

Отзыв на автореферат диссертации

Луниной Оксаны Викторовны «Разломы плиоцен-четвертичной активизации юга Восточной Сибири и их роль в развитии сейсмически индуцированных геологических процессов», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Актуальность представленной работы определяется практической востребованностью изучения плиоцен-четвертичных сейсмоактивных разломов и оценки их роли в развитии вызванных сейсмичностью геологических процессов, проявляющихся в разжижении и флюидизации грунтов, их проседаниях, образованиях разрывов и склоновых движений. Учет этих данных имеет большое значение для оценки безопасности при проявлении чрезвычайных природных событий. В случае масштабного развития эти процессы могут быть опасными для строительных сооружений. Кроме того, результаты таких исследований учитываются при геодинамических построениях, оценках сейсмической опасности, уточнении сеймотектонической позиции очагов землетрясений, интерпретации аномалий геофизических полей, решении инженерно-геологических задач, поисках и разведке полезных ископаемых, локализованных в зонах сейсмоактивных разломов.

Цель работы – изучение и картирование плиоцен-четвертичных разломов юга Восточной Сибири и статистическое обоснование их роли в развитии вызванных сейсмичностью геологических процессов, разработка баз геопространственных данных и расчетных моделей локализации косейсмических эффектов в нарушенной среде.

Следующие **задачи** были решены для достижения намеченной цели: 1) Охарактеризованы тектонические деформации во впадинах и на горных поднятиях региона, разработаны рекомендации для картирования разломов на территориях, перекрытых чехлом рыхлых и слабосцементированных осадочных отложений. 2) Созданы карты и базы геопространственных данных плиоцен-четвертичных разломов юга Восточной Сибири и косейсмических эффектов, представляющих собой проявления геологических процессов при землетрясениях. 3) Установлены закономерности их пространственного развития в выбранном регионе. 4) Статистическими методами подтверждено влияние сейсмоактивных плиоцен-четвертичных разломов на проявление косейсмических геологических процессов, разработаны модели их пространственной локализации с учетом степени нарушенности земной коры.

Фактический материал. При написании диссертации использован фактический материал собранный соискателем в процессе экспедиционных исследований в 1995-2014 гг. на юге Восточной Сибири, а также литературные и картографические материалы по разломной тектонике, глубинному строению, гидрогеологии и эффектам землетрясений, региональный сейсмологический каталог БФ ГС СО РАН и опубликованные решения механизмов очагов землетрясений, геоэлектрические разрезы и трехмерные модели, результаты георадиолокационных исследований соискателя и построенные с участием соискателя базы данных косейсмических эффектов для выбранного региона и сопредельных территорий.

Методы исследований. Для решения намеченных задач применялся комплексный методический подход, включающий: картирование разломов с привлечением дешифрирования космических снимков, топографических и батиметрических карт, цифровых моделей рельефа и полевых геолого-структурных наблюдений в разновозрастных горных породах; изучение кинематики разрывов путем анализа трещиноватости и прямых наблюдений; георадарное профилирование; радиоуглеродное датирование голоценовых отложений; авторский метод соискателя оценки степени

активности разломов; статистический анализ; геоинформационные технологии и программирование. Для создания информационной системы с базами данных привлечен ГИС-пакет MAPInfoProfessional 10.5.

Для решения намеченной цели выбран хорошо изученный юг Восточной Сибири, где центральную часть занимает Байкальская рифтовая зона, с развитием которой связано резкое усиление тектонических движений и сейсмичности в плиоцен-четвертичное время. Значительная площадь в выбранном районе перекрыта рыхлыми и слабо сцементированными отложениями, что осложняет изучение и картирование разрывных нарушений. Для этого потребовалась разработка новых рекомендаций и методических приемов, привлечения, обобщения и разработки информационных систем и использования входящих в их состав баз данных цифрового геокартирования.

Важность выполненных исследований подчеркивает их научная новизна и практическая ценность.

Научная новизна: 1) С единых методических позиций на территории выбранного региона проведено комплексное изучение тектонических деформаций в скальных, слабосцементированных и рыхлых горных породах. Предложена классификация проявления деформационных структур в кайнозойских отложениях и рекомендации по полевому изучению и картированию разломов в чехле молодых осадков. Детально охарактеризована разломно-блоковая структура рифтовых впадин Байкальской (БРЗ) кайнозойской и Западно-Забайкальской (ЗЗРЗ) позднемезозойской рифтовых зон. 2) В рифтовых впадинах юга Восточной Сибири выделены ранее неизвестные разломы и получены новые радиоуглеродные датировки, определяющие интервалы времени, в которые в голоцене могли происходить деформационные события. 3) Разработана информационная система «ActiveTectonics», ориентированная на обобщение в цифровом виде данных геокартирования разломов, косейсмических эффектов и других взаимосвязанных объектов с целью прогнозирования опасных геологических процессов, связанных с деструкцией земной коры. Для отдельных территорий созданы карты и базы геопространственных данных плиоцен-четвертичных разломов и косейсмических эффектов. 4) Предложен новый метод оценки степени активности разломов по комплексам геолого-геофизических признаков. Классифицированы разломы региона по степени активности и выделены среди них те, в зонах которых могут наиболее интенсивно проявиться опасные геологические процессы экзогенной и эндогенной природы. 5) Составлена новая карта сейсмоактивных разломов юга Восточной Сибири, способных генерировать землетрясения с $M \geq 5,5$. 6) Впервые статистически доказано влияние зон разломов на распространение процессов разжижения, проседания, вторичного разрывообразования и склоновых движений, инициированных сейсмическими событиями на юге Сибири и сопредельных территорий Монголии и Северного Казахстана. Для этих геологических опасностей предложены региональные зависимости расстояний от сейсмогенерирующего разлома и эпицентра, на которых проявляются эффекты, от магнитуд землетрясений, а также граничные уравнения связи параметров этих событий и максимальных размеров, возникающих при этом вторичных сейсмогенных дислокаций. 7) Для прогнозирования опасных геологических процессов, инициированных землетрясениями, обоснована возможность построения расчетных моделей их локализации с учетом разломно-блокового строения земной коры.

Теоретическое и практическое значение выполненных исследований. 1) Апробированы на серии объектов методические приемы по выявлению деформационных структур в рыхлых и слабосцементированных осадках, перекрытых чехлом плиоцен-четвертичных отложений, что весьма важно для картирования и изучения зон разломов на аналогичных территориях. 2) Информационная система «ActiveTectonics» является

удобным инструментом для ввода и редактирования данных, расчета зависимых параметров геологических объектов, а также хранения, анализа и визуализации информации. Ее внедрение на территории России повысит уровень представления результатов исследований разрывной тектоники и сопутствующих геологических процессов. 3) Тематические карты и база данных плиоцен-четвертичных разломов региона могут быть использованы как тектонические основы для обобщения геологических, геофизических и геодезических данных в целях прогноза опасных эндогенных и экзогенных геологических процессов, а также для проведения поисковых работ, связанных с изучением закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых. 4) Новый метод оценки степени активности разломов необходим для выявления разрывных нарушений, развитие которых под воздействием природных и техногенных факторов во время эксплуатации крупных инженерных сооружений может привести к существенному экологическому и экономическому ущербу. Этот метод также важен для выбора участков, перспективных для проведения геофизического мониторинга сейсмичности. 5) Полученные закономерности распространения сейсмически индуцированных геологических процессов в среде с разломами, а также уравнения граничных кривых, отражающих взаимосвязь параметров землетрясений и вторичных косейсмических эффектов, открывает возможность построения прогнозных моделей локализации участков разжижения, проседания, разрывообразования и сейсмогравитационных явлений, которые могут быть реализованы для любой площади в пределах юга Сибири и смежных территорий.

Личный вклад соискателя. Соискателем самостоятельно выполнены все этапы работ от постановки задач и полевых наблюдений до обработки данных и их анализа с последующей интерпретацией; на ГИС-основе составлены электронная карта и база данных плиоцен-четвертичных разломов юга Восточной Сибири; создана концепция информационной системы «ActiveTectonics» и схемы баз геопространственных данных разломов и косейсмических эффектов, определяющие структуру их файловой системы и содержание. Соискателем выполнено теоретическое обоснование и построены модели локализации геологических процессов в среде с разломами, вызванными сейсмическими событиями.

Полученные результаты отмечены премиями: имени акад. Н.А. Логачева (2005 г.), Фонда содействия отечественной науке (2007 г.), Л'ОРЕАЛЬ – ЮНЕСКО для молодых российских женщин (2009 г.), имени акад. В.А. Обручева (2011 г.) и поддержаны многочисленными грантами.

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения и трех приложений. В первой главе приведен обзор 200-летней истории геологических исследований юга Восточной Сибири. Во второй главе описаны этапы становления и общие черты геологического строения региона. В третьей главе изложены методы изучения разрывных нарушений и сопутствующих тектонических деформаций, а также результаты создания информационной системы, интегрирующей данные о разломах и эффектах землетрясений. В четвертой главе представлены результаты полевых исследований разломов плиоцен-четвертичной активизации во впадинах и на горных поднятиях юга Восточной Сибири. В пятой главе рассмотрены закономерности распространения и активизации разломов региона в плиоцен-четвертичное время. В шестой главе охарактеризована роль разломов в развитии сейсмически индуцированных геологических процессов на юге Восточной Сибири и сопредельных территориях. Изложенные в перечисленных главах данные позволили соискателю надежно обосновать следующие **защищаемые положения**:

1. Установлено, что индикаторами активности плиоцен-четвертичных разломов на слабообнаженных территориях юга Восточной Сибири является присутствие в рыхлых и слабосцементированных отложениях закономерно ориентированных сколовых трещин, зон разрывов, кластических даек, складок и/или сейсмогенных конволюций. Эти деформации и откартированные по ним разломы проявляются аномалиями на радарограммах и характерными изменениями распределения удельного электрического сопротивления на геоэлектрических разрезах.
2. Разломная сеть юга Восточной Сибири на плиоцен-четвертичном этапе активизации представлена северо-восточными (СВ), север-западными (СЗ), субширотными с субмеридиональными структурами, среди которых первые абсолютно доминируют. Тектонические деформации в рыхлых и слабосцементированных отложениях приурочены в основном к зонам разломов СВ и субширотного направлений, которые определяют геодинамическое развитие региона в целом.
3. Для юга Восточной Сибири на основе комплекса геолого-геофизических признаков и с использованием разработанной информационной системы «ActiveTectonics» выделены разломы разные по степени активности, кинематике и возрасту последней активизации. Среди них, за редким исключением, сбросы СВ простирания и субширотные левые сдвиги, сбросо-сдвиги и сдвига-сбросы являются главными источниками землетрясений с магнитудой $M \geq 5,5$.
4. Разломы юга Восточной Сибири влияют на пространственное распространение сейсмически индуцированных геологических процессов. Установлено, что уменьшение количества косейсмических эффектов (разжижения, проседания, разрывообразования и склоновых движений) при удалении от разрывных нарушений близко к экспоненциальному распределению, а большая их часть распространяется не далее 2 км от ближайших разломов при ширине области проявлений геологических опасностей десятки – первые сотни километров.

Основные результаты рассматриваемой диссертации и защищаемые положения опубликованы в достаточном количестве публикаций, в том числе и в рецензируемых изданиях, и доложены на научных совещаниях, симпозиумах и семинарах различного ранга.

Судя по содержанию автореферата, представленная диссертационная работа имеет важное научное и практическое значение и, по мнению рецензента, соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а ее автор, Лунина Оксана Викторовна, заслуживает присуждения искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 геотектоника и геодинамика.

Ведущий научный сотрудник лаборатории

вулканологии и вулканопасности ИМГиГ

ДВО РАН, доктор геол.-мин. наук

14 августа 2015 г.



В.М. Гранник

Гранник Валерий Маерович, 693022, ФБГУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, тел. раб. (4242) 791667, дом. (4242) 760421, E-mail: v.grannik@imgg.ru, gvm2564@mail.ru

