

КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АКТИВИЗАЦИИ РАЗЛОМОВ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Шерман С.И., Савитский В.А.
Институт земной коры СО РАН, Иркутск,
Россия

Аннотация

Для оценки современной сейсмической активности разломов предлагается ввести два новых количественных показателя: количественный (по интенсивности событий) и магнитудный (энергетический) индексы сейсмической активности разломов. Они позволяют проследить изменения активности разломов в интервалах реального времени и установить квазипериодичность процессов активизации разломов по каждому параметру. Разработаны программы использования геоинформационных систем для оценки предлагаемых параметров. На основе мониторинга сейсмических событий в Байкальской рифтовой системе показаны закономерности активизации разломов по каждому из них, отображаемые ими различия в геодинамической сущности процессов активизации, а также возможности использования новых характеристик активных разломов для среднесрочного прогноза землетрясений.

Введение

Сейсмическая активность разломов в преобладающем большинстве случаев определяется по приуроченности к ним эпицентров землетрясений [1-3 и др.]. До последнего времени эта оценка оставалась на качественном уровне с широким диапазоном временного интервала активизации, не позволяющем использовать его в качестве прогнозного критерия. Анализ разновидностей разломов, в частности контролирующего сейсмический процесс, показывает, что они характеризуются различным возрастом заложения, и, главное, различным возрастом активизации и её относительной современной интенсивностью. Другие параметры разломов (длина, амплитуда смещений и т.д.) не могут играть определяющей роли, поскольку разломная, трещиноватая

среда литосферы находится в состоянии неустойчивого равновесия и нарушение этого состояния может быть вызвано широкой группой триггерных механизмов эндо- и экзогенной природы. Об этом свидетельствует, например, многофакторная группа предвестниковых признаков сейсмических событий [4]. Известно, что структурные параметры разломов изменяются уже в процессе активизации. Наиболее часто используемые геолого-геофизические и геоморфологические признаки активизации разломов отражают произошедшие события, возраст которых, чаще всего превышает тысячелетия. Подобная характеристика активности не может быть использована в прикладной, практической части современной геодинамики. Более того, для современной геодинамики важно не столько констатировать активность разлома, сколько иметь возможность использовать этот параметр как прогностический для характеристики устойчивости околоразломной среды в пределах ближайшего исторически предсказуемого времени - как правило, столетия. Для прогноза, который в геологии и геофизике наиболее часто строится на базе статистических данных, другими словами для экстраполяции исследуемой по временному признаку закономерности, например, сейсмичности, длительность ряда предыдущих данных не может быть короче экстраполируемого. Для понимания закономерностей достаточно сложной и во многом не ясной избирательной современной сейсмической активизации разноранговых и разновозрастных разломов в сейсмической зоне предлагается проводить их ранжирование по количественному [5] и магнитудному (энергетическому) индексам сейсмичности.

Количественный и магнитудный индексы сейсмической активности разломов и методы их оценки

Под количественным индексом сейсмичности (КИСА) ξ_n (км⁻¹) разлома понимается число сейсмических событий n определенных энергетических классов k , приходящихся на единицу длины разлома L (км) при принятой ширине области его динамического влияния M (км) за заданный промежуток времени t (годы). Эта величина оценивается по выражению: $\xi_n = n/L$, где n - величина, зависящая от k, M и t . В преобразованном для расчётов виде уравнение может быть представлено в следующей форме:

$$O_n = \frac{\sum_{k=8}^{16} n_{i(M,k,t)}}{L}, \quad (1)$$

где $n_{i(k,t)}$ - отдельно взятое событие класса k за промежуток времени t ; M - ширина области динамического влияния разломов. Величина M оценивается по уравнению $M=bL$ (2), где L - длина разломов, км; b - коэффициент пропорциональности, зависящий от L и по эмпирическим данным изменяющийся от 0.03 до 0.09 соответственно для трансрегиональных и локальных разломов.

Под магнитудным (энергетическим) индексом сейсмической активности (МИСА) ξ_k разломов понимается значение класса максимального сейсмического события k_{\max} приходящегося на длину разлома L (км) при принятой ширине области его динамического влияния M (км) за известный промежуток времени t (годы). Эта величина оценивается по выражению: $\xi_k = k_{\max}(M, k, t)$ (3), где $k_{\max}(t)$ - максимальный класс землетрясения, (или максимальная магнитуда сейсмического события) в области динамического влияния разлома M за заданный промежуток времени t .

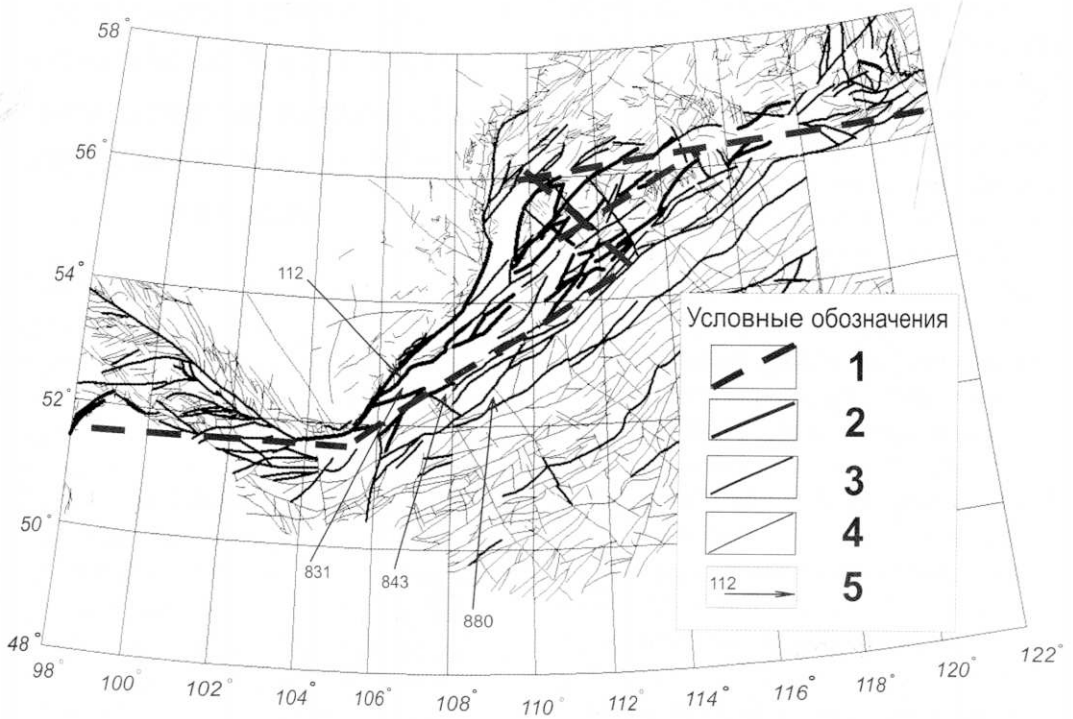


Рис. 1а. Карта активных разломов Байкальской рифтовой системы по количественному индексу сейсмичности. Условные обозначения: 1 - ось зоны современной деструкции литосферы; 2 - индекс сейсмичности > 1.0 (всяма активные разломы); 3 - индекс сейсмичности $0.1-0.99$ (активные разломы); 4 - индекс сейсмичности < 0.09 (слабоактивные разломы); 5 - разломы и их номера по каталогу, показанные на графиках рис. 1б.

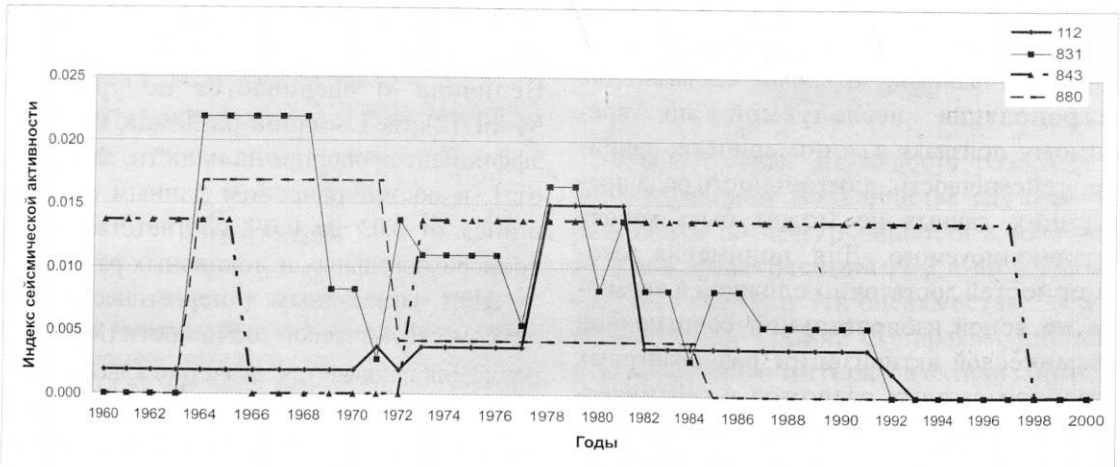


Рис. 1б. Графики временных изменений активности разломов по разрезу через центральную часть Байкальской рифтовой системы.

Предлагаемый второй показатель напоминает систему оценки сейсмической активности по A_{10} [6]. Разница между МИСА и A_{10} чрезвычайно большая. Сейсмическая активность по A_{10} показывает выделенную сейсмическую энергию на единицу площади

времени, приведенные к $k = 10$, т.е. сейсмическую "мощность". Эта величина не характеризует ни один из конкретных структурных элементов литосферы, контролирующих сейсмичность, и не может использоваться

ет активные разломы и позволяет их классифицировать по максимальной величине современной сейсмической активности. Данный показатель характеризует то пороговое значение сейсмической энергии, которое находит выход в области активного динамического влияния разлома за заданный промежуток времени. КИСА характеризует интенсивность сейсмических событий в областях динамического влияния конкретных разломов сейсмической зоны и даёт основание для анализа доли участия разнорангового разломного сообщества в сейсмическом процессе. В цифровом значении КИСА однозначно позволяет классифицировать разломы по степени их относительной активности. Энергетический индекс сейсмичности выявляет разломы, характеризующиеся максимальным по сейсмической энергии событием, выделяя эти разломы как определяющие, главные структурные ветви в деструктивной зоне [7]. Иными словами, первый показатель ξ_n выявляет всю активную разломную структуру деструктивной зоны литосферы, второй ξ_k - её главные разломные стволы. Они могут совпадать полностью или фрагментарно с известными по геологическим картам разломами региона.

Современная активность разломов литосферы Байкальской рифтовой системы по мониторингу сейсмологических данных

Сейсмичность Байкальской рифтовой системы (БРС) обусловлена её структурной позицией в литосфере Центральной Азии. Большая по протяженности часть БРС контролируется структурным швом литосферы между Сибирским и Амурским мегаблоками Евразийской плиты. Долгоживущий шов определяет и современный общий S-образный структурный план БРС, характеризующийся относительно закономерной сеткой

разломов, которые формировались в течение всей истории её геологического развития - от раннего палеозоя до кайнозоя включительно. Однако эпицентральное поле землетрясений БРС не всегда согласуется с известной разломно-блоковой структурой региона. Несогласованность в ряде случаев необходима пространственной общности в распределении очагов землетрясений и тектонических разломов и блоков в БРС можно рассматривать как сигнал о том, что закартированные геологическими и геолого-геофизическими методами разломы не полностью отражают современный деструктивный процесс в литосфере БРС. Использование КИСА разломов позволило классифицировать их по интенсивности сейсмических событий за последние 40 лет (рис. 1а) и выявить квазипериодичность их активизации в интервалах реального времени (рис. 1б).

Использование параметра МИСА позволило выделить и классифицировать разломы с максимальной энергетической активностью за последние 40 лет (рис. 2а) и показать сложную квазипериодичность изменения энергетической активности в интервалах реального времени (рис. 2б).

Эти изменения приближенно описываются полиномами 6-ой степени, подчеркивающими волновую природу временного изменения энергетического потенциала современной сейсмической активности разломов (рис. 2в).

Более глубокий анализ мониторинга сейсмологических данных указывает на наличие других закономерностей в активизации разломов БРС, в частности определенной векторной направленности этого процесса.

Заключение

Применение в сейсмическом мониторинге количественного и магнитудного индексов сейсмической активности разломов выявило изменения сейсмического потенциала разломов в масштабах коротких интервалов време-

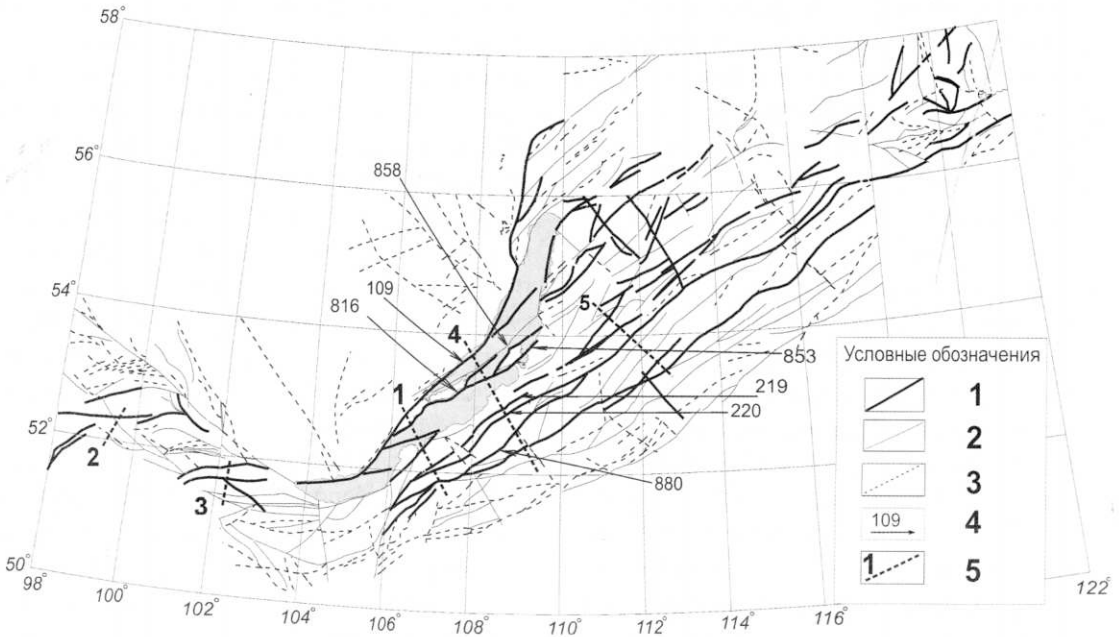


Рис. 2а. Карта активных разломов Байкальской рифтовой системы по магнитудному индексу сейсмической активности (МИСА):

1 - разломы с МИСА ≥ 12 (весьма активные); 2 - разломы с МИСА 10 - 11 (активные); 3 - разломы с МИСА 8 - 9 (слабо активные); 4 - номера разломов по каталогу; 5 - положение сечений на карте и их номера.

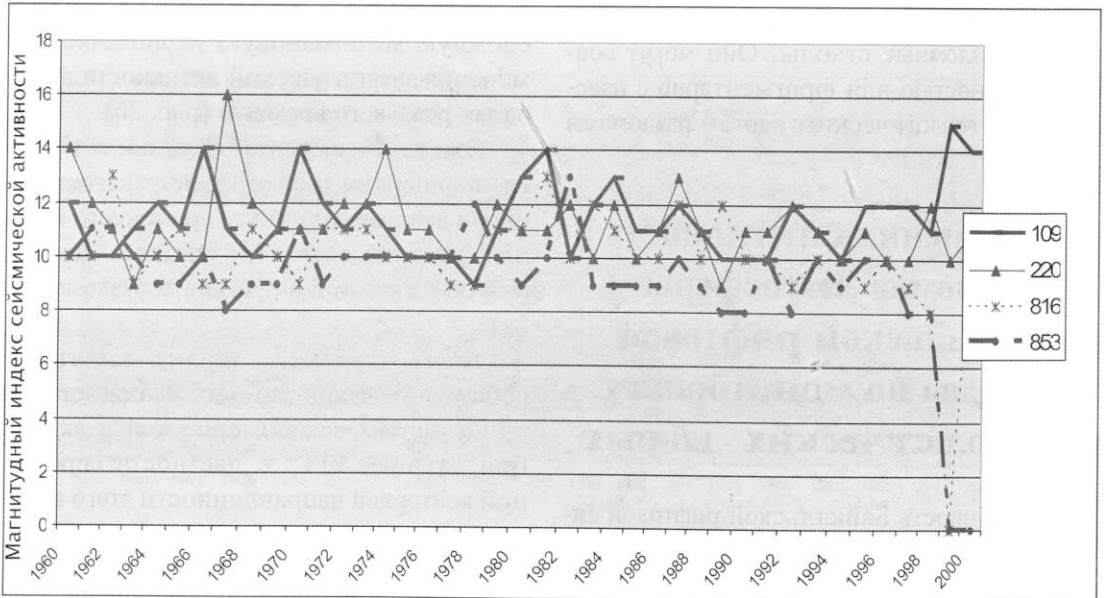


Рис. 2б. График изменения магнитудного индекса сейсмической активности разломов БРС по сечению 4.

ни - десятилетий или даже отдельных лет. Мониторинг сейсмических событий в областях динамического влияния сейсмоактивных разломов по разработанным алгоритмам вносит принципиально новые представления о

сложной короткопериодной активизации разломов и открывает пути к более углубленной оценке роли периодичности активизации разломов при разработке вопросов средне- и

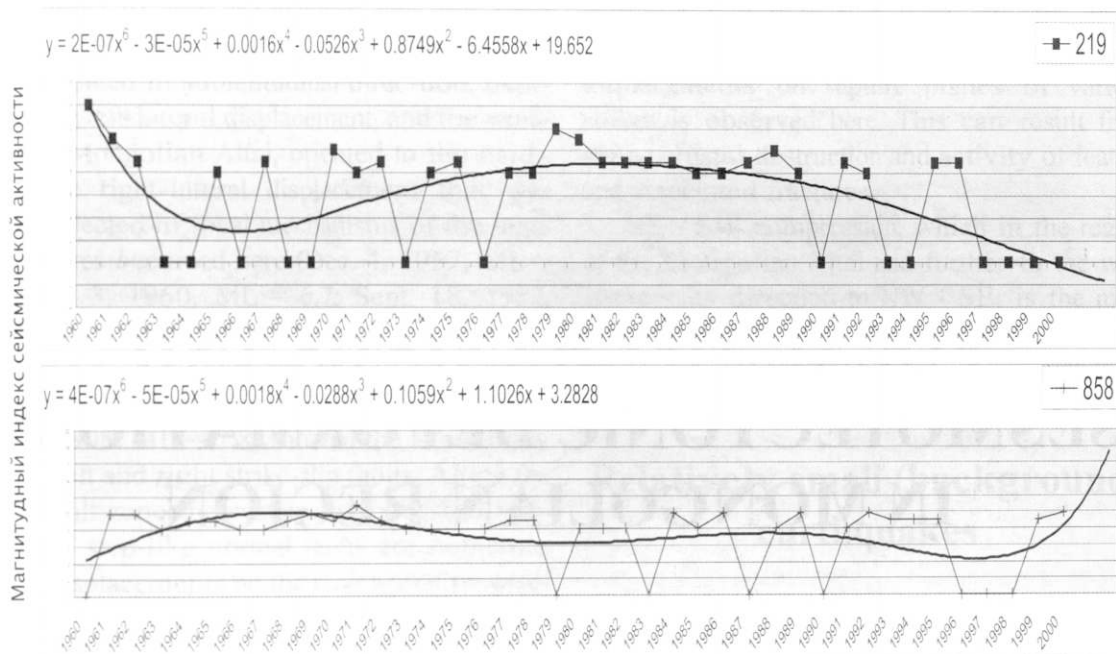


Рис. 2в. Графики изменения магнитудного индекса сейсмической активности по отдельным разломам и их аппроксимирующие полиномиальные кривые.

Авторы благодарят академика С.В.Гольдина за полезные обсуждения на всех стадиях выполнения исследований.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ (гранты 04-05-64348, 05-05-64327) и Программы "Физические основы и новые технологии среднесрочного прогноза землетрясений (применительно к сейсмоактивным зонам Сибири)".

Литература

1. Characteristics of active faults //Spec. Issue J. Struct. Geol., 1991, v/ 13, N 2. 240 p.

2. Никонов А.А. Активные разломы: определение и проблемы выделения //Геоэкология, 1995, № 4, с.16-27.

3. Трифонов В.Г. Особенности развития активных разломов //Геотектоника. 1985, № 2. с.16-26.

4. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: "Наука", 2003;270 с.

5. Шерман С.И., Сорокин А.П., Савитский В.А. Новые методы классификации сейсмоактивных разломов литосферы по индексу сейсмичности // Докл. РАН, 2005, т. 401, № 3. С. 395-398.

6. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии //М.: "Наука". 1985.408 с.

7. Шерман С.И. Нестационарная тектонофизическая модель разломов и ее применение для анализа сейсмического процесса в деструктивных зонах литосферы // Физическая мезомеханика, 2005, том 8, № 1, С. 71-80.