УДК 550.34 (571. 61/62)

СЕЙСМОЛИНЕАМЕНТЫ ВОСТОЧНОГО ПРИАМУРЬЯ ПО АНАЛИЗУ СЕЙСМИЧНОСТИ В 1968-2009 ГГ.

Меркулова Т.В.

Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65, e-mail: merkulova@itig.as.khb.ru

В работе исследована упорядоченность очагов землетрясений за период 1968-2009 гг. Выполненный анализ сейсмолинеаментов за временные интервалы 5-7 лет показал, что большинство сейсмолинеаментов имеют северо-восточное или северо-западное простирание. Сейсмолинеаменты субширотного простирания имели место только в зоне региональных разломов этого же направления. Из линеаментов субмеридиональной ориентировки наибольшей протяженностью и сейсмической активностью характеризуется линеамент, проходящий параллельно Тастахскому разлому. Существование линейно упорядоченных сейсмолинеаментов преимущественно северо-восточной и северо-западной ориентировки в разные годы, вероятно, свидетельствует о большом влиянии на сейсмичность Восточного Приамурья процессов на границах соседних плит.

Ключевые слова: сейсмолинеаменты, региональные разломы, Восточное Приамурье.

SEISMOLINEAMENTS OF EASTERN PRIAMURYE FROM THE ANALYSIS OF SEISMICITY DURING 1968-2009

Tatyana V. Merkulova

Yu. A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, 65, Kim Yu Chen St., Khabarovsk, e-mail: merkulova@itig.as.khb.ru

The paper examines the arrangement of earthquake foci during 1968-2009. The performed analysis of seismolineaments in time periods of 5-7 years has

shown that the major part of these seismolineaments is of northeastern or northwestern strike. Sublatitudinally striking seismolineaments took place only in the regional fault zone of similar trending. As for lineaments of submeridional orientation, the seismolineament running parallel to the Tastakh fault is the most extended and seismically active one. Probably, the existence of linearly arranged seismolineaments of dominating northeastern and northwestern strike observed in different years testifies to a great influence of the processes occurring at the adjacent plate boundaries on seismicity of Eastern Priamurye.

Key words: seismolineaments, regional faults, Eastern Priamurye.

В обзорной работе авторов [2] с достаточной полнотой освещены задачи линеаментного анализа, показана их актуальность для тектонического районирования территорий и других геологических задач. Линеаменты косвенно отражают особенности геологической структуры, часто трассируют зоны повышенной нарушенности, деформированности или раздробленности земной коры, а также могут свидетельствовать о подводящих каналах различных флюидов [2]. Особую актуальность линеаментный анализ принимает в сейсмоактивных зонах при оценке сейсмической опасности [6].

Для построения линеаментов используются разнородные данные: топографические карты, данные цифрового рельефа, карты магнитных, гравитационных аномалий и другие данные [2]. Изучение структур сейсмоактивных регионов, показывает, что очаги землетрясений не рассеяны хаотично, а приурочены к относительно узким линейным зонам - сейсмолинеаментам (сейсмогенерирующим линеаментам), в виде цепочек эпицентров землетрясений, которые характеризуются высокой упорядоченностью расположения сейсмических очагов и фиксируют следы современной активной переработки по протяженным линейным направлениям. Вдоль этих линейных направлений достаточно ярко выражены процессы миграции сейсмической активизации [8-10].

В данной работе исследована упорядоченность очагов землетрясений Восточного Приамурья (в виде сейсмолинеаментов) за период 1968-2009. гг. На основе выделения наиболее устойчивых сейсмолинеаментов установлена их связь с региональными разломами, показана тонкая структура сейсмичности и динамика современного сейсмического процесса.

Для анализа использованы все землетрясения с магнитудой $M \geq 2.5$ из каталога ИТиГ ДВО РАН, в котором собрана информация об исторических и инструментально зарегистрированных землетрясениях каталогов «Землетрясения в России» и «Землетрясения Северной Евразии». Для построения сейсмолинеаментов методом подбора временного интервала определен оптимальный период от 4-х до 9 лет, на котором достаточно устойчиво проявляется упорядоченность землетрясений.

Сейсмолинеаментный анализ упорядоченности землетрясений

Построение сейсмоактивных линеаментов за три периода 1968-1977 гг., 1978-1982 гг., 1983-1988 гг. (Рис. 1) показало, что большинство сейсмоактивных линеаментов имеют северо-восточное или северо-западное простирание. В единичных случаях сейсмолинеаменты ориентированы в субмеридиональном или субширотном направлениях, контролируемых активными тектоническими структурами соответствующих ориентировок. Например, в северо-западной части района исследований (см. Рис. 1) субширотные сейсмолинеаменты в плане совпадают с положением Станового разлома, а в центральной части хорошо выражен протяженный сейсмолинеамент субмеридионального направления, расположенный западнее Тастахского регионального разлома.

Линеаменты северо-восточного и северо-западного направлений концентрируются в виде фрагментарных зон сгущения, которые образуют перекрестный «решетчатый» структурный план. В южной части исследуемой площади пересечение линеаментов носит V-образный характер. В целом сейсмолинеаменты трассируются либо по отдельным сегментам крупных региональных разломов, либо вблизи их субпараллельно, в зоне динамического влияния разломов. Сейсмолинеаменты северо-западного направления пересекают разломы северо-восточного простирания.

Рис. 1. Сейсмолинеаменты по анализу сейсмичности в 1968-1988 гг.

1 – региональные разломы по [5]; 2-4 – сейсмолинеаменты по анализу сейсмичности в периоды: 2 – 1968-1977 гг., 3 – 1978-1982 гг., 4 – 1982-1988гг.

Цифры в кружках – региональные разломы по [5]: 1 – Центрально-Сихотэ-Алинский; 2 – Ишу-Харпинский; 3 – Хинганский; 4 – Тастахский; 5 – Селемджинский; 6 – Буссе-Норская р.з.; 7 – Курский; 8 – Пауканский; 9 – Лимурчанский; 10 – Тугурский; 11 – Южно-Тукурингский; 12 – Улигданский; 13 – Северо-Тукурингский; 14 – Становой; 15 – Джугжурский.

Одной из составляющих сейсмолинеаментного анализа является проверка устойчивости линеаментов во времени, что существенно также для прогноза сейсмической опасности. Для проверки данного положения был проведен анализ пространственного положения линеаментов в расширенном диапазоне времени. Геометрические построения позволили установить, что для временного интервала 1988-1999гг. характерно наличие всех выделенных ориентировок сейсмолинеаментов, определенных за ранее принятые интервалы 1968-1988гг, а также их устойчивость в интервалах 1988-1993 гг., 1993-1997 гг. и 1995-1999 гг.

Для данных периодов установлена пространственная устойчивость линеаментов северо-восточного и северо-западного простираний. Для сейсмолинеаментов субширотного направления определены зоны динамического влияния крупных региональных разломов субширотного простирания (западного фрагмента Пауканского и Станового (см. Рис. 1), а для субмеридионального направления - Тастахского разлома. Дополнительно выделены два сейсмолинеамента, не совпадающих с региональными разломами.

В период 1995-1999 гг. в южной части исследуемой площади выделены достаточно протяженные сейсмолинеаменты северо-западного направления, которые были дополнены линеаментами за период 2000- 2009 гг.

В результате данных построений стало возможным построение схемы наиболее устойчивых сейсмолинеаментов Восточного Приамурья (Рис. 2). На этой схеме представлены сейсмолинеаменты, которые однозначно выделяются в разные временные периоды. Если в разные временные интервалы наблюдается сближенная система сейсмолинеаментов одного простирания, то на схему выносятся центральный сейсмолинеамент.

Рис. 2. Схема устойчивых сейсмолинеаментов Восточного Приамурья за период 1968-2009 гг.

1 – сейсмолинеаменты; 2 – региональные разломы; 3 – землетрясения с $M \geq 5$. Оцифровка разломов согласно Рис. 1.

Обсуждение результатов

Для Восточного Приамурья отмечаются устойчивые сейсмолинеamentы разных ориентировок. Сейсмолинеamentы северо-восточного направления часто наблюдаются вблизи региональных разломов или их отдельных сегментов, вероятно, в зоне их динамического влияния. Сейсмолинеament северо-восточной ориентировки с западной стороны проходит по всей длине Хинганского разлома и протягивается за его пределы к востоку. Сейсмолинеament этого же направления практически совпадают с отдельными сегментами Курского и Ишу-Харпинского разломов. Другие протяженные сейсмолинеamentы северо-восточного простирания захватывают части разных региональных разломов – Селемджинского и Улигданского. Сейсмолинеament западнее северной части Буссе-Норской разломной зоны проходит севернее, и протягивается почти по всей длине Джугджурского разлома. Некоторые сейсмолинеamentы северо-восточного простирания располагаются между региональными разломами. Протяженный сейсмолинеament отмечается между Хинганским и Селемджинскими разломами. В некоторых случаях сейсмолинеamentы северо-восточного простирания пересекают региональные разломы субширотной ориентировки. Широко распространены в районе работ устойчивые сейсмолинеamentы северо-западного простирания. Один из наиболее протяженных сейсмолинеamentов в северо-восточной части район исследования протягивается от окраины континента за пределы Станового разлома. Другой протяженный сейсмолинеament этого же простирания примыкает к сегменту Пауканского разлома, ориентированному в северо-западном направлении. Пересекаясь системы сейсмолинеamentов северо-восточного и северо-западного направления, часто образуют структуры типа «решетки». К таким зонам пересечения северо-восточных и северо-западных разломов приурочены два из трех сейсмолинеamentов субмеридионального простирания. Устойчивые

системы линеаментов субширотного направления отмечаются только в зоне разломов или их сегментов, так и между ними, вероятно, по разрывным нарушениям более низкого ранга.

Необходимо отметить, что региональные разломы северо-западного простирания в регионе не выделяются [5]. К разломам данного заложения можно отнести юго-восточный сегмент Пауканского разлома и отдельные небольшие по протяженности разрывные нарушения северо-западного простирания, которые выделяются на геологических картах масштаба 1:1000 000. Это же направление выделено авторами [7] в Нижнем Приамурье на основе анализа ориентировок морфоструктур в виде тополинеаментов.

Сопоставление сейсмолинеаментов, выделенных в данной работе за инструментальный период наблюдений за сейсмичностью региона, со схемами структурно-геологического картирования и результатами тополинеаментного анализа [7] позволило на качественном уровне провести соответствие сейсмолинеаментов тополинеаментам и зонам сгущения разрывных нарушений (Рис. 3). динамического влияния крупных региональных разломов этого же простирания – Станового и Тугурского.

В данной работе глубины очагов землетрясений не рассматривались. Тем не менее, для анализа использованы именно коровые землетрясения с глубиной залегания гипоцентров от 5 до 70 км. Это косвенно может указывать на интенсивные упругопластические деформации глубинных ячеек земной коры Восточного Приамурья.

Основной особенностью развития сейсмического процесса в Восточном Приамурье является преимущественное группирование землетрясений в упорядоченные структуры широтного, северо-восточного и северо-западного простирания. Сейсмолинеаменты северо-восточного направления наблюдаются как в зонах динамического влияния региональных

Рис. 3. Соотношение сейсмолинеаментов с разрывными нарушениями и линеаментами северо-западного простирания по [7]

1 – региональные разломы; 2 – разрывные нарушения северо-западного простирания; 3 – устойчивые сейсмолинеаменты за период 1968-2009гг.; 4 – линеаменты по [7]. Остальные условные см. на Рис. 1.

Существование преобладающего северо-восточного и северо-западного простираний сейсмолинеаментов, вероятно, связано с влиянием двух важных для тектоники Восточной Азии процессов – субдукции под Евразию Тихоокеанской плиты и вытеснение на восток или северо-восток небольших (коровых) плит, как результат отдаленного воздействия коллизии Индийской и Евразийской плит [1, 3, 4]. Системы ортогональных решеток северо-западного сегмента изучаемой территории выделены автором [7] по результатам анализа геофизических полей. Геологическая природа данных построений установлена на основе детальных геолого-геофизических исследований систем активных разломов [9, 10].

Распространение сейсмолинеаментов северо-западного направления от побережья Тихого океана, а иногда и от Тихоокеанской зоны субдукции и соответствие их простирания северо-западному направлению движения Тихоокеанской плиты, позволяет предположить, что сейсмическая активность этих линеаментов обусловлена процессами на границе Тихоокеанской плиты с континентальными плитами [1, 3, 4] и, возможно, миграционными процессами сейсмической активности посредством деформационных волн [8-10].

Возникновение упорядоченных зон сейсмолинеаментов в северо-восточном, а возможно, и в субмеридиональном направлении связано, по мнению авторов [1, 3, 4], с влиянием процессов в зоне коллизии Индийской и Евроазиатской плит.

Выводы

1. Установлено пространственное положение и ориентировка сейсмолинеаментов Восточного Приамурья для различных временных интервалов за инструментальный период наблюдений за сейсмичностью региона.
2. Выделены пространственные зоны устойчивого развития сейсмического процесса. Показано, что сейсмолинеаменты северо-восточной ориентировки часто приурочены к зонам динамического влияния региональных разломов. Сейсмолинеаменты северо-западной ориентировки не подтверждаются на тектонических и геолого-структурных схемах, однако отражаются в ориентировках морфоструктур.
3. Основным результатам данного исследования можно считать обнаружение устойчивых сейсмолинеаментов за инструментальный период наблюдений. Этот результат может послужить основанием для разработки детальной схемы сейсмической опасности в различные интервалы времени и является предметом дальнейших исследований, актуальность которого представляет несомненную научную и практическую значимость в вопросах сейсмической безопасности сейсмоактивного региона.

Благодарности

Работа выполнена по программе «Дальний Восток», грант Дальневосточного отделения РАН 15-I-2-014. Автор выражает благодарность д. г.-м. н., в.н.с. ИТиГ ДВО РАН С.В. Трофименко за полезные советы и обсуждение результатов исследования.

Список литературы

1. Имаев В.С. Буферные сейсмогенные структуры // Тихоокеанская геология. _ 2003._ Т.22, №6. _ С.55-61.
2. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеamentной тектоники. – М.: Недра, 1986. _ 140 с.
3. Степашко А.А. Глубинные основы сейсмотектоники Дальнего Востока: Приамурская и Приморская зоны // Тихоокеанская геология. _ 2011. _ Т.30, №1. _ С. 3-15.
4. Тимофеев В.Ю., Горнов П.Ю., Ардюков Д.Г., Малышев Ю.Ф., Бойко Е.В. Результаты анализа данных JPS измерений (2003-2006) на Дальнем Востоке по Сихотэ-Алинской сети // Тихоокеанская геология. _ 2008. _ Т.27, №4. _ С.39-49.
5. Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий // _ Спб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. _ 190с.
6. Уломов В. И. Глобальная упорядоченность сейсмогеодинамических структур и некоторые аспекты сейсмического районирования и долгосрочного прогноза землетрясений // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. _ Вып.1. _ М: ОИФЗ РАН, 1993. _ С.24-44.
7. Уфимцев Г.Ф., Алексеенко С.Н., Онухов Ф.С. Морфотектоника Нижнего Приамурья // Тихоокеанская геология. _ 2009. _ Т.28, №6. _ С.81-93.
8. Trofimenko S.V., Bykov V.G., Merkulova T.V. Seismicity migration in the zone of convergent interaction between the Amur plate and the Eurasian plate // Journal of Volcanology and Seismology. _ 2015. _ Vol. 9, №. 3. _ P. 210-222.
9. 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, № 4. _ P. 247-255.
10. Ovsyuchenko A. N., Trofimenko S. V., Marakhanov A. V., Karasev P. S., and Rogozhin E. A. Seismotectonics of the Transitional Region from the Baikal Rift Zone to Orogenic Rise of the Stanovoi Range // Geotectonics. _ 2010. _ Vol. 44, № 1. _P. 25–44.