

УДК 551.24+571.6

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ АКТИВНЫХ РАЗЛОМАХ И ЗОНАХ СОВРЕМЕННОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ ПРИАМУРЬЯ

© 2011 г. С. И. Шерман, член-корреспондент РАН А. П. Сорокин,
А. Т. Сорокина, Е. А. Горбунова, В. А. Бормотов

Поступило 14.04.2011 г.

Использование новой методики сейсмического мониторинга в зонах динамического влияния разломов на территории Приамурья позволило впервые выделить зоны современной деструкции литосферы и активные в границах реального времени (последние 50 лет) разломы.

Рассматриваемая территория расположена в северо-восточной части Амурской литосферной плиты [1]. Позднемезозойский и кайнозойский этапы развития региона определили его современный структурный облик. На первом этапе господствовало растяжение земной коры, что привело к активизации крупнейших разломов и формированию вдоль них Суннэнь-Зейской и Тан-Лу-Охотской систем впадин [2]. Во второй (неотектонический) этап развития тип регионального поля напряжений изменился на раздвиго-сдвиговый и сдвиговый [3], следствием чего явилась не только очередная активизация крупнейших трансрегиональных и региональных разломов с явно выраженными сдвиговыми смещениями, но и формирование новых локальных разрывов, способствующих разрядке изменившегося поля напряжений.

Характер и специфику активизации крупных разломов и пространственное положение вновь формирующихся дислокаций на современном этапе развития позволяет выявить эпицентральное поле землетрясений (рис.1), интегрирующее сейсмические события с $M \geq 3.7$ за последние 50 лет (1960–2010 гг.). Согласно определениям многих исследователей (см., например, [4–7]) именно сейсмические события, контролируемые

разломами на текущем этапе развития, особенно в масштабах реального времени (годы, десятилетия), несут самую достоверную и конкретно привязанную ко времени информацию об активизации.

Для региона характерно рассеянное расположение очагов землетрясений с $M \geq 3.7$, и только в некоторых местах фиксируется их групповая линейная концентрация, воспроизводя дизъюнктивную структуру, или сближенное расположение отдельных очагов. В работах [6, 7] показано, что групповая линейная концентрация очагов землетрясений, накопленных за последние 50 и более лет, отражает развитие зоны современной деструкции литосферы. Группы же отдельных близко расположенных очагов (не менее четырех, расстояние между которыми не превышает 40 км, размещающихся по одному простираению) могут рассматриваться в качестве критериев существования активного разлома независимо от того, был ли он закартирован предыдущими геологическими исследованиями или нет. Итогом подобного анализа явились выделенные впервые для региона зоны современной деструкции литосферы, оси которых показаны на рис. 1. Район исследований не является весьма сейсмически активным и не может быть сопоставлен, например, с Байкальской рифтовой системой, в которой зоны современной деструкции литосферы выделяются на основе более высокой плотности эпицентров [7, 8]. Относительно невысокая сейсмическая активность рассматриваемого региона выявила возможности выделения зон современной деструкции и при относительно невысокой плотности эпицентров, поскольку налицо тенденция к линейной концентрации очагов в рассматриваемом регионе (см. рис. 1). Выделяемые в регионе зоны современной деструкции отражают их начальную стадию развития, накопление очагов землетрясений в которых трансформирует их в однозначно картируемые структурные подразделения. Изложенные приемы также позволили выделить активные в реальном времени разломы (рис. 2). Вместе с ансамблями сближенных разрывов в зо-

*Институт земной коры
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Иркутск*

*Институт геологии и природопользования
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Благовещенск*

*Институт тектоники и геофизики
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Хабаровск*

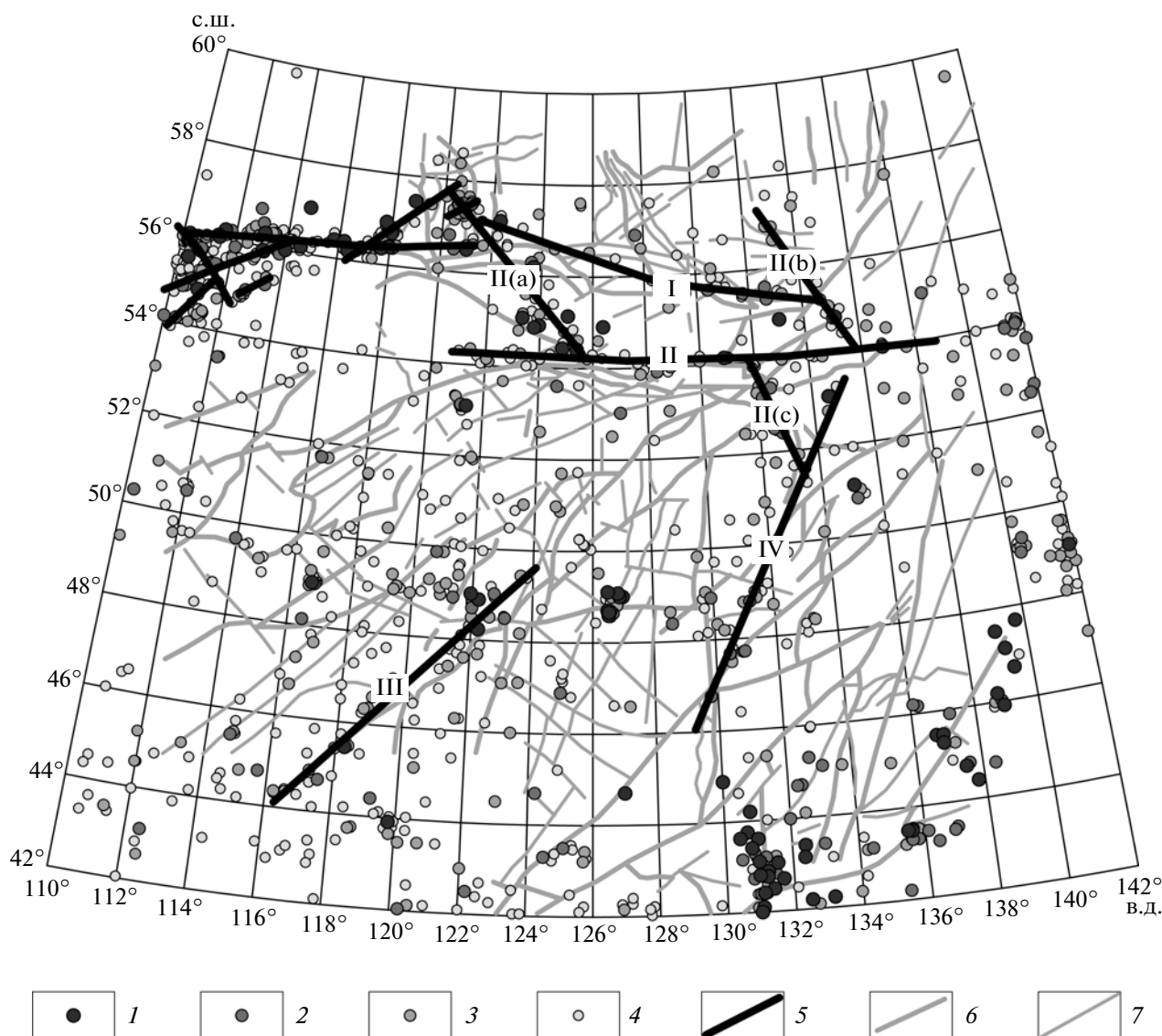


Рис. 1. Эпицентральное поле землетрясений Приамурья [10, 11] и оси зон современной деструкции литосферы. 1–4 – землетрясения с магнитудами $M \geq 5.4$ (1); 4.8–5.3 (2); 4.3–4.7 (3); 3.7–4.2 (4). 5 – оси зон современной деструкции литосферы и их порядковые номера; 6 – трансрегиональные и региональные разрывные нарушения сложного строения по [1]; 7 – прочие разрывные нарушения по [1].

нах современной деструкции они сформировали и вычленили на площади локальные дизъюнктивы, активные в реальное время, ограниченное избранным для анализа временным интервалом сейсмических событий в 50 лет.

В Приамурье выделено четыре зоны современной деструкции литосферы (рис. 1). Ось первой располагается в северной части площади и совпадает с группой субширотных разломов Становой зоны. Она является естественным продолжением северо-восточного сегмента оси зоны современной деструкции литосферы в Байкальской сейсмической зоне [8], но степень ее развития существенно слабее, и в ней совершенно не за-

фиксированы сильные землетрясения. Наиболее вероятно, что выделяемая на территории Приамурья зона находится в начальной стадии своего формирования.

Южнее, с аналогичным широтным простиранием, выделяется вторая зона современной деструкции литосферы, отражающая активизацию группы Северо- и Южно-Тукурингских разломов, входящей в ансамбль Монголо-Охотской системы разломов. По концентрации очагов землетрясений уверенно намечается дистальное продолжение зоны деструкции на запад и восток. Это свидетельствует о далеко не завершенном ее формировании. Две относительно короткие северо-

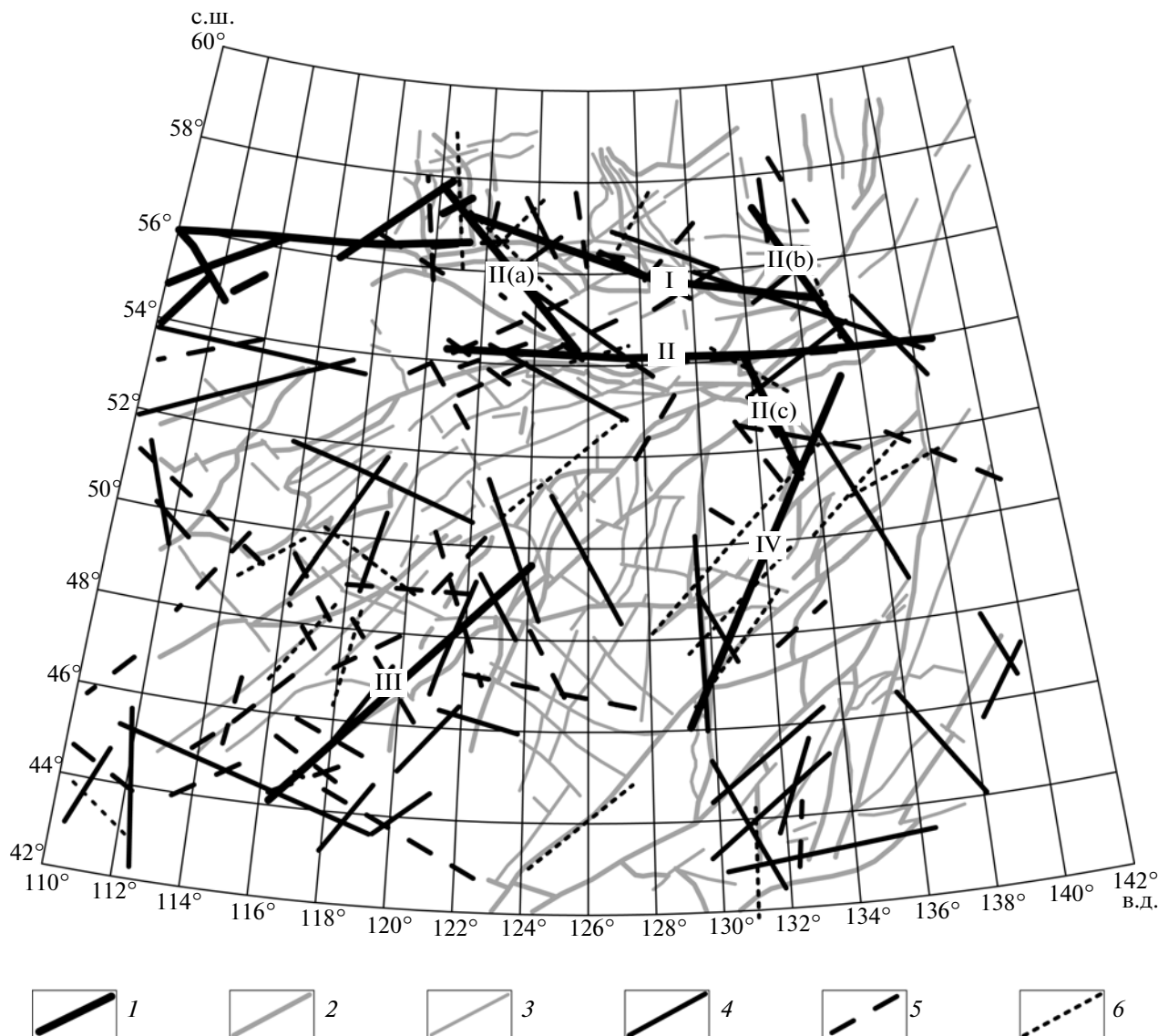


Рис. 2. Активные разломы Приамурья на фоне общей сети разломов территории. 1 – оси зон современной деструкции литосферы и их номера; 2 – трансрегиональные и региональные разрывные нарушения сложного строения по [1]; 3 – прочие разрывные нарушения по [1]; 4–6 – активные разломы и направления движений деформационных волн: с востока на запад (4), с запада на восток (5), однозначно не установленные (6).

западного простираения зоны деструкции ответвляются от второй зоны, образуя блок параллелограмной формы между Становой и Монголо-Охотской системами разломов. Его формирование и активизация выделяемых ограничений северо-западного простираения вызваны крупными по амплитуде левосторонними смещениями вдоль названных выше Становой и Монголо-Охотской систем разломов, ограничивающих Амурскую литосферную плиту [9].

В юго-западной части территории выделяется третья зона современной деструкции литосферы, сформированная Нэньцзын-Селемджинской системой разломов [1]. Она простирается на северо-

восток и кулисно сочленяется с системой разломов Намурэрхэ, являющейся составной частью крупнейшей на востоке Азии системы сдвиговых разломов Тан-Лу. Последние здесь формируют четвертую на территории зону современной деструкции литосферы.

На карте (рис. 2) показаны разломы, активизация которых в последние 50 лет, безусловно, определяется приуроченностью к ним очагов землетрясений. Количество таких разломов немногочисленно. Их дополнительная классификация по отдельным пяти- или десятилетним или другими протестированными нами интервалами времени подчеркивает селективный простран-

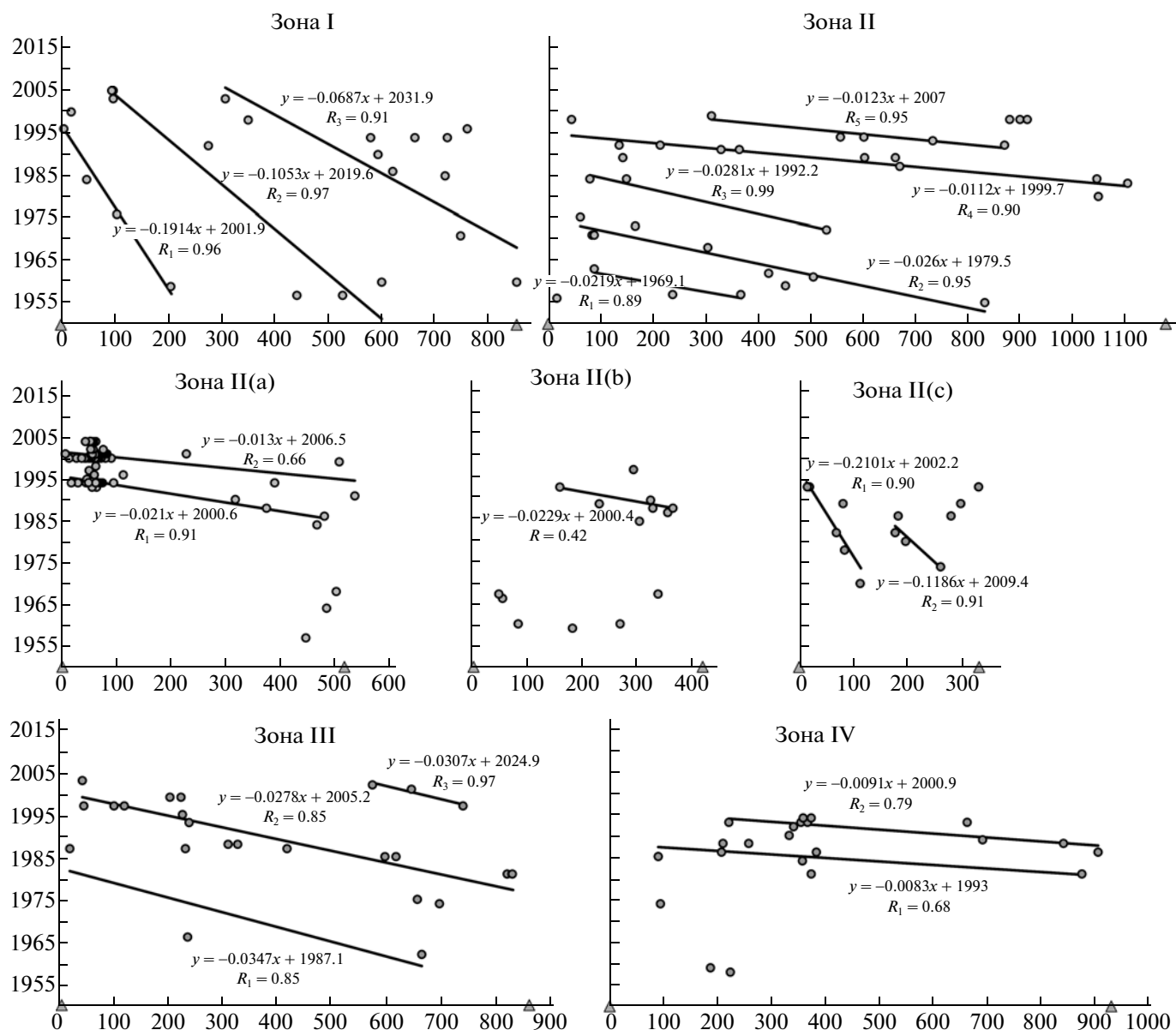


Рис. 3. Графики временных трендов сейсмических событий в зонах современной деструкции литосферы Приамурья. По осям ординат — время в годах; по осям абсцисс — длина зон современной деструкции литосферы в км; треугольники — начало и конец зоны.

ственно-временной характер процесса, подобный такому же в Байкальской сейсмической зоне [6]. Анализ пространственно-временной активности разломов и локализаций в областях их динамического влияния очагов землетрясений позволяет изучить факторы, стимулирующие селективную активизацию разломов и их сейсмическую активность.

По разработанной методике [8] оценены закономерности пространственно-временной локализации очагов землетрясений в областях динамического влияния выделенных зон современной деструкции литосферы и в отдельных разломах.

В анализе использованы сейсмические события из каталогов NEIC и CENC [10, 11]. На рис. 3 показаны графики время — место локализации очага для четырех зон современной деструкции литосферы. Приведены расчеты времени их вероятных активизаций по сейсмическому мониторингу. Меняя значения расстояния (в километрах от западного конца зоны) в соответствующих зонах деструкции уравнениях, можно определить места наиболее вероятных грядущих сейсмических событий и интенсивных активизаций разрывов. Высокие значения коэффициентов корреляций для деструктивных зон обеспечивают надежность статистических расчетов.

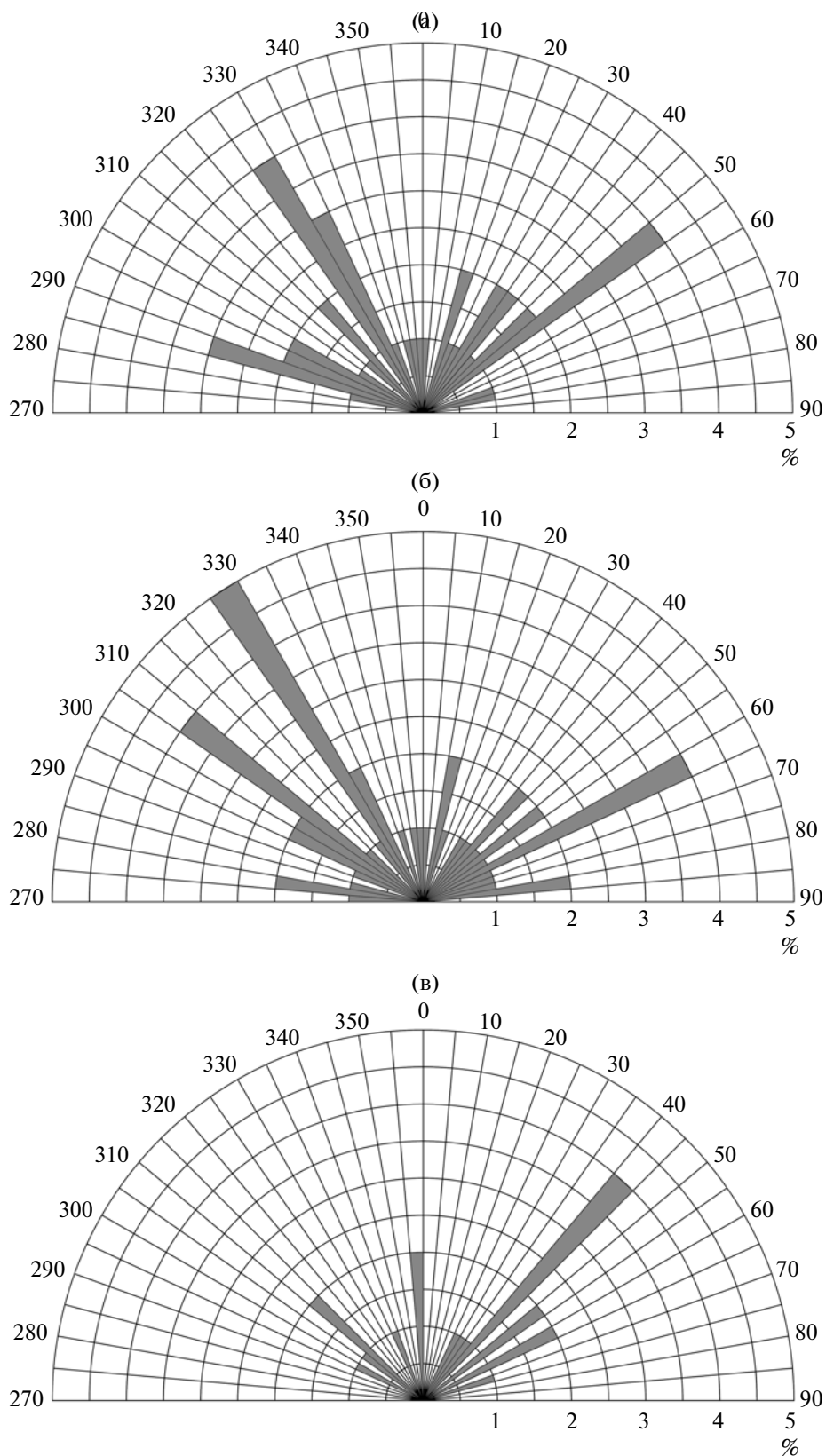


Рис. 4. Нормализованные розы простираний активных разломов Приамурья с векторами активизации с востока на запад (а), с запада на восток (б) и с однозначно не установленными векторами (в) деформационных волн. Количество активных разломов, используемых при построении диаграмм: 41 (а), 47 (б), 19(в).

Аналогичные графические построения место— время локализации очага выполнены для активных разломов, показанных на рис. 2. В относительно короткие интервалы реального времени активизируется небольшая группа разломов из общего внушительного количества закартированных в Приамурье разрывов. Активные в короткие интервалы времени они либо сосредотачиваются в линейно вытянутые узкие деструктивные зоны современной деструкции литосферы, либо рассредоточены в пространстве в форме одиночных активных дизъюнктивов. Неоднократная активизация первых и вторых во временном интервале последних 50 лет исключает воздействие регионального поля напряжений. Короткопериодная активизация деструктивных зон и разломов стимулируется, скорее всего, различными триггерными механизмами, среди которых ведущими являются деформационные волны [6, 7]. Об этом свидетельствуют идентичные векторные направленности и временные последовательности формирования очагов землетрясений в выделенных деструктивных зонах, отражающих воздействие общего регионального триггерного механизма — деформационных волн. Особенно характерна общность в направлении движения деформационных волн с востока на запад для всей изученной площади, в том числе и для ее западной границы (см. рис. 2 и 4). Здесь они пересекают границы Байкальской сейсмической зоны и с той же качественной закономерностью воздействуют на ее северо-восточный фланг [8]. Волновые процессы в зонах разломов можно рассматривать как один из классов механических движений, свойственных земной коре и литосфере в целом [12]. К настоящему времени факт существования деформационных волн не вызывает сомнений [13].

По векторам активизации разломы распределяются на три группы: первая — с векторной активизацией с востока на запад, вторая — с запада на восток и третья — не постоянная по направленности векторов активизаций (см. рис. 4). Выделенные группы не объединяются территориальной общностью, их трудно классифицировать по другим признакам, за исключением азимутальных простираний. Розы простираний разрывов первой и второй групп практически идентичны, третья — преимущественно северо-восточного направления, азимут которого несущественно отличается от аналогичных направлений двух первых групп. Это можно интерпретировать как функционирование двух групп деформационных волн с широко ориентированными разнонаправленными векторами. Обособление третьей группы вызвано весьма неустойчивым динамическим состоянием интенсивно трещиноватых мезозойско-кайно-

зойских базальтов и других эффузивов, а также отклонением вектора простираний по отношению к аналогичным направлениям в первой и второй группах (см. рис. 4).

Разрывы различных иерархических групп формируют мезозойско-кайнозойскую разломно-блоковую структуру земной коры региона, характеризующуюся вертикальными и горизонтальными смещениями. С основными системами тектонических нарушений северо-восточного и близмеридионального направления связано образование блоков, на площади которых выделяются более молодые широтные структуры [2]. Этот сложный структурный комплекс чутко реагирует на кинематические процессы, происходящие на границах Амурской и Охотской литосферных плит. Межплитные кинематические процессы являются генераторами возникновения деформационных волн, напряжений и слабой рассеянной сейсмичности. Отсюда векторная однонаправленная тенденция локализации очагов по простиранию рассеянных разрывов проявляется не однозначно. Селективная по годам и в целом за последние 50 лет активность локальных разломов хорошо коррелирует с вариациями водорастворенного гелия, а также с гидрохимической реакцией растворенных в воде микроэлементов и сейсмической активностью [2].

Использование новых методов картирования активных разломов в интервалах реального времени позволило впервые выделить в Приамурье зоны современной деструкции литосферы и отдельные группы активных разломов. Их современная активизация хорошо коррелирует с аналогичным процессом на западе территории, в Байкальской рифтовой системе, и расширяет наши возможности проследить короткопериодные процессы современной активизации разрывов и их сейсмичности на других сопредельных площадях.

Исследования частично поддержаны: грантами по Госконтрактам 02.740.11.0446 и 14.740.11.0411; интеграционным проектом СО РАН № 61; Программами ОНЗ РАН 7 и Президиума РАН 16.8; инициативным проектом ДВО РАН 09—111—А—08—436, РФФИ (09—05—00703—а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. 1:2500000. Объясн. зап. / Под ред. Л.И. Красного. СПб: Благовещенск; Харбин, 1999. 135 с.
2. Сорокина А.Т., Сорокин А.П., Серов М.А., Попов А.А. // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30. № 1. С. 16—29.
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. и др. // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 55—61.

4. Трифонов В.Г. // Сорос. образоват. журн. 2001. Т. 4(68). С. 66–74.
5. Proc. Intern. Workshop on the Physics of Active Fault / E. Fukuyama, R. Ikeda. Eds. Tokio: Nat. Res. Inst. Sci. and Disaster Prevention, 2002. 382 p.
6. Шерман С.И., Сорокин А.П., Савитский В.А. // ДАН. 2005. Т. 401. № 3. С. 395–398.
7. Sherman S.I., Det'yanovich V.M., Lysak S.V. // Tectonophysics. 2004. V. 380. № 3/4. P. 261–272.
8. Шерман С.И., Горбунова Е.А. // ДАН. 2010. Т. 435. № 5. С. 686–691.
9. Ашурков С.В., Саньков В.А., Мирошниченко А.И. и др. // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 2. С. 299–311.
10. Каталог National Earthquake Information Center – NEIC <http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/>
11. Каталог China Earthquake Networks Center – CENC <http://csndmc.ac.cn>
12. Гольдин С.В. // Физика Земли. 2004. № 10. С. 37–54.
13. Быков В.Г. // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 11. С. 1176–1190.