

Пространственное распределение эпицентров землетрясений северо-восточного сегмента Амурской микроплиты в различных фазах вращения Земли

С.В. Трофименко*, В.Г. Быков*, И.И. Колодезников**

*Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, г. Хабаровск

**Академия наук Республики Саха (Якутия), г. Якутск

Представлены результаты моделирования пространственного распределения эпицентров землетрясений в различных интервалах магнитуд северо-восточного сегмента Амурской микроплиты в пределах от 120° в.д. до 140° в.д. Установлена динамика сейсмичности в различных фазах изменения скорости вращения Земли. Предложено группировать сейсмические события по времени их возникновения в двух фазах изменения скорости вращения Земли «торможения–ускорения». Показано, что землетрясения в интервале магнитуд от M=5 до M=6, объединенные по фазам сейсмической активности в годовых циклах, группируются в кластеры, которые закономерно чередуются в пространстве в среднем через 3,5–4°. Для землетрясений в интервале магнитуд от M=2 до M=4 выделено три сейсмолинеамента, пространственно объединяющие системы разломов Станового структурного шва и системы разломов Тан-Лу различной кинематики и азимутов простирания. Сделано предположение о коллективной активизации разломов на фоне случайного процесса проявления сейсмичности.

Ключевые слова: скорость вращения Земли, фазы активизации сейсмичности, пространственная модель сейсмических кластеров, сейсмолинеament, Амурская микроплита.

Spatial Distribution of Earthquake Epicenters of Northeastern Segment of Amur Microplate in Different Phases of the Earth's Rotation

S.V. Trofimenko*, V.G. Bykov*, I.I. Kolodeznikov**

*Institute of Tectonics and Geophysics FEB RAS, Khabarovsk

**Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk

The results of modeling of spatial distribution of earthquakes in northeastern segment of the Amur microplate in various magnitude intervals in the range of 120°E to 140°E are presented. The seismicity dynamics in the different phases of change of the Earth's rotation speed is established. It is suggested to group the seismic events on the time of their occurrence in two phases of change of speed of the Earth rotation of «deceleration-acceleration». It is shown that the earthquake within the magnitudes interval from M=5 to M=6, united by phases of seismic activity in the annual cycle, are grouped into clusters, which regularly alternate in the space of an average of (3.5–40). For the earthquakes in the magnitude range from M=2 to M=4 three lineaments are distinguished which spatially combine fault systems of the Stanovoy Ridge and the Tan-Lu fracture zones of different kinematics and azimuths stretch. A supposition is made about the collective fault activation on a background of random seismicity process.

Key words: Earth's rotation speed, seismicity activation phases, spatial model of seismic clusters, seismo-lineament, Amur microplate.

*ТРОФИМЕНКО Сергей Владимирович – д.г.-м.н., в.н.с., trofimenko_sergei@mail.ru; *БЫКОВ Виктор Геннадьевич – д.ф.-м.н., зав. лаб., bykov@itig.as.khb.ru; **КОЛОДЕЗНИКОВ Игорь Иннокентьевич – д.г.-м.н., проф., президент, anrsya@mail.ru.

Введение

Исследования по различным сейсмоактивным регионам показывают, что землетрясения, которые происходят в пределах континентальных границ микроплит и которые в современной терминологии формируют внутриплитные сейсмические зоны, требуют значительно более сложного моделирования, чем на границах глобальных плит литосферы, и являются результатом взаимодействия между всеми структурными элементами сейсмоактивного региона.

При изучении сейсмичности вдоль северной границы Амурской микроплиты от 120 меридиана до долготы 139° в.д. и от 44° с.ш. до 60° с.ш. установлено группирование эпицентров землетрясений вдоль тектонических структур различного генезиса в разные периоды в течение годового цикла.

Это может свидетельствовать о том, традиционные представления о сейсмогенерирующих структурах, контролирующих сейсмический процесс, в соответствии с упругой теорией отдачи, могут применяться только на ограниченных интервалах времени. В рамках открытых диссипативных систем разломы образуют сложные структуры, динамика которых не может быть объяснена с учетом поведения каждого отдельного разлома.

Новые концептуальные модели для описания межплитовых (межплитных) землетрясений базируются на представлениях, которые обосновывают пространственную конфигурацию и динамику континентальной сейсмичности коллективным поведением систем разломов.

Несмотря на наличие многочисленных исследований и различных подходов к моделированию континентальной сейсмичности, вопросы геолого-геофизического обоснования, физических и математических моделей их описания до настоящего времени носят не просто дискуссионный, но зачастую, противоречивый характер.

В пределах зон взаимодействия Евразийской литосферной плиты с Амурской микроплитой по результатам сейсмологического анализа выделяются сейсмические зоны, сформированные внутриконтинентальными землетрясениями с залеганием гипоцентров в пределах от 5 до 40 км.

Область исследования охватывает сегменты северной, северо-восточной и восточной границ Амурской микроплиты, западным ограничением которой выбрано Темулякит-Джелтулакское сгущение эпицентров землетрясений субдолготного простирания, контролируемой Темулякитскими (Олекмински-

ми) системами разломов [1]. Северная граница трассируется полосой эпицентров землетрясений субширотного простирания от области меридиональных Темулякитских (Олекминских) разломов до Удской губы Охотского моря [2]. Центральная область сформирована динамическим взаимодействием кристаллических комплексов Алданского щита Сибирской платформы и Становой складчатой системы, где по данным инструментальных наблюдений выделена Олекмо-Становая сейсмическая зона в пределах 56–58° с.ш. и 120–139° в.д. Параллельно данной сейсмической зоне в полосе 54–56° с.ш. по сейсмологическим данным авторами [3, 4] выделяется отдельная Тукурингра-Джагдинская сейсмическая зона (рис. 1).

Моделированием сезонных смещений блока земной коры в годовых циклах установлено [6],

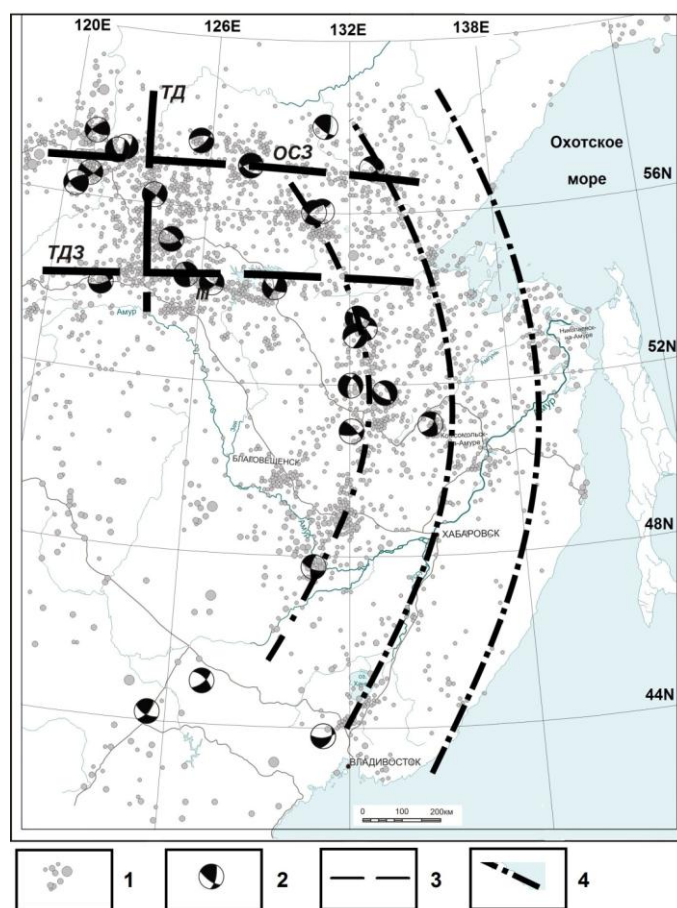


Рис. 1. Распределение эпицентров землетрясений северо-восточного сегмента Амурской коровой плиты. Карта выполнена на основе материалов [5]: 1 – эпицентры землетрясений с магнитудой от $M=2$ до $M=4$; 2 – фокальные механизмы отдельных землетрясений; 3 – примерные осевые линии: ОСЗ – Олекмо-Становая сейсмическая зона, ТДЗ – Тукурингра-Джагдинской сейсмической зоны, ТД – Темулякит-Джелтулакского сгущения эпицентров; 4 – сейсмолинементы зон повышенной плотности очагов землетрясений

что скорость изменения модуля горизонтального смещения блока идентична изменению скорости вращения Земли в течение года, максимальна в январе и июле и минимальна в марте и сентябре. В этой связи была поставлена цель о возможном влиянии скорости вращения Земли на сейсмический режим.

Результаты моделирования сейсмического режима

Для проверки возможной зависимости сейсмической активности от фазы изменения скорости вращения Земли был произведен расчет числа землетрясений с магнитудами от $M=2$ до $M=4$ при группировании событий на спадах, увеличениях, минимумах и максимумах скорости. Расчет количества землетрясений по трехмесячным периодам в различных фазах движения показал, что максимум сейсмической активности проявляется в зимне-летний период, минимум – в весенне-осенний (рис.2), т.е. сейсмичность увеличивается при уменьшении скорости.

Данные результаты моделирования послужили основанием для группирования землетрясений по фазовому признаку, т.е. землетрясения в интервалах магнитуд от $M=2$ до $M=4$ и $M=5$ до $M=6$ объединяются в две группы по фазам максимумов и минимумов сейсмической активности.

На рис.3 представлено пространственное распределение эпицентров землетрясений с магнитудами от $M=5$ до $M=6$. Землетрясения сгруп-

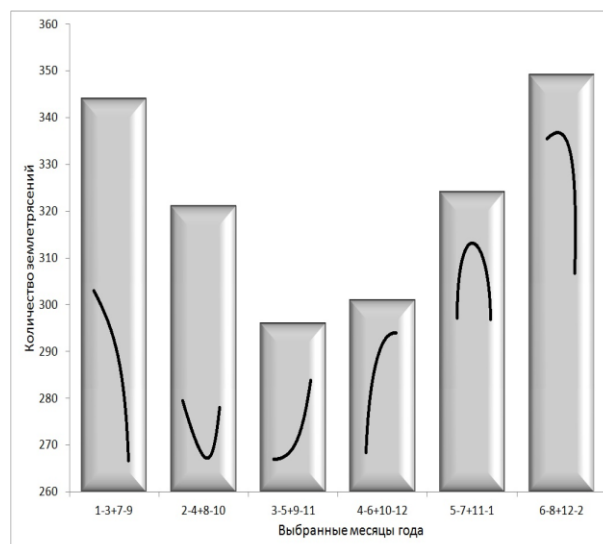


Рис. 2. Распределение количества землетрясений по фазам изменения модуля скорости горизонтального смещения блока.

Цифры горизонтальной оси диаграммы – цифровой идентификатор месяца года; кривые на диаграмме – примерный график изменения скорости вращения Земли

пированы по периодам из 6 месяцев: «январь, февраль, март+июль, август, сентябрь» (темные кружки) и «апрель, май, июнь+октябрь, ноябрь, декабрь» (светлые кружки). Зоны с группами землетрясений с одинаковой фазой изменения скорости разделены субмеридиональными прямыми.

Обсуждение результатов и выводы

Первыми результатами по изучению статистических распределений количества землетрясений в годовых циклах было установлено, что для зоны взаимодействия Амурской микроплиты и Евразийской литосферной плиты распределение количества землетрясений, сгруппированных по фазам изменения скорости вращения Земли, отличается от равномерного распределения (рис.1).

Максимумы статистических кривых относятся к периодам уменьшения скорости движения блока. В эти периоды происходит разворот вектора горизонтального движения [6]. Это может означать, что блоки земной коры находятся в состоянии наибольшего кинематического взаимодействия, что и приводит к уве-

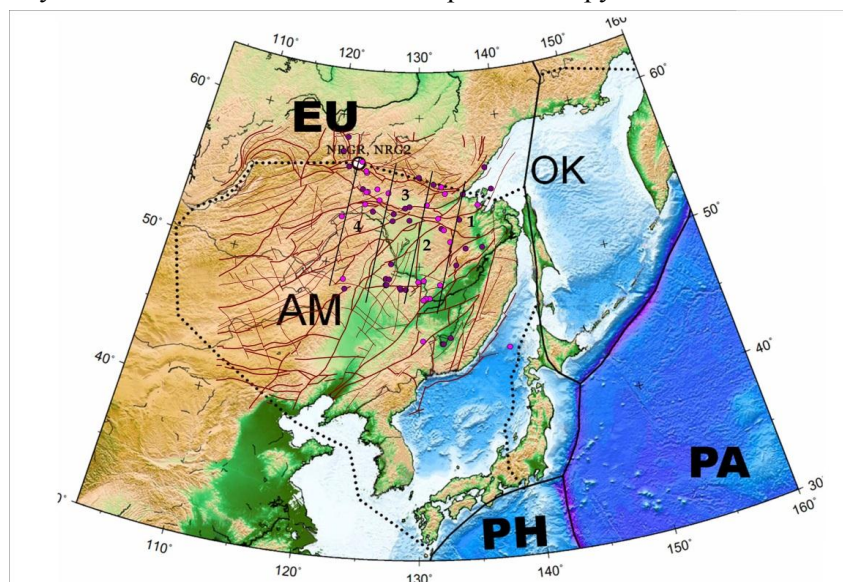


Рис. 3. Группирование эпицентров землетрясений вдоль северо-восточного сегмента Амурской коровой плиты:

1–4 – области группирования землетрясений в фазах «сжатия–расширения» земной коры. Вынесены основные известные разломы различной кинематики из системы Станового структурного шва и системы Тан-ЛУ

личению количества слабых землетрясений, в нашем случае с магнитудами от $M=2$ до $M=4$ (рис.2).

Иными словами, движение блока, вызванное изменением скорости вращения Земли, в ансамбле блоков приводит к изменению или перераспределению энергии упругих деформаций и, как следствие, к изменению в сейсмическом процессе.

Пространственное распределение и группирование эпицентров землетрясений с магнитудами от $M=5$ до $M=6$ по фазам изменения скорости вращения Земли позволяют сделать предположение, что землетрясения формируются в различных геодинамических условиях. То есть в фазе «ускорения» инициируется сейсмический процесс в области преобладающего горизонтального сжатия земной коры, а в фазе «торможения» – в области растяжения земной коры. Незначительное преобладание землетрясений в зимне-летний период может быть следствием того, что форма деформационной волны возмущения не симметрична.

Основанием для данного предположения служит тот факт, что форма траектории движения блока земной коры в виде бризера имеет остроконечный максимум и растянутый минимум, т.е. июльский разворот вектора горизонтального движения происходит быстрее, чем январский. В нашей модели это означает, что триггерный эффект от изменения скорости вращения Земли более значим в области сжатия земной коры, по крайней мере для исследуемой области внутриконтинентальных землетрясений северо-восточного сегмента Амурской микроплиты.

Выделенные сейсмические кластеры объединяют системы разломов различной кинематики. Данный результат корреспондирует с развиваемыми теоретическими моделями, в рамках которых внутриконтинентальная сейсмичность ассоциируется с коллективной активизацией систем разломов.

Математическое моделирование и геометрические построения позволили сделать вывод о том, что сейсмический процесс, отражающий поле современных внутриконтинентальных эпицентров землетрясений, на фоне случайного распределения отдельно взятого землетрясения в пространстве и времени формируется под воздействием внешних периодических силовых полей и отражает коллективное поведение механически связанных систем разломов в виде одновременной активизации кластеров в интервале магнитуд от $M=5$ до $M=6$. Это послужило основанием для принятия рабочей гипотезы о взаимозависимой активизации разнородных

структурных элементов земной коры под воздействием периодических изменений скорости вращения Земли в течение года.

Установлено, что на восточном сегменте в интервале магнитуд от $M=2$ до $M=4$ области увеличенной плотности эпицентров землетрясений образуют пространственные циклы, объединяющие эпицентрально-полюс Олекмо-Становой, Тукурингра-Джагдинской и Тан-Лу сейсмических зон, и цепочки сейсмолинементов (рис.1).

Все землетрясения, образующие данные протяженные зоны, пространственно не связаны с отдельными тектоническими нарушениями. Пространственно их можно представить в виде сейсмолинементов, пересекающих разломы различного генезиса и азимутов простирания и объединяющих широтные сейсмические зоны, трассируемые вдоль Станового структурного шва и обрамляющих его разломов и зоны разломов Тан-Лу северо-восточного простирания.

Работа выполнена в рамках проекта «Волновые геодинамические процессы в зонах коллизии и скольжения литосферных плит» по программе фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (грант ДВО РАН 15-1-2-014) при частичной финансовой поддержке государственного задания №5.1771.2014/К Министерства образования и науки России.

Литература

1. Ovsyuchenko A.N., Trofimenko S.V., Marakhanov A.V. et al. Seismotectonics of the Transitional Region from the Baikal Rift Zone to Orogenic Rise of the Stanovoi Range // Geotectonics. – 2010. – Vol. 44, No. 1. – P. 25–44, doi: 10.1134/S0016852110010036.
2. Ovsyuchenko A.N., Trofimenko S.V., Marakhanov A.V. et al. Source Zones of Strong Earthquakes in Southern Yakutia as Inferred from Paleoseismogeological data // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. – 2009. – Vol. 45, No. 2. – P. 101–117, doi:10.1134/S1069351309020025.
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. и др. Буферные сейсмогенные структуры между Евразийской и Амурской литосферными плитами на юге Сибири // Тихоокеанская геология. – 2008. – Т. 22, № 6. – С. 55–61.
4. Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М. Сейсмогеодинамика Алдано-Станового блока // Тихоокеанская геология. – 2012. – Т. 31, № 1. – С. 5–17.
5. Кузнецов В.Е. Глубинное строение и современная геодинамика Приамурья // Тихоокеанская геология. – 1998. – Т. 17, № 2. – С. 61–67.
6. Trofimenko S.V., Bykov V.G. The model of crustal block movement in the South Yakutia geodynamic testing area based on GPS data // Russian Journal of Pacific Geology. – 2014. – Vol. 8, No 4. – P. 247–255, doi: 10.1134/S1819714014040071.

Поступила в редакцию 28.09.2015