

Воздействие Западно-Тихоокеанской субдукции на геодинамику Азиатского континента*

Исследование ориентировано на создание целостной концепции современной геодинамической активности Земли; разработку методов анализа сейсмической активизации и выявление новых прогностических признаков сейсмической опасности.

Цель исследования – построение волновых геодинамических моделей зон взаимодействия Амурской, Евразийской, Охотоморской и Тихоокеанской литосферных плит на основе пространственно-временного анализа миграции сейсмической активности и данных о современных движениях земной коры.

Западно-Тихоокеанская зона субдукции является сейсмически наиболее активной областью Восточной Азии (рис. 1). Здесь возникают самые сильные землетрясения, очаги которых находятся в относительно узких зонах активных разломов – Японском, Курильском и Камчатском глубоководных желобах.

Давно известна миграция сильных землетрясений в Тихоокеанском сейсмическом поясе, которая представляет собой последовательное возникновение землетрясений, образующих упорядоченную структуру в определенном направлении. Миграция землетрясений связана с наличием в геологической среде медленной динамики, т.е. существенно более медленных, чем сейсмические, процессов.

Медленная динамика деформационных процессов включает перенос локализованной деформации и медленных возмущений геодинамических полей, а также формирование и перемещение волновых фронтов различного типа и масштаба, вызывающих миграцию землетрясений. Миграция сейсмичности – это наиболее яркое проявление геодинамического воздействия.

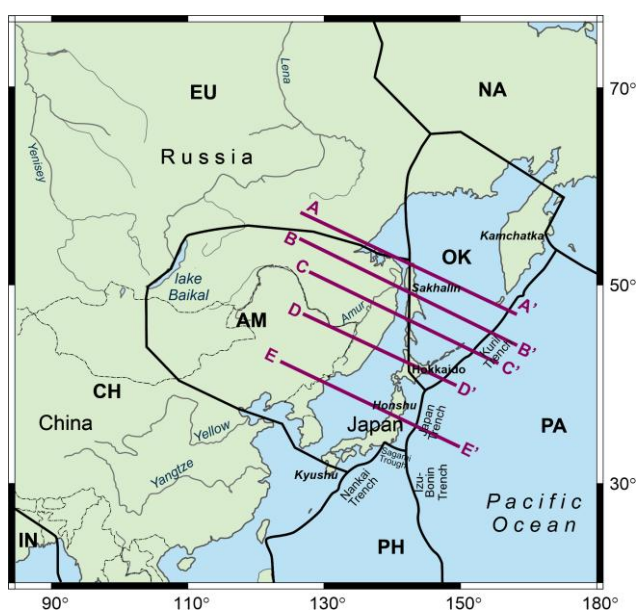


Рис. 1. Зона Западно-Тихоокеанской субдукции и расположение профилей исследования.

Литосферные плиты:
EU – Евразийская,
NA – Североамериканская,
PA – Тихоокеанская,
PH – Филиппинская,
AM – Амурская,
OK – Охотская,
IN – Индийская,
CH – Китайская.

* **Краткое изложение в научно-популярной форме статьи:**

Bykov V.G., Merkulova T.V., Andreeva M.Y. Stress transfer and migration of earthquakes from the Western Pacific subduction zone toward the Asian continent // Pure and Applied Geophysics. 2022. (DOI 10.1007/s00024-021-02924-7. Original Paper Published: 17 January 2022)

Очень важным обстоятельством следует считать направление миграции сдвиговой деформации от океана к побережью. Эта общая тенденция, впервые обнаруженная в области Японской островной дуги и направленная с востока на запад [Kasahara, 1979], привела к предположению, что одним из возможных источников медленных возмущений (деформационных волн) являются зоны субдукции – зоны погружения океанических плит под континентальные плиты.

Сейсмическая активность передается как вдоль, так и поперек границ плит. В настоящее время изучены сейсмические миграционные процессы и их особенности в различных геодинамических обстановках Центральной и Восточной Азии и определены характерные параметры миграции землетрясений (скорости, времена повторяемости, энергетика) в пределах наиболее тектонически активной западной окраины Тихого океана [Викулин, 1992; Викулин и др., 2011; Кузнецов, Кейлис-Борок, 1997].

Наиболее полно миграция сильных землетрясений ($M > 5$), ее цикличность и возможные причины ее направленности исследованы в континентальной части Азии (Байкальский регион, Приамурье, Приморье, Северный и Северо-Восточный Китай, Корейский п-ов). Однако, перенос деформаций в виде миграции землетрясений из Западно-Тихоокеанской зоны субдукции в сторону Азиатского континента исследован недостаточно и особенно это относится к миграции землетрясений из глубоководных желобов, которые отличаются по протяженности, плотности выделяющейся сейсмической энергии и мощности источников генерации землетрясений. Имеется совсем немного публикаций, затрагивающих этот важнейший вопрос.

Поэтому основные задачи исследований заключались в анализе известных данных о скорости миграции землетрясений и медленных деформаций из Нанкайского, Японского, Курило-Камчатского сегментов Западно-Тихоокеанской зоны субдукции вглубь континентальной Азии; в установлении распределения землетрясений в Японско-Курило-Камчатском сегменте Тихоокеанской зоны субдукции; в расчетах скорости миграции современных землетрясений ($M \geq 6.5$) из Японского, Курильского и Камчатского желобов в сторону Азиатского континента.

Расчеты проведены по пяти профилям (рис. 1), направленным от глубоководных желобов в сторону Азиатского континента и пересекающим Японский архипелаг, Курильские острова и остров Сахалин. Расстояние между практически параллельными профилями составляет от 400 до 800 км. Протяженность профилей равна 2750 – 3850 км.

При исследовании миграции использованы данные из каталога ISC (International Seismological Centre) о землетрясениях с магнитудой $m_b \geq 4$ за период 1960-2020 гг. (около 68000 землетрясений). Детальный пространственно-временной анализ событий с

магнитудой $M_L \geq 3$ выполнен на основе данных из каталогов “Землетрясения России”, “Землетрясения Северной Евразии”.

В качестве примера на рис. 2 представлены распределение землетрясений по глубине и миграция гипоцентров землетрясений вдоль профиля ВВ’, пересекающего центральную часть о. Сахалин и береговую линию континента. Из рис. 2, а следует, что локализация сейсмических событий имеет классический вид для зоны субдукции. На рис. 2, б миграционная цепочка 2 проходит вблизи о. Сахалин и отражает развитие деформационного процесса со скоростью 11.8 км/год от глубины 77 км к дневной поверхности в период 1990-2008 гг. Цепочка 3 показывает миграцию от зоны субдукции до континентальной окраины со скоростью 24.7 км/год в течение длительного времени (1960 – 1994 гг.).

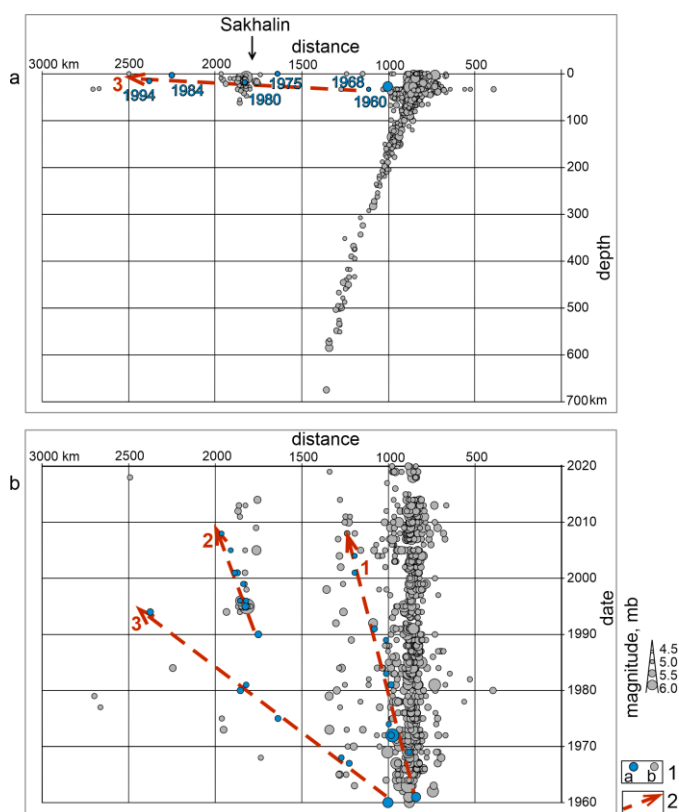


Рис. 2. Миграция землетрясений с $m_b \geq 4.5$ вдоль профиля ВВ’.

а - диаграмма глубина гипоцентра – расстояние;
б - диаграмма расстояние – время.

1 - землетрясения:
а - включенные в миграционные цепочки;
б - прочие;
2 - миграционные цепочки и их направление.

Обобщающий результат заключается в том, что локализация сейсмических событий в Курило-Камчатском сегменте Тихоокеанской зоны субдукции в основном происходит в северо-восточном направлении. Значительная часть землетрясений вдоль всех профилей произошла на глубине до 200 км, в диапазоне глубин 200-350 км зафиксированы единичные события. В Западно-Тихоокеанской зоне субдукции пространственно-временное развитие процесса миграции землетрясений с $m_b \geq 4.5$ и 4.0 не всегда происходит только вдоль наклонной плоскости субдукции, но проявляются также

миграционные цепочки, гипоцентры в которых располагаются вкрест простирания зоны субдукции, т.е. направлены в сторону Азиатского континента.

Основные результаты исследований заключаются в следующем.

Установлен перенос деформаций в виде миграции землетрясений из Западно-Тихоокеанской зоны субдукции в сторону Азиатского континента. Нанкайский, Японский и Курило-Камчатский сегменты Западно-Тихоокеанской зоны субдукции оказывают существенное воздействие на Азиатский континент, что проявляется в виде последовательности землетрясений субширотного направления.

Скорость миграции гипоцентров землетрясений ($M \geq 4.5$) вдоль профилей через северную, центральную и южную части о. Сахалин на разных глубинных уровнях имеет значения от 10 до 60 км/год. По профилям, пересекающим о. Хоккайдо и о. Хонсю, миграция землетрясений ($M \geq 4.0$) проходит со скоростью 8-27 км/год. Проведенные расчеты хорошо согласуются как по величине, так и по направлению с данными о миграции землетрясений из желоба Нанкай (20-22 км/год) [Zhao and Yao, 1995] и от Японской дуги в Северо-Восточный Китай (20-30 км/год) [Mino, 1988].

Результаты расчетов современной миграции землетрясений из зоны Японско-Курило-Камчатского глубоководного желоба вглубь Азии и выявленная в различных районах Восточной Азии медленная миграция деформаций с востока на запад со скоростью 10-140 км/год [Kasahara,; Ishii et al., 1978; 1980; Harada et al., 2003] предполагают волновой механизм геодинамического воздействия Западно-Тихоокеанской субдукции на Азиатский континент.

Литература

- Викулин А.В. Миграция очагов сильнейших Камчатских и Северо-Курильских землетрясений и их повторяемость // Вулканология и сейсмология. 1992. № 1. С. 46-61.
- Викулин А.В., Водинчар Г.М., Гусяков В.К., Мелекесцев И.В., Акманова Д.Р., Долгая А.А., Осипова Н.А. Миграция сейсмической и вулканической активности в зонах напряженного состояния вещества наиболее геодинамически активных мегаструктур Земли // Вестник КамчатГТУ, 2011. Вып. 17. С. 5-15.
- Кузнецов И.В., Кейлис-Борок В.И. Взаимосвязь землетрясений Тихоокеанского сейсмического пояса // Докл. АН. 1997. Т.355. № 3. С.389-393.
- Harada M., Furuzawa T., Teraishi M., Ohya F. Temporal and spatial correlations of the strain field in tectonic active region, southern Kyusyu, Japan // Journal of Geodynamics. 2003. V. 35. N 4-5. P. 471-481.
- Ishii H., Sato T., Takagi A. Characteristics of strain migration in the northeastern Japanese Arc (I) - Propagation characteristics // Sci. Rep. Tohoku Univ. 1978. Ser. 5. Geophysics. V. 25. N 2. P. 83-90.
- Ishii H., Sato T., Takagi A. Characteristics of strain migration in the northeastern Japanese arc (II) - Amplitude characteristics // Journal of the Geodetic Society of Japan. 1980. V. 26. N 1. P. 17-25.
- Kasahara K. Migration of crustal deformation // Tectonophysics. 1979. V. 52. N 1-4. P. 329-341.
- Mino K. Migration of great earthquake along the subduction zone, of Japan Archipelago // Journal of the Seismological Society of Japan. 1988. V. 41. N 3. P. 375-380 (in Japanese with English abstract).
- Zhao G., Yao L. Earthquake migration in East Asia mainland (I) - the migration of huge earthquakes and volcanic activity from West Pacific trench to the Chinese mainland // Acta Seismologica Sinica. 1995. V. 8. N 4. P. 541-549.