локализацией очагов Нефтегорского и Углегорского землетрясений, что позволяет сделать выводы о связи сейсмичности с максимальными зонами сцепления и высокого градиента по падению и простиранию.
- 5 Приведенные построения могут быть использованы для интерполирования измеренных движений земной поверхности на территорию о. Сахалин и долгосрочной оценки уровня сейсмической опасности региона.

- 1 Наилучшее согласие с наблюдаемыми скоростями смещения пунктов на земной поверхности достигается при одновременном уточнении кинематики смежных литосферных блоков.
- 2 Полученные в результате уточнения кинематики блоков векторы Эйлера движения Амурской и Охотоморской микролит слабо отличаются от кинематики соответствующих больших плит: Евразийской и Северо-Американской, что обуславливает проблему определения параметров вращения указанных микролит.
- 3 Максимальное сцепление достигается на глубинах 20-30 км корового слоя, что согласуется с локализацией большинства сейсмических событий острова.
- 4 Построенное распределение сцепления сопоставлено с локализацией очагов Нефтегорского и Углегорского землетрясений, что позволяет сделать выводы о связи сейсмичности с максимальными зонами сцепления и высокого градиента по падению и простиранию.
- 5 Приведенные построения могут быть использованы для интерполирования измеренных движений земной поверхности на территорию о. Сахалин и долгосрочной оценки уровня сейсмической опасности региона.
- 6 Дальнейшая детализация моделей будет возможна за счет расширения наборов используемых данных ГНСС путем включения в анализ постоянно действующих станций.

Спасибо за внимание!