

ОТЗЫВ **официального оппонента на диссертационную работу**

Еманова Алексея Александровича «Закономерности развития природной и наведенной сейсмичности в Алтае-Саянском регионе по данным плотных сейсмических сетей», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика»

В диссертационной работе А.А. Емановым рассмотрен ряд важных проблемных вопросов, связанных с процессами формирования природной и наведенной сейсмичности в структуре земной коры Алтае-Саянской горной области и прилегающих территорий. В основе работы лежит фактический материал, собранный в более чем 20-летний период проведения экспериментальных работ с временными сетями сейсмических станций на Алтайском сейсмологическом полигоне, при изучении очаговой зоны Чуйского землетрясения 2003 года, Айгулакской очаговой зоны, очаговых зонах Урэг-Нурского землетрясения, 1970г, Тувинских землетрясений 2011-2012гг, при исследовании техногенной сейсмичности Кузбасса и Горловского угольного бассейна в Новосибирской области и др. При исследовании Хубсугульского землетрясения 2021 года исследования проводились по сети станций Алтае-Саянского и Байкальского филиалов ФИЦ ЕГС РАН совместно с данными сети станций Монголии, для исследования сейсмичности Прихубсугулья использовались открытые данные международного эксперимента с 26 станциями в районе оз. Хубсугул, функционирующими с 14 августа 2014 года по 11 июня 2016 года.

Результаты работ базируются на сформированных автором программных пакетов для обработки данных сетей станций разной плотности, использование современных подходов определения гипоцентров землетрясений и автоматизации процессов обработки данных с использованием возможностей искусственного интеллекта. Соискателем внесён основной вклад в создание центра сбора и обработки сейсмологических данных Алтае-Саянского региона. Им сформированы базы данных, охватывающие первичные данные, результаты различных этапов обработки, а также материалов региональных геофизических исследований, используемых как априорная информация в процессе обработки данных сейсмологии. Соискатель является автором программ, организующих обработку данных и контроль качества работы аппаратуры в экспериментах, а также непрерывный контроль шумов на сети сейсмических станций. Постановка задач, определение объектов и методов исследований, а также интерпретация полученных результатов осуществлялись непосредственно соискателем.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью перехода от традиционного мониторинга сейсмичности к комплексному анализу её природных и техногенных факторов. Это связано с возрастающими требованиями к точности прогнозирования и оценке рисков в условиях роста антропогенного воздействия на геологическую среду.

Целью исследований является выявление закономерности развития природной и наведенной сейсмичности в Алтае-Саянской горной области для уточнения оценки сейсмической опасности.

Основные задачи исследований позволяют достигнуть намеченной цели и заключаются в следующем:

1. Создание автоматизированной системы мониторинга - сбора и обработки данных стационарных и временных сейсмологических станций в Алтае-Саянской области на основе современных технологий, программных продуктов, баз данных, с использованием геоинформационных систем и методов цифровой обработки, адаптированных для сетей наблюдений с различной плотностью.

2. На основе высокоточных экспериментов с плотными сетями временных и стационарных станций и современных методов обработки информации для локальных сетей в районах

природных сейсмических активизаций определить закономерности структуры сейсмически активных разломов и изучить эволюцию сейсмичности во времени и пространстве.

3. Определить виды наведенной сейсмичности, ее свойства и закономерности возникновения и развития на основе высокоточных экспериментов с локальными сетями станций.

Сбор и обработка данных сформированы А.А.Емановым с использованием современного программного обеспечения SeisComP, дополненного организованной структурой сбора и хранения информации, программ контроля качества поступающих данных, программ разных уровней обработки информации. Для регионального уровня используется программа LocSat в рамках глобальной скоростной модели IASPEI91, также используются пакеты программ HYPOINVERSE-2000 [Klein, 2002] и hypo71 [Lee, Lahr, Valdes] для локации событий в рамках многослойной скоростной модели, метод двойных разностей HypoDD [Waldhauser and Ellsworth, 2000] для уточнения положения гипоцентров землетрясений, сейсмическая томография с двойными разностями TomoDD [Zhang, Thurber]. Пакет программ FPFIT [Reasenberг and Oppenheimer, 1985] для расчета и отображения фокальных механизмов. Восстановление поля тектонических напряжений земной коры осуществлялось методом катакластического анализа [Ребецкий, 1999, 2007]. Нейронная сеть детектора EqTransformer для определения фаз Р и S сигналов землетрясений [Mousavi, 2020]. В работе используются современные геоинформационные системы ArcVIEW и ArcGIS, свободно распространяемая ГИС система QGIS и высокоточные цифровые модели рельефа на основе радарной топографической съемки SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) с пространственным разрешением 3x3".

Состав и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 336 наименований. Полный объем диссертации – 322 страницы, включая 110 рисунков и 6 таблиц.

Глава 1. Обзор исследования сейсмичности Алтае-Саянской горной области

В главе описан технический уровень экспериментальных сейсмологических работ в Алтае-Саянской горной области и результаты исследования региональной сейсмичности. В обзоре отмечаются важнейшие результаты, полученные до соискателя и отмечен вклад в изучение сейсмичности региона отечественными и зарубежными учеными. Отмечены нерешенные проблемы изучения землетрясений, среди которых: отсутствие информации о глубинах землетрясений в регионе, не достаточное исследование афтершоковых процессов крупных землетрясений и свойств фоновой сейсмичности, а также не исследована наведенная сейсмичность, формирующаяся в районах сильного техногенного воздействия на геосреду. Обосновываются основные задачами диссертационного исследования развития сейсмичности Алтае-Саянской горной области, к которым отнесены:

1. Разработка математического обеспечения и технического исполнения центра сбора, обработки и хранения сейсмологической и региональной геологической и картографической информации.

2. Выявление закономерности структуры сейсмически активных разломов и изучение эволюции сейсмичности во времени и пространстве.

3. Определение видов наведённой сейсмичности, её свойства и закономерности возникновения и развития на основе высокоточных экспериментов с локальными сетями станций.

К числу замечаний по главе 1 следует отнести следующее:

Недостаточно полно рассмотрена и использована опубликованная тектоно-геодинамическая информация (геодинамические модели, GPS данные, данные микроструктурного анализа реактивации разломных зон и т.д.), характеризующая напряженное состояние земной коры Алтае-Саянской горной области, его причины,

соотношения с особенностями структуры основания, которые позволили бы соискателю не только решить поставленную цель исследования по выявлению закономерности развития природной и наведенной сейсмичности в Алтае-Саянской горной области для уточнения оценки сейсмической опасности, но обосновать пространно-временные характеристики их проявления.

Глава 2. Структура системы регистрации и обработки данных сейсмологического мониторинга

Глава посвящена созданию системы сбора, хранения и обработки данных в реальном времени с сети цифровых сейсмологических станций, основанной на современной высокоточной аппаратуре, системах непрерывного контроля качества получаемых данных, организации хранения и доступа к экспериментальным материалам на основе реляционной базы данных. Информационная система центра сбора и обработки сейсмологических данных создана на базе пакета программ SeisComP, стандартов Федерации цифровых сейсмологических сетей (FDSN), геоинформационных систем и собственного программного обеспечения, адаптированного под региональные задачи. Соискателем создана система сбора и обработки сейсмических данных, являющаяся аппаратом выполнения исследований с использованием современных методов и программ для сейсмологии и геофизики, дополненных работой автора и объединенных в единую надежную систему. Реляционные базы данных заполняются в реальном времени записями стационарных станций, временных станций и результатами обработки. Созданное математическое обеспечение позволяет соискателю выполнять контроль за работой сейсмических станций, качеством регистрации и проведением мониторинга шумов во времени. Экспериментальные работы, при наличии временных станций в районах сейсмических активизаций, способны обеспечить исследования на новом уровне представительности и точности изучения землетрясений в локальных областях.

Соискателем разработана система обработки данных для многоуровневой системы наблюдения по детальности, сочетающая высокую автоматизацию решения задач с точностью и детальностью исследований на основе сочетания методов обработки с моделями среды, детальностью системы наблюдения и с использованием геологической и геофизической информации для интерпретации результатов. Адаптированы программы искусственного интеллекта для обработки данных экспериментов с плотными сетями станций.

Замечаний к главе 2 нет.

Глава 3. Природная сейсмичность Алтае-Саянской горной области

Приведены данные о свойствах фоновой сейсмичности Алтае-Саянской горной области, изученные с использованием данных региональной сети станций за все годы, начиная от инструментальных наблюдений с 1963 года. Детально охарактеризованы проявления сильнейших землетрясений: Урэг-Нурское землетрясение 16.05.1970 ($M_S=7.0$), Чуйское землетрясение 27.09.2003 ($M_S=7.3$), Айгулакской очаговой области, Цаган-Шибэтинское землетрясение 29.07.2022 ($M_L=6.2$), сейсмичность стыка Алтае-Саянской горной области с Байкальской рифтовой зоной, Тувинские землетрясения, Бусингольское землетрясение 27.12.1991 ($M_S=6.5$), Белин-Бий-Хемское землетрясение 2008 г. ($M_w=5.7$), Хубсугульское землетрясение 12.01.2021 ($M_L=6.9$).

Сделан вывод, что фоновая сейсмичность, хаотичная на первый взгляд, упорядочивается со временем, концентрируясь преимущественно в горном обрамлении впадин. Наблюдается стабильность во времени в организации фоновой сейсмичности, а также иерархия тектонических процессов по скорости проявления в сейсмичности. Показано, что крупным землетрясениям в Алтае-Саянской складчатой зоне сопутствуют афтершоковые процессы и во многих случаях длительные сейсмические активизации очаговых областей. Основу

экспериментального изучения сейсмически активизированных структур составляют эксперименты с временными сетями станций, позволяющие достичь нового уровня представительности, детальности и точности. Исследование проводилось с учетом работ предшественников [Зяткова, 1977; Хилько, 1977; Уфлянд и др., 1978; Хилько и др., 1985; Кочетков и др., 1993; Дельво и др., 1995; Добрецов и др., 1995, 2001; Молнар и др., 1995; Новейшая тектоника..., 2000; Хаин, 2001; Рогожин и Платонова, 2002; Новиков, 2004; Актуальные вопросы..., 2005; Современная геодинамика..., 2005] и результатов интерпретации сейсмологических данных по этому региону [Гайский и Жалковский, 1971; Масарский и Рейснер, 1971, Кочетков и др., 1993; Жалковский и др., 1995; Баяр и Монкоо, 2002; Гольдин и Кучай, 2006; Ребецкий и др., 2008].

К числу замечаний по главе 3 следует отнести следующее:

Соискатель достоверно установил различие в развитии сейсмотектонических процессов для трёх областей: Алтая; Западного-Саяна и хр. Академика Обручева; Тувино-Монгольского блока. Только первые два относятся к географическим объектам, а Тувино-Монгольский блок к тектоническому объекту. В тексте есть пояснения, что сейсмичность локализуется в реактивированных разломных зонах, а “взаимодействие сейсмичности разных очаговых областей может рассматриваться как результат шевеления блочной структуры”. Для Алтае-Саянской складчатой области существуют геодинамические модели формирования, тектонические схемы-карты, на которых выделены и названы как разломные структуры, так и разделенные ими тектонические блоки (1-7 и ссылки в них). Использование этих данных во многом бы улучшило понимание содержания главы 3 и четкость полученных результатов, которые несомненно имеют высокую научную ценность.

1. Dobretsov N.L., Buslov M.M., Delvaux D., Berzin N.A., Ermikov V.D. Meso- and Cenozoic tectonics of the Central Asian mountain belt: effects of lithospheric plate interaction and mantle plumes // *International Geol. Rev.*, 1996. V. 38. P. 430-466.

2. Буслов М.М., Зыкин В.С., Новиков И.С., Дельво Д. Структурные и геодинамические особенности формирования Чуйской межгорной впадины Горного Алтая в кайнозой // *Геология и геофизика*. - 1999. - Т. 40. - № 12. - С. 1720-1736

3. Delvaux, D., Cloetingh, S., Beekman, F., Sokoutis, D., Burov, E., Buslov, M.M. and Abdrakhmatov, K.E.: Basin evolution in a folding lithosphere: Altai-Sayan and Tien Shan belts in Central Asia // *Tectonophysics*, 2013. V. 602. P. 194-222.

4. Буслов М.М. Геодинамическая природа Байкальской рифтовой зоны и ее осадочного выполнения в мел-кайнозойское время: эффект дальнего воздействия Монголо-Охотской и Индо-Евразийской коллизий // *Геология и геофизика*, 2012. Т. 53. № 9. С. 1245-1255.

5. Ветров Е.В., Буслов М.М., И.Де Гравэ. Эволюция тектонических событий и рельефа юго-восточной части Горного Алтая в позднем мезозое-кайнозое по данным трекового датирования // *Геология и геофизика*. - 2016. - Т. - 57. - № 1. - С. 125-142.

6. Добрецов Н.Л., Буслов М.М., Василевский А.Н., Ветров Е.В., Неведрова Н.Н. Эволюция кайнозойского рельефа юго-восточной части Горного Алтая и ее отображение в структурах геоэлектрического и гравитационного полей // *Геология и геофизика*. - 2016. - Т. 57. - № 11. - С. 1937-1948.

7. Buslov M.M., Imaeva L.P. Neotectonics of the Altai-Sayan Mountains and reactivation of regional faults controlling seismicity // *Earth Science Frontiers*, 2021. V. 28 (5). P. 301-319.

Глава 4. Наведенная сейсмичность в Западной Сибири

Установлен факт существования в Кузбассе блуждающей наведенной сейсмичности в районах, где ранее велась подземная добыча угля. В районе г. Полысаево активизировались недра на глубинах 2-5 км, а в районе около шахты им. С.М. Кирова зарегистрирована блуждающая сейсмичность на малых глубинах 100-200 м. Развитие блуждающей сейсмичности

может происходить как релаксация созданных когда-то в среде напряжений под горными выработками и как процесс разрушения среды над завершившими свою работу выработками.

Наиболее сильные землетрясения происходят в районе больших разрезов (Бачатское землетрясение, $M_L=6.1$, Талдинское, $M_L=5.6$). Наведенная сейсмичность открытых выработок формируется под ними или под отвалами. Сейсмические события происходят на глубинах от ложа до 4-6 км. Установлен факт несоответствия модели напряженного состояния района Бачатского разреза, восстановленного по механизмам афтершоков, механизму главного толчка Бачатского землетрясения. В результате сильного техногенного землетрясения, имевшего характерный размер очага порядка 10 км, произошла кардинальная перестройка всего поля напряжений в районе разреза. Сейсмический режим техногенной активизации около разреза «Бачатский» непрерывен и не стационарен: выделяются периоды фонового уровня сейсмичности, пониженного по энергии сильнейших землетрясений и разреженной частотой слабых событий, и периоды активизаций с сильными и крупными землетрясениями и увеличенной частотой слабых событий. Пульсирующий характер сейсмической активности недр разреза, вероятно, связан с сильным техногенным воздействием при добыче угля, обеспечивающим изменение напряженного состояния недр.

Замечаний к главе 4 нет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований соискателем создан аппаратно-программный комплекс Алтае-Саянского центра сбора и обработки сейсмологической информации как для стационарных наблюдений, так и локальных экспериментов, работающий в автоматическом режиме с обработкой данных в реальном времени и с дальнейшим уточнением результатов, позволяющий непрерывно контролировать качество записей, поступающих в базу данных, оснащенный набором современных методов обработки сейсмологических данных, а также картографической и другой геолого-геофизической информацией, играющей важную роль в процессе интерпретации результатов обработки. Проведенными экспериментами обеспечено изучение сейсмичности Алтае-Саянской горной области на новом уровне представительности, детальности и точности. Исследована объемная структура сейсмически активизированных разломов очаговых областей Чуйского землетрясения 2003 г. с $M_s=7.3$ по более, чем 20 тыс. событий, Тувинских землетрясений 2011, 2012 гг. с $M_L=6.7$ и 6.8, соответственно, более 5 тыс. событий, очаговой области Айгулакского землетрясения 2019 г. с $M_L=5.6$ более 6 тыс. событий. Получены детальные сведения о Хубсугульском землетрясении 2021 г. с $M_L=6.9$ и структуре сейсмичности стыка Алтае-Саянской горной области с Байкальской рифтовой зоной, в том числе получены детальные данные о сейсмичности Прихубсугулья в период Хубсугульского землетрясения 2014 г. с $M_L=5.5$. Исследовано влияние крупных землетрясений Чуйского 2003 г. и Хубсугульского 2021 г. на сейсмичность всего региона. Установлено значимое различие во влиянии этих землетрясений на дальнейшее развитие сейсмичности региона. Чуйское землетрясение вызвало мощнейший афтершоковый процесс в очаговой области и ослабление сейсмичности всего Алтая с медленным усилением в последующие годы сейсмичности смежных структур с формированием новых очаговых зон, наиболее активной из которых является Айгулакская очаговая зона. Как последующее развитие, сформировались области повышенной активности на большом кольце от эпицентра Чуйского землетрясения. Исследования эпицентральной области Цаган-Шибетинского землетрясения 2022 г. с $M_L=6.2$, сформировавшейся как новая активная зона на Восточном Алтае со сложным площадным строением, наличием форшоковой активности, развитием сложного афтершокового процесса. Выявлено, что Хубсугульское землетрясение 2021 г., сформировав афтершоковую область на участке восточной границы Тувино-Монольского блока, развивается одновременно с активизацией областей, сформировавшихся ранее на других гранях блоковой структуры переходной области от Алтае-Саянской системы к Байкальской рифтовой зоне. Эволюция

сейсмичности в этом регионе происходит по существенно иному сценарию, чем это имеет место на Алтае.

Детальные исследования сейсмичности Кузбасса выявили ее приуроченность к местам добычи полезных ископаемых. Изучены характеристики развития наведенной сейсмичности около открытых горных выработок, около подземных горных выработок, и получены интересные результаты в условиях одновременного воздействия на недра близко расположенных друг к другу подземной и открытой горных выработок. Множественными экспериментами доказано отсутствие влияния промышленных взрывов на зоны повышенной техногенной сейсмичности. Показано триггерное влияние вибрации от угольных комбайнов на интенсивность развития наведенной сейсмичности. Для железнорудных шахт Горной Шории обнаружен эффект частичной синхронизации наведенной сейсмичности разных рудников, что указывает на природно-техногенный характер активизаций.

Сделан вывод, что развитие сейсмологии в Сибири следует ориентировать на дальнейшее усиление автоматизации сбора и обработки экспериментальных данных, дальнейшее развитие сетей станций, обеспечение комплексности наблюдений, расширение методов автоматической интерпретации результатов.

Замечаний к Заклчению нет.

Защищаемые научные положения:

1. Научно обоснованные решения, совокупность которых формирует систему сейсмологического мониторинга Алтае-Саянского региона - регистрацию и обработку информации для многоуровневой системы наблюдения, сочетающую высокую автоматизацию решения задач с точностью и детальностью исследований на основе сочетания методов обработки с моделями среды, с системой наблюдения и с использованием геологической и геофизической информации для интерпретации результатов.

2. Установлены закономерные различия в сеймотектонических процессах между Горным Алтаем, Западным Саяном и Тувино-Монгольским блоком Алтае-Саянской области, проявляющиеся в характерном для каждого субрегиона влиянии сильных землетрясений на последующую эволюцию сейсмичности и формирование новых очагов сейсмогенной активизации.

3. Афтершоковые процессы крупных землетрясений в условиях Алтае-Саянской горной области закономерно переходят в продолжительные (годы и десятилетия) сейсмические активизации очаговых областей и характеризующиеся сложной пространственно-временной организацией (многоэтапность, пульсации) с формированием объемных, сейсмически активных разломных структур.

4. Наведенная сейсмичность в Кузнецкой котловине (угольном Кузбассе), развивается как нестационарный процесс с изменением сейсмической активности во времени и пространстве без синхронизации между отдельными активизациями, а в Горной Шории для трёх железнорудных шахт на расстояниях в десятки километров наблюдается эффект частичной синхронизации сейсмической активности во времени.

К числу замечаний к защищаемым положениям следует отнести следующее:

Защищаемое положение 2, которое составлено на основе главы 1 и 3, требует корректировки с описанием в едином терминологическом ключе тектонических терминов.

Например: Установлены закономерности сеймотектонических процессов между Горно-Алтайским, Западно-Саянским и Тувино-Монгольским тектоническими блоками Алтае-Саянской области, проявляющиеся в реактивации разделяющих их региональных разломных зон с влиянием сильных землетрясений на последующую эволюцию сейсмичности вдоль их плоскостей и формирование новых очагов сейсмогенной активизации.

Значимость полученных автором диссертации результатов

Созданная А.А.Емановым система сбора и обработки данных является аппаратом выполнения исследований с использованием современных методов и программ для сейсмологии и геофизики, дополненных работой автора и объединенных в единую надежную систему. В едином комплексе программ объединены возможности обрабатывать данные многоуровневых по детальности и задачам экспериментов. На основе исследования с точностью координат гипоцентров афтершоков в 300-500 м и по глубине с точностью 2 км построена объемная модель сейсмически активизированных разломов и горизонтальных слоев в очаге Чуйского землетрясения 2003 года. Определены закономерности эволюции сейсмичности Алтая после Чуйского землетрясения 2003 года. Установлены факты сейсмической активизации смежных структур и активизированные структуры в зоне дальнего влияния крупного землетрясения на развитие сейсмичности. Построена объемная структура афтершокового процесса двух Тувинских землетрясений 2011 и 2012 годов. Получена пространственно-временная структура развития афтершокового процесса Хубсугульского землетрясения. Изучен Дархадский рой землетрясений, возникший после этого землетрясения. Исследованы сейсмические активизации Тувино-Монгольского блока до и после Хубсугульского землетрясения, и показан отличающийся от Чуйского землетрясения механизм воздействия этого крупного землетрясения на сейсмичность региона. С использованием программ искусственного интеллекта обработаны данные международного эксперимента с 26 регистрирующими станциями в Прихубсугулье. Показано, что Хубсугульское землетрясение 2014 года произошло вне очаговой области одноименного землетрясения 2021 года. Построены координаты гипоцентров более 5.5 тысяч землетрясений в этом районе, позволившие обнаружить сейсмическую активность внутри блоков с не изученной структурой разломов. По механизмам очагов землетрясений восстановлено напряженное состояние очаговых областей Чуйского землетрясения 2003 года и техногенного Бачатского землетрясений. Построена объёмная структура афтершоков крупного техногенного Бачатского землетрясения и структура напряжённого состояния недр под разрезом, позволяющая контролировать дальнейшее изменение состояния среды при продолжающейся добыче угля в разрезе. Изучена природа возникновения, характеристики наведённой сейсмичности и изменения во времени и пространстве их в районе подземной добычи угля. Установлен эффект триггерного влияния вибрации от работающих комбайнов на наведённую сейсмичность.

Полученные новые данные позволили соискателю в полной мере решить поставленные научные задачи и в целом реализовать цель исследования.

Рекомендации по практическому использованию материалов диссертации

Созданная система сбора и обработки сейсмологической информации обеспечивает оперативность и достоверность в предоставлении информации структурам власти, сотрудникам МЧС, предприятиям для решения вопросов безопасности. Созданные базы данных являются основой работы по уточнению исходной сейсмичности и построения карт детального сейсмического районирования. Данные о физике очагов крупных землетрясений Алтае-Саянской области важны для разработки методов прогноза землетрясений. Пространственно-временные связи в сейсмичности и данные об эволюции сейсмичности составляют основу планирования экспериментов по уточнению мест зарождения сейсмических активизаций. Данные о сейсмически активизированных в очаговых областях разломах вносят вклад в геотектонику.

Результаты изучения характеристик техногенной сейсмичности в местах добычи твердых полезных ископаемых дают возможность оценить уровень их реальной опасности для производственной и социальной инфраструктуры.

Апробация работы. Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационного исследования были доложены на 26 международных и 19 региональных и всероссийских семинарах, конференциях и симпозиумах. По теме диссертации опубликованы 78 статей из списка ВАК из них 58 статей по теме диссертации по специальности 1.6.9. «Геофизика», из них

в Белом списке: уровень 1- 11 статей, уровень 2 – 44 статьи, 5 глав в трех монографиях. Получены два свидетельства государственной регистрации на базы данных и одно на программу.

Заключение оппонента

Приведенные в отзыве замечания касаются аспектов недостаточного использования автором опубликованной тектоно-геодинамической информации в решение поставленной цели. К их числу относятся тектонические и неотектонические карты, геодинамические модели, GPS данные, данные микроструктурного анализа реактивации разломных зон и т.д., которые характеризуют напряженное состояние земной коры Алтае-Саянской горной области и особенности тектонической реактивации структуры основания. Использование этих данных позволило бы соискателю не только решить поставленную цель исследования по выявлению закономерности развития природной и наведенной сейсмичности в Алтае-Саянской горной области для уточнения оценки сейсмической опасности, но обосновать пространно-временные характеристики их проявления. Оппонент прекрасно понимает, что данное замечание в большей мере является предложением для использования полученных соискателем геофизических результатов в другой научной дисциплине - тектоно-сейсмическом анализе, целью которого является выявление закономерностей связи между тектоническими структурами и землетрясениями, использования этих данных для прогноза сейсмических событий, сейсмического районирования и изучения геодинамических процессов. Данная научная дисциплина относится к совершенно другой специальности: 1.6.1 – Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика.

Таким образом, следует заключить, что диссертационная работа А.А. Еманова является завершенным фундаментальным научным исследованием на актуальную тему, выполнена на высоком научном уровне. Автореферат полностью отражает содержание работы, суть исследования и отвечает требованиям и критериям, установленным ВАК Минобрнауки Российской Федерации для докторских диссертаций «Положением о порядке присуждения ученых степеней», и «Положением о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук».

На основании вышеизложенного Алексей Александрович Еманов заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика».

Официальный оппонент

Буслов Михаил Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С.Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН). Адрес: 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3.

Тел.: (383)3332792; Fax: (383)3332792 ; E-mail: buslov@igm.nsc.ru

Я, Буслов Михаил Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

« 01» октября 2026 г.

Подпись М.М. Буслова заверяю
Зав. канцелярией ИГМ СО РАН

(подпись)
Е.Е. Шипова

