

ООО «Геомаркетинг»

**ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий
в строительстве»**

**Ассоциация «Инженерные изыскания в строительстве» –
Общероссийское отраслевое объединение работодателей**

Союз изыскателей

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ
ИЗЫСКАНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МАТЕРИАЛЫ XVI ОБЩЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

1–3 декабря 2021 г.

**МОСКВА
2021**

Зеленин Е.А.^{1,2}, Стром А.Л.^{2,3}, Гарипова С.Т.¹

¹Геологический институт РАН, г. Москва, egor.zelenin@ginras.ru

²ООО «ИГИИС», г. Москва, strom.alexandr@yandex.ru

³ООО «ЦГИ», г. Москва

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ И ИХ СЕГМЕНТАЦИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Аннотация. Понятие активного разлома широко используется как в фундаментальной неотектонике, так и при оценке сейсмической опасности. В принятой методике общего сейсмического районирования положение и параметры активных разломов используются для построения линейных зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ). При оценке сейсмической опасности необходимо учитывать невозможность, в большинстве случаев, прямого и однозначного сопоставления возможного положения будущего сейсморазрыва и активного разлома, запечатленного в геологической структуре. Переход от геологических наблюдений к сеймотектонической модели требует проведения работ по двум существенно различающимся направлениям: 1) детализация положения и параметров наиболее представительных сейсморазрывов на ранее выделенных линиях активных разломов; 2) создание генерализованной модели зон ВОЗ, учитывающей ранее выявленные сейсморазрывы.

Ключевые слова: активный разлом; палеосейсмология; сеймотектоника; сейсморазрыв; оценка сейсмической опасности.

Введение

Изучение активных разломов является важным компонентом оценки сейсмической опасности. Активный разлом – сейсмогенерирующая структура, а значит положение активных разломов определяет положение возможных очагов коровых землетрясений, тогда как параметры древних сейсморазрывов – длина разрыва и амплитуда разовой подвижки – позволяют оценить магнитуды произошедших землетрясений, и, соответственно, землетрясений, возможных в будущем. В принятой методике общего сейсмического районирования (ОСР) территории РФ именно линейные зоны возможных очагов землетрясений (ВОЗ) определяют сотрясаемость для большинства геодинамически активных регионов.

Активные разломы представляют интерес и для фундаментальных геодинамических исследований, поскольку развиваются синхронно в геологическом масштабе времени, т.е. являются проявлениями одного и того же напряженно-деформированного состояния земной коры. Во многих случаях фундаментальные исследования активных разломов предшествуют инженерно-геологическим работам или даже возникновению запроса на работы такого рода. При использовании геологических материалов необходимо учитывать различия в задачах и методических приемах их решения в работах по фундаментальной геодинамике и при оценке сейсмической опасности.

Работы по созданию комплектов карт ОСР-97 и ОСР-2016 включали в себя создание единой целостной и непротиворечивой модели зон ВОЗ [2] на основании накопленных знаний о положении и параметрах активных разломов. Основной объем работ по каталогизации активных разломов и стандартизации их представления связан именно с разработкой сеймотектонической основы для анализа сейсмической опасности, как в постсоветском пространстве, так и за рубежом. В последние годы была опубликована база данных (БД) активных разломов Евразии (БД, Active Faults of Eurasia Database, AFEAD) [1, 4], которая не имеет прямого сеймотектонического назначения, однако может быть использована для актуализации комплекта карт ОСР и детального сейсмического районирования при условии учета специфики объектов, включенных в БД.

Район и методы

В качестве модельного участка для обсуждаемой проблемы был выбран Срединный хребет п-ова Камчатка. Система разломов деформирует водораздельную часть хребта, косо пересекая ее с юго-запада на северо-восток (рис. А). В отличие от более восточных систем разломов, для которых известны палеосейсмологические данные и коровая сейсмичность, разломы Срединного хребта до сих пор не были объектом палеосейсмологических работ. Во всех опубликованных материалах [3, 5] плановый рисунок разломов получен по дистанционным данным. Новые данные были получены в результате стереофотограмметрической обработки космической съемки КН-9 Hexagon, а также по полевым наблюдениям, включая аэрофотосъемку с квадрокоптера. Полученные материалы были оцифрованы и векторизованы. Все данные накапливались в геопространственной базе данных SQLite и обрабатывались в ГИС QGIS 3.16.1. Структура рабочей базы данных была принята аналогичной структуре БД AFEAD [1].

Обсуждение результатов

Первичным результатом работ по изучению активных разломов является схема дешифрирования, которая в отчетных материалах предстает в виде карты, как правило генерализованной. Все эти материалы опираются на положение деформированных форм рельефа и отложений, и отображают их с той или иной детальностью. При этом протяженность картированных отрезков разломов определяется не только длиной отдельного сейсморазрыва и их соотношением в пространстве, но и сохранностью деформаций в рельефе. Очевидно, на возвышенном плато разлом трассируется надежнее, чем при пересечении этим же разломом горных долин, что напрямую влияет на стиль его отображения. Однако для оценки сейсмической опасности важна протяженность возможного сейсморазрыва, которая по своей природе не зависит от интенсивности экзогенных процессов.

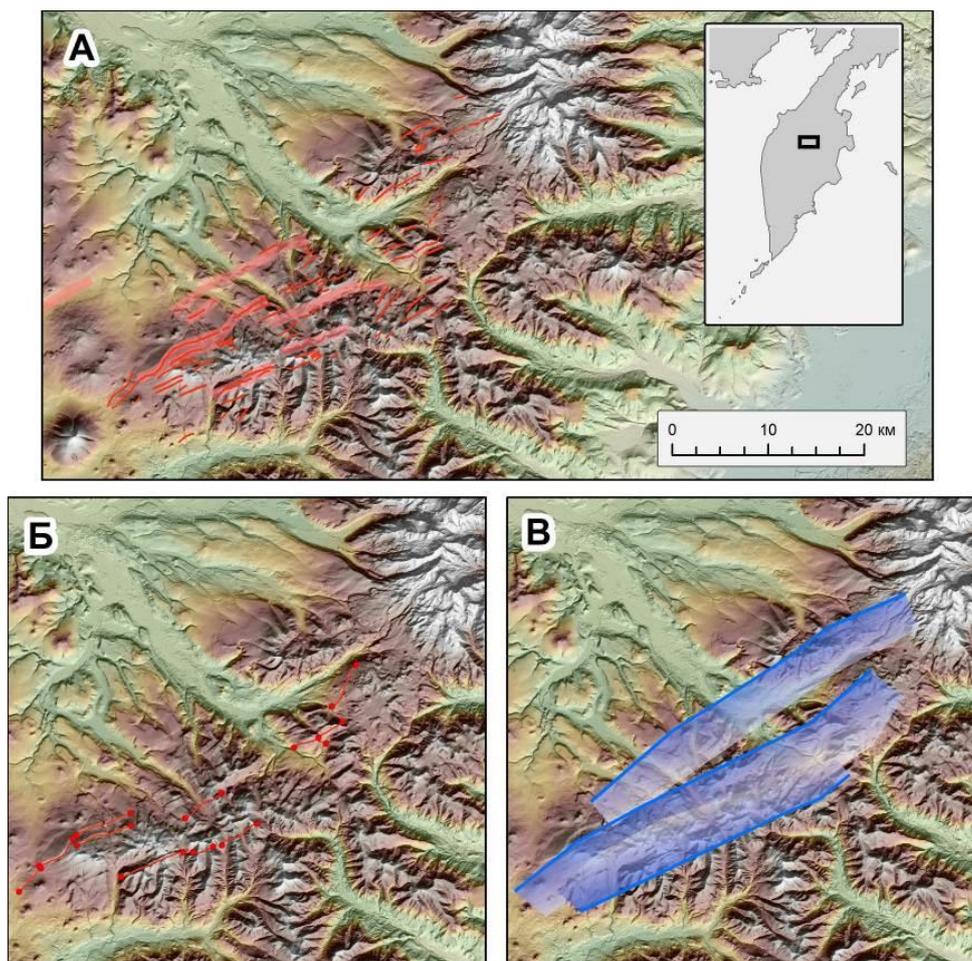


Рис. Фактическое положение уступов активных разломов (тонкие линии) и наиболее детальное из опубликованных представление аналогичных данных (толстые полупрозрачные линии) [5] (А). Возможная сеймотектоническая интерпретация: сейсморазрывы, выбранные для параметризации сейсмичности (Б); положение генерализованных зон ВОЗ (линии) с предполагаемым падением плоскости (полупрозрачная заливка) (В)

Противоречие между изображенными отрезками разломов и их сеймотектонической трактовкой успешно решается в локальных работах, но может оказаться критичным при работе с обобщенными геологическими материалами, особенно представленными в цифровом виде. Из-за технической простоты расчета магнитуды по длине разрыва пропадает необходимость критического осмысления и переработки данных, полученных при фундаментальных неотектонических исследованиях. В то же время, такие картографические данные являются ключевым источником для сеймотектонической основы сейсморайонирования и должны быть использованы с максимальной отдачей.

Наиболее эффективным способом включения картографических материалов, созданных для иных геологических задач, в модель зон ВОЗ представляется их обработка в двух направлениях: 1) идентификация и

параметризация наиболее представительных сейсморазрывов на ранее выделенных линиях; 2) создание упрощенного геометрического представления зоны ВОЗ, отвечающей ранее выявленным сейсморазрывам. Первое направление подразумевает детализацию опубликованных материалов с привлечением наиболее детальных доступных данных, полученных как при дешифрировании, так и в ходе полевых работ; второе же требует существенной генерализации, отражающей меру неопределенности в положении будущего возможного очага.

Картирование разломов Срединного хребта выполнено в рамках гранта Президента РФ МК-5948.2021.1.5.

Список литературы

1. Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г. База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 711–736.
2. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Проблемы сейсмического районирования территории России. М.: Всероссийский НИИ проблем научно-технического прогресса и информации в строительстве, ВНИИТПИ Госстроя России, 1999. 56 с.
3. Kozhurin A.I. Active faulting at the Eurasian, North American and Pacific plates junction // Tectonophysics. 2004. Vol. 380. No. 3–4. P. 273–285.
4. The database of the active faults of Eurasia (AFEAD): ontology and design behind the continental-scale dataset / E. Zelenin, D. Bachmanov, S. Garipova, V. Trifonov, A. Kozhurin // Earth System Science Data Discussions. 2021. <https://doi.org/10.5194/essd-2021-312>.
5. Trenching studies of active faults in Kamchatka, eastern Russia: palaeoseismic, tectonic and hazard implications / A. Kozhurin, V. Acocella, P.R. Kyle, F.M. Lagmay, I.V. Melekestsev, V. Ponomareva, D. Rust, A. Tibaldi, A. Tunesi, C. Corazzato, A. Rovida, A. Sakharov, A. Tengonciang, H. Uy // Tectonophysics. 2006. Vol. 417. No. 3–4. P. 285–304. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2006.01.004>.

E.A. Zelenin^{1,2}, A.L. Strom^{2,3}, S.T. Garipova¹

¹Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, egor.zelenin@ginras.ru

²Russian Geotechnical Institute LLC, Moscow, strom.alexandr@yandex.ru

³Geodynamics Research Centre LLC, Moscow

REPRESENTATION OF ACTIVE FAULTS IN GEOLOGICAL MATERIALS AND THEIR SEGMENTATION FOR SEISMIC HAZARD ASSESSMENT

Abstract. The concept of an active fault is widely used both for fundamental neotectonics and for seismic hazard assessment. In the adopted methodology of general seismic zoning, the position and parameters of active faults are used to design linear zones of possible earthquakes. For seismic hazard assessment, it is necessary to account for the impossibility, in most of cases, of direct and unambiguous

comparison between the possible position of a future seismic rupture and an active fault discovered in the geological structure. The transition from geological observations to the seismotectonic model requires work in two significantly different directions: 1) specifying the position and parameters of the most representative seismic faults on previously identified active fault lines; 2) creating a simplified model of causative fault zones with due regard to the previously identified seismic faults.

Key words: active faulting; paleoseismology; seismotectonics; seismic rupture; seismic hazard assessment.