

смещения. Приведены результаты трехмерного моделирования участка Дельтового разлома.

Результаты работы суммированы в трех защищаемых положениях.

В первом положении, по содержанию методическом, описаны признаки проявления сейсмогенных нарушений на радарограммах.

Второе положение представляет сжатое перечисление, в виде интервалов изменения, значений выявленных величин вертикальных смещений и углов падения разрывов, а также магнитуд возможных землетрясений, которые могут быть вызваны подвижками по изученным разломам.

В третьем положении утверждается, что в смещении рыхлых отложений в величина пластической компоненты может достигать почти восьмидесяти процентов, и что величина этой компоненты прямо коррелируется с шириной зоны разрыва.

Достижениями автора работы являются:

1) Планомерное изучение одним методом (георадиолокационного зондирования) значительных по протяженности участков основных активных разломов ограничения Байкальской рифтовой впадины. Для региона это единственная работа такого рода и объема.

2) Демонстрация возможностей метода радиолокации для изучения активных разломов в разных ландшафтных и геологических условиях: на крутых склонах с чехлом грубых склоновых отложений (Северобайкальский разлом), в подножьях склонов – в пролювиальных шлейфах (Приморский и Зундукский разломы), на горизонтальных поверхностях, сложенных относительно тонкими горизонтально-слоистыми отложениями озерных террас (Дельтовый разлом).

3) Исчерпывающее по полноте описание всех доступных для измерения морфологических параметров выраженных в рельефе уступов изученных палеосейсмодислокаций. Получение рядов значений параметров сейсмогенных молодых разрывов, выявленных везде одним методом, то есть однородных, позволяющих представить их вариации вдоль линий разломов.

4) Формирование рядов значений величины вертикальных смещений разломов ограничений Байкальской впадины, оценка соотношения хрупкой и пластической (изгибной) составляющих смещений.

5) Подтверждение, на основе выбранного метода, сбросовой кинематики разломов как северо-западного, так и юго-восточного ограничений Байкальской рифтовой впадины.

6) Определение возможной максимальной магнитуды землетрясений (6.8 – 7.6. для всего района), которые могут быть вызваны подвижками вдоль изученных участков разломов, обеспечивающее возможность сравнения таких определений, основанных на других методах (например, тренчинга).

7) Имеющее методическое значение определение признаков проявления разрывных нарушений на георадиолокационных разрезах.

Замечания

1. Терминология, определения

1.1. Скорее, не замечание, а комментарий.

Автор имеет полное право использовать терминологию, сформировавшуюся в его окружении, то есть привычную. Однако, она кажется утяжеленной.

Есть активный разлом (или разрыв, что одно и то же). На земной поверхности он проявлен разломным уступом в молодых (конца позднего плейстоцена-голоцена) формах рельефа. Собственно, по таким уступам активный разлом находится и картируется. Подвижка по активному разлому, если «сорванная» часть его плоскости достигает земной поверхности, формирует сейсморазрыв (earthquake fault, seismic fault). Термин «палеосейсмодислокация» кажется здесь необязательным. Глядя на палеосейсмодислокацию, нельзя сразу с уверенностью сказать, за одну или несколько подвижек она сформировалась. Если за одну, то это что-то типа палеосейсморазрыва.

Если за несколько, так это просто уступ активного разлома. Неопределенность может быть разрешена только тренчингом.

1.2. Есть неточности, касающиеся, если в общем, причинно-следственных связей. Так, на стр. 14 говорится, что «...сейсмогенные разрывы являются участками сейсмоактивных разломов, на которых проявляются сейсмические воздействия от землетрясения – сейсмодислокации...». Очевидно, что никакого воздействия землетрясения быть не может (кроме сейсмогравитационных эффектов), так как, наоборот, землетрясения представляют следствие подвижки по разлому.

1.3 Удивительно отсутствие в этой части работы (раздел 1.1. Главы 1) ссылок на работы зарубежных исследователей. Они ограничиваются упоминанием работ иркутских исследователей, а также работ Рогожина Е.А. На стр. 15 говорится, что «В настоящее время существуют различные классификации сейсмодислокаций как российских, так и зарубежных ученых [Солоненко 1970, 1973; Nikonov, 1988 и др.]. Ссылок на зарубежных авторов нет.

2. К методике

Кажется, что идеальный вариант обоснования методики (помимо особенностей профилирования и его физических основ) – анализ георадиолокационного профиля, пройденного вдоль канавы, которой вскрыта плоскость реального активного разлома. Сопоставление стандартной обоснованной палеосейсмологической интерпретации вскрытого канавой разреза с тем, что можно извлечь из профиля, было бы чрезвычайно полезным и показательным. В работе упоминается попытка корреляции профилирования с канавой (?), пройденной Макаровым С.А. (1997), но иллюстрации нет (к сожалению, сразу найти эту работу не удалось). Можно было бы выполнить тестовое профилирование вдоль одной из множества канав, пройденных и интерпретированных другими исследователями, не обязательно через изученные автором работы разломы.

3. К интерпретация георадиолокационных разрезов

3.1. Главный вопрос – воспроизводимость эксперимента, в данном случае – интерпретации профилей. Кажется, что два исследователя, рассматривающие почти любой из приведенных в статье профилей, могут предложить более или менее различающиеся интерпретации. Будут в той или иной степени различаться положение плоскостей разрывов, их падение, а также границы и морфология в разрезе георадиолокационных комплексов. Из этого следует, что точные значения (например, до градуса углов падения разломов), приводимые в работе, смысла не имеют (например, рис. 4.2.1 на стр. 88, еще ярче пример – профиль на рис. 4.3.2 на стр. 113).

3.2. В принципе, отсутствует палеосейсмологическая интерпретация профилей, подобная интерпретациям вскрытых канавами разрезов, хотя они возможны. Главное здесь – определение количества подвижек: одна или больше, и если больше, то сколько. Величина именно разового смещения позволяет приблизительно оценить магнитуду вызванного подвижкой землетрясения.

Пример – рис. 4.2.7 (профиль Z-12 через Зундукский разлом). Полная амплитуда вертикального смещения определена в 6.9 м, но не отмечен вполне очевидный факт, что это полное смещение есть результат минимум двух подвижек (первая предшествовала появлению коллювиального клина, второй подвижкой затронут перекрывающий клин «зеленый» комплекс). Тем не менее, в выводах к профилям через Зундукский разлом прямо говорится, что 6.9 м – одноактное смещение.

Такая же ситуация и с профилем S-15 на рис. 4.1.8: также минимум две (возможно, больше) подвижек. То же – на профиле S-10 (рис. 4.1.7).

Для профиля S-8 (рис. 4.1.6) в тексте указывается, что полное смещение на 7.6 м (на рисунке показано 7.7 м) появилось в результате минимум двух подвижек, но на графике (рис. 4.1.9) это значение фигурирует, похоже, как одноактное.

Неопределенность в том, одноактными ли были измеренные по профилям

подвижки, или нет, вызывает сомнения в значимости графиков распределения величин подвижки вдоль палеосейсмодислокации. Строить такие графики, не определив в каждом случае, является ли вертикальное смещение одноактным или нет, представляется неверным. Отсюда следует и неопределенность в определении возможных магнитуд генерируемых подвижками землетрясений.

3.3. Сделан вывод, что в движениях вдоль Северобайкальского разлома очень велика компонента растяжения, в сравнении с вертикальной. Этим объясняется эффект (рис. 4.3.6) относительного опускания лежачего крыла (нагорного, выше по склону) относительного висячего (подгорного, ниже по склону).

Да, это может быть так, если не выходить за пределы ближайшего окружения профилей. Гипсометрический профиль в 1.6 км к ЮЗ от места радиолокационного профилирования (профилей 3 и 4), построенный просто по цмр SRTM, показывает вполне нормальную ситуацию, в которой поверхность «нагорного» (лежачего) крыла гипсометрически выше поверхности «подгорного» (висячего) крыла (примерно на 50 м). Вполне возможно, что необходимости решать вопрос о резком увеличении горизонтальной компоненты движений при переходе от Приморского разлома к Северобайкальскому нет. Сомнения вызывает также значимость георадиолокационного профилирования (профили 3 и 4) там, где есть мощные курумные отложения, которые при сезонном оттаивании и замерзании вполне могут сползть вниз по склону.

3.4. На части профилей аппроксимация земной поверхности с целью определения величины вертикального (общего) смещения неверна: аппроксимирующие линии должны быть хотя бы примерно параллельны. Только при этом можно определить величину вертикального смещения земной поверхности. Пример – сопоставление с поверхностью поднятого крыла поверхности приразломного грабена на рис. 4.2.4 б. Сопоставлять с поверхностью поднятого крыла надо поверхность за пределами грабена, и от точки ее пересечения с поверхностью уступа измерять параметры уступа.

3.5. Очень важно точно знать, где проходит линия активного разлома. Только если его линия на земной поверхности точно откартирована, имеют смысл треннинг и геофизическое профилирование. Автор работы использовал результаты картирования активных разломов, выполненного другими исследователями. Возможно, в каждом случае (для каждого из отрезков изученных разломов) стоило бы выполнить собственное картирование на основе, например, аэрофотоснимков, пусть и старых. В этом смысле, сомнения вызывает положение Дельтового разлома. Сейсморазрыв, образовавшийся примерно 160 лет назад, должен быть виден в земной поверхности. Трудно представить процессы, которые за это время полностью сnivelировали бы ров 4-х метровой ширины и 6-ти метровой глубины. Возможна только абразия берега озером. Если абразия таких масштабов произошла и, как результат, активная береговая зона сместилась от озера, то профилирование современного уступа смысла не имеет.

4. Редакционные замечания

4.1. Выражение типа «...грабенообразная структура шириной 24.2 м, которая также подтверждается морфологическим проявлением рва в нижней части уступа» вполне может быть заменено «.. грабенообразная структура, выраженная рвом в».

4.2. С использованием «ресурса SAS. Планета» надо быть осторожным. По крайней мере, в публикациях. Такой ресурс подразумевает возможность просмотра снимков и каких-то измерений, но не скачивания.

4.3. Есть путаница с нумерацией рисунков. Похоже, некоторые ссылки на рисунки в тексте остались от еще неоконченной версии работы.

Общие комментарии

Изложенные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации. В целом, работа очень достойная и, очевидно, кандидатская по уровню. Ее автор извлек все, или почти все, из возможностей использованного им метода георадиолокационного

зондирования. Насколько мы знаем, это первый случай планомерного применения метода малоуглубинных геофизических исследований активных разломов большого региона.

Хочется отметить также следующее.

Внимательное знакомство с работой, а также некоторый собственный опыт, приводят к выводу о том, что методы малоуглубинной геофизики при изучении активных разломов все же должны использоваться совместно с изучением реальных геологических разрезов и их палеосейсмологической интерпретацией.

Выводы

Все три защищаемых положения обоснованны.

Научная новизна работы заключается в формировании большого массива однородных данных – параметров сейсмогенных разрывов в обрамлении Байкальской рифтовой впадины – полученных методом георадиолокационного профилирования. Важное методическое значение имеет выявление автором работы признаков проявления разломных плоскостей на радарограммах.

Актуальность и практическая значимость несомненны: приращение данных о параметрах активных разломов в регионе повышает достоверность оценки генерируемой ими сейсмической опасности.

Личный вклад автора сомнению не подлежит. Им лично в процессе выполнения работ измерены около 150 георадиолокационных профилей (из которых 24 представлены в работе), выполнена их методически обоснованная интерпретация, обобщены полученные данные, сделаны выводы.

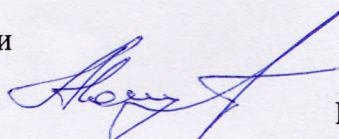
По теме диссертации И.А. Денисенко опубликовал 14 научных работ, в том числе 6 статей в журналах из списка ВАК.

Автореферат соответствует тексту диссертационной работы.

Представленная к защите работа соответствует пунктам 1, 3, 4, 5, 9 паспорта специальности 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика. Она полностью отвечает критериям пункта 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842. Ее автор, Денисенко Иван Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Отзыв подготовлен д.г.-м.н. А.И. Кожуриным и д.г.-м.н. Т.К. Пинегиной, обсужден и утвержден на заседании лаборатории активной тектоники и палеосейсмологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (протокол № 1/21 заседания лаборатории от 04.10.2021).

Зав. лабораторией активной тектоники
и палеосейсмологии
доктор геол.-мин. наук



Кожурин Андрей Иванович

Ведущий научный сотрудник лаборатории
активной тектоники и палеосейсмологии
доктор геол.-мин. наук



Пинегина Татьяна Константиновна



