

ОТЗЫВ официального оппонента

о диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
Декабрёва Ильи Константиновича на тему "**Иерархия и относительный возраст
тектонических напряжений в разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья**"
по специальности 1.6.1 "Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика"

Диссертации Декабрёва Ильи Константиновича "**Иерархия и относительный возраст тектонических напряжений в разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья**" посвящена выявлению соотношений разноранговых полей напряжений и определению их относительного возраста в разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья. **Актуальность темы** связана с тем, что проблема последовательности и возраста этапов тектогенеза, проявленных в уникальной континентальной Байкальской рифтовой зоне в центре континента, продолжает оставаться дискуссионной. Кайнозойская рифтовая система развивалась здесь на раннедокембрийском основании, переработанном в позднем протерозое, палеозое и мезозое. Насколько сохранились в современной структуре следы деформаций и напряжений прежних тектонических эпох не совсем понятно. В диссертации И.К. Декабрёва сделана попытка частично решить эту проблему и показать степень преемственности и наложенности кайнозойских тектодинамических условий на древний континентальный субстрат, и в этом состоит **научная новизна** его исследования. Автором получены реконструкции локальных стресс-тензоров; проведен ранговый анализ разрывных нарушений и тектонических напряжений; в изученных разломных зонах, установлена иерархия тектонических напряжений локального, субрегионального и регионального уровней; проведена реконструкция последовательности изменения напряжений, которая позволила подтвердить и уточнить возраст девяти этапов тектогенеза в Прибайкалье для палеозоя и кайнозоя, а в Западном Забайкалье для мезозоя и кайнозоя.

Полученные результаты имеют также **практическое значение** в связи с необходимостью прогноза и оценки устойчивости породных массивов в этом сейсмически активном регионе.

Обоснованность и достоверность выводов диссертанта обусловлена анализом обширного фактического материала, обработанного с применением комплекса геолого-структурных и тектонофизических методов исследования разрывных нарушений, разработанных известными советскими и российскими и зарубежными тектонофизиками [Гзовский, 1954; Данилович, 1961; Angelier, 1989, 1990; Семинский 2014, 2015]. Комплексная

обработка и интерпретация собранного материала позволила автору предложить модель активизации изученных разломных зон Прибайкалья и Западного Забайкалья в условиях региональных тектонических напряжений. Защищаемые в работе положения представляются вполне обоснованными.

Характеристика содержания диссертации

Диссертация объемом 171 страница состоит из Введения, четырех глав, Заключения, списка терминов, списка литературы (205 источника) и 8-ми приложений. Каждая глава завершается выводами.

Во Введении обозначена **актуальная** для Байкальского региона *цель работы* – установление связи разномасштабных разрывных структур и определение относительного возраста проявившихся в регионе этапов тектогенеза. Для достижения цели использовался комплекс структурно-геологических и тектонофизических методов анализа разноранговых дизъюнктивов.

В **1 главе** дан обзор проблем по **тектоническим напряжениям земной коры и их иерархии**. Изложена история изучения вопроса с особым вниманием на работы признанных специалистов в этой области (М.В. Гзовский, П.Н. Николаев, М.А. Садовский, С.И. Шерман и др.). В соответствии с общепринятыми положениями диссертант признает, что дизъюнктивы образуют иерархический ряд структур, а поле тектонических напряжений также весьма неоднородно, но на разных структурных уровнях характеризуется самоподобием.

При кажущейся хаотичности развитых в регионе разноранговых разрывных нарушений, среди можно выявить порядок, соподчиненность структур разного ранга и связи полей напряжений. Одним из методов выявления закономерностей строения дизъюнктивных систем является разработанный в лаборатории тектонофизики метод спецкартирования разломных зон [Семинский 2003, 2014, 2015; Семинский, Бурзунова, 2005, 2007; Семинский, Черемных, 2011; Бурзунова, 2011, 2014, 2017; и др.], обоснованный структурно-парагенетическим подходом, при котором ранги структур соотносятся с иерархическими уровнями поля тектонических напряжений и делимости литосферы.

Диссертант отмечает, что проблемой остается определение возраста полей напряжений. При смене тектонических и геодинамических обстановок происходят изменения напряженного состояния на всех масштабных уровнях систем разрывов. Палеонапряжения можно выявить только по остаточным деформациям горных пород в виде формирующихся в неоднородной геологической среде дизъюнктивов различного типа и их сочетаний. Системы трещиноватости являются интегральным результатом развития разномасштабных структур в течение всего

времени существования породных массивов вплоть до настоящего времени.

Илья Константинович проработал обширную литературу, в которой рассматриваются проблемы реконструкции напряжений и палеонапряжений в Прибайкалья и Западном Забайкалье. В диссертации дается обзор существующих реконструкций тектонических напряжений земной коры региона, указывающих на обстановку общего регионального СЗ горизонтального растяжения и крутого СВ сжатия при проявлении условий поперечного или косого растяжения и более сложных тектодинамических условий. Ссылаясь на многочисленные работы признанных советских и российских тектонистов, диссертант касается также геодинамической эволюции региона от палеозоя до нашего времени, начиная с реконструкций закрытия Палеоазиатского океана до кайнозойского рифтинга.

Таким образом исходные представления диссертанта о характере дизъюнктивной структуры региона и истории ее формирования обоснованы уже имеющимся по региону материалами. Разломные зоны включают парагенез разноранговых разрывов. Наложенные деформации усложняют соподчиненность разрывов. Но на данный момент времени у исследователей дизъюнктивов БРЗ нет единого представления о последовательности напряженных состояний Прибайкалья и Забайкалья. Время проявления процессов формирования дизъюнктивов определяется лишь условно по сопоставлению с известными тектоническими событиями. Интерпретация проводится на разной методической и теоретической основе. Всё это подтверждает актуальность и необходимость в проведении в регионе дополнительных исследований с использованием комплексных методических приемов.

В **главе 2** рассмотрены используемые в работе структурно-геологические и тектонофизические **методы**. В первую очередь речь идет о методе специального картирования разломных зон, разрабатываемом в лаборатории тектонофизики ИЗК. Метод позволяет реконструировать локальные стресс-тензоры (в пределах обнажения); субрегиональные напряжения (по структурным парагенезам локальных разрывов по нескольким обнажениям) и региональные поля напряжений, под действием которых сформировались региональные разломы. В работе использованы и другие методы изучения дизъюнктивов с целью реконструкции полей напряжений (метод поясов В.Н. Даниловича, [1961]; метод М.В. Гзовского, [1954]; при наличии зеркал скольжения метод J. Angelier [1989;1990] и др.). Для определения главных систем нарушений по каждой разломной зоне проводится ранговый анализ структурных данных с сопоставлением с эталонными структурными рисунками парагенезов разломных зон. Присутствие дополнительных систем указывает на проявление нескольких этапов деформирования. Сопоставление с идеализированными эталонными парагенезами разрывов

различного типа позволяют определить кинематику локальных разломов. По результатам анализа синоптических диаграмм (диаграммы максимумов локальных нарушений) определяется кинематика разломных зон. Обычно по изучаемым объектам определяется несколько решений, соответствующих проявлению нескольких этапов деформаций. Поэтому следующим шагом исследований является определение последовательности деформаций.

Методическая глава хорошо иллюстрирована. При желании любому структурному геологу можно освоить предлагаемую методику определения кинематики разрывов разных порядков по анализу статистических замеров трещиноватости.

Основные результаты обработки полевого материала изложены в **главе 3 (Тектонические напряжения в разломных зонах...)**. На территории Прибайкалья и Западного Забайкалья И.К. Декабревым было изучено 7 активных в позднем кайнозое региональных разломных зон. Эталонным районом является Прибайкалье (зоны Предбайкальская, Приморская, Ангара-Бугульдейская и разлома Черского). В Западном Забайкалье были исследованы Тугнуй-Кондинская, Хилокская и Чикой-Ингодинская разломные зоны в обрамлении метаморфических ядер кордильерского типа [Скляр и др., 1997; Donskaya et al., 2008], образованные после Монголо-Охотской коллизии и последующего растяжения [Arzhannikova et al., 2020].

По каждой исследованной зоне приводятся геологические схемы, схемы результатов спецкартирования и соответствия полученных решений основным разломам, примеры конкретных точек наблюдения с полученными по ним решениями. Помимо рисунков приведены подробные описания полученных результатов с перечислением точных параметров элементов залегания определенных решений.

В конце главы приведены выводы по каждому региону и итоговая схема относительного возраста тектонических напряжений регионального уровня иерархии в разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья (рис. 42). Главным результатом исследований является вывод, что условия деформации четвертичных отложений отвечают повсеместно проявленной в это время обстановке СЗ-ЮВ растяжения. Преобладание сдвигов в неогеновых (или олигоцен-миоценовых) толщах свидетельствует о том, что СЗ растяжению в квартере предшествовала сдвиговая обстановка. Для Забайкальского региона в юрских толщах устанавливаются чередование (в породах разного возраста) обстановок растяжения и сжатия, что можно интерпретировать как чередование этих обстановок во времени. Для палеозоя Предбайкальской и Приморской зоны характерны обстановки поперечного структурному плану сжатия.

Статистика по полученным результатам изучения разноранговых разломных зон Прибайкалья и Западного Забайкалья и вопросы, касающиеся возраста формирования разрывов, анализируются в 4 главе диссертации (**Иерархия и относительный возраст тектонических напряжений...**). Глава сопровождается наглядными иллюстрациями соотношения выявленных структурных закономерностей; в приложении к работе приведены таблицы с конкретными количественными параметрами. Поэтому главные выводы по распределению дизъюнктивов и параметров напряженного состояния не вызывают сомнений.

Из всех изученных локальных разрывов региона большая часть представлена сдвигами и сбросами, взбросы присутствуют в меньшем количестве, а в региональных разломных зонах СВ простирания преобладают локальные сбросы (рис. 43). Это подтверждает результаты более ранних исследований [Шерман, 1977; Тектонические..., 1978; Лунина, 2009; Sankov et al., 1997; Семинский, 2003 и др.].

На рис. 44 приведены данные по соотношению общего числа локальных решений в разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья, установленных в разновозрастных породах. Рисунок однозначно свидетельствует о том, что в более древних образованиях мы фиксируем более многочисленные этапы деформаций, причем обстановки, соответствующие проявленным обстановкам в более молодых образованиях, преобладают, а предыдущие утрачивают свое относительное значение.

Проявление обстановок сдвига и растяжения в кайнозойских толщах в Прибайкалье, и сжатия и растяжения в мезозойских толщах Забайкалья связано с общей циклической динамикой развития полей напряжений. Резкие смены полей напряжений происходят в периоды активных тектодинамических событий при скачкообразном переходе от одного тектонического режима развития территорий к другому. Вероятно, между палеозойскими и кайнозойскими событиями были и мезозойские, но они были неодинаково проявлены по площади.

В заключении главы приводятся логические выводы об истории формирования региона и проявлении в нем различных тектодинамических обстановок.

Установлено соответствие большинства локальных разрывов парагенезам региональным сбросов, развивающихся в условиях СЗ растяжения (половина локальных решений среди всех объектов, по кайнозойским - 82%). Значительную часть структурных парагенезов разломных зон составляют локальные сдвиги. Однако большинство их соответствуют обстановкам регионального растяжения.

Для разломных зон Прибайкалья установлен тренд уменьшения количества локальных разрывов с увеличением относительного возраста региональных тектонических напряжений.

Эта закономерность может быть использована для определения последовательности деформаций.

В разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья реконструировано 9 разновозрастных обстановок воздействия региональных тектонических напряжений с возрастом от палеозоя до нашего времени.

Первое прочтение диссертации И.К. Декабрева воспринималось мной несколько настороженно. Казалось, что диссертант не делает различия между возрастом пород и возрастом трещин в этих породах, хотя это далеко не одно и то же. При повторном прочтении стало понятно, что это не так. Илья Константинович понимает сложность процесса деформирования породных массивов и по поводу возраста деформаций высказывается осторожно и только на основании полученных статистически значимых результатов.

В качестве замечаний я бы указала на следующие моменты.

Замечания по работе:

1. В главе 2 при описании методики указано, что основным методом был метод спецкартирования разломных зон [Семинский, 2014, 2015]. Но его описание приведено после описания других методов. На взгляд рецензента описание метода спецкартирования должно быть приведено в методической главе в первую очередь. А потом уже переходить к описанию других тектонофизических методов, используемых для верификации полученных результатов по методу спецкартирования.

2. Недостатком применяемой методики, на взгляд рецензента, является некоторое упрощение геологической ситуации при интерпретации структурных рисунков и сведении деформации к одному главному нарушению, хотя и со сложной внутренней структурой. Реальная деформация является сложным процессом с перемещениями по системам разной ориентировки, что обычно сопровождается развитием зеркал скольжения. Но замеров зеркал скольжения, судя по приведенным примерам было не так много, и это также представляется рецензенту существенным недостатком.

3. Оппоненту, занимающемуся статистическим анализом трещиноватости, кажется несколько механистическим подход "подбора" для синоптических диаграмм локальных решений, удовлетворяющих условиям деформирования на субрегиональном уровне и соответственно для выбора главной деформации в региональной зоне путем подбора подходящих решений по субрегиональному уровню.

4. Трудоемкость метода. Метод несомненно дает объективную информацию о процессах деформирования в различных условиях, что уже неоднократно было проверено в Байкальском регионе, но он является очень трудоемким. Метод изучения зеркал скольжения в этом смысле требует меньших временных затрат, так как информация по зеркалам скольжения практически сразу указывает на вероятную кинематику тех или иных структур.

5. Не совсем понятные некоторые утверждения в тексте диссертации. Например, в главе 2, в части, касающейся определения региональных структурных парагенезов, отмечается, что *результаты субрегиональных решений сопоставляются с идеализированными парагенезами разломов, которые должны быть ориентированы по простиранию изучаемой региональной зоны*. Вероятно, речь идет об определении главного разрыва, который и должен быть ориентирован по простиранию изучаемой разломной зоны?

6. В главе 3 излишне громоздкими кажутся представление полученных результатов с перечислением точных параметров элементов залегания определенных решений. На мой взгляд, можно было бы все решения вынести на одну диаграмму (или на несколько диаграмм по отложениям различного возраста) и дать ее (их) общее описание. Смотреть на целые страницы числовых значений утомительно и не имеет большого смысла. В приложении в табличном виде приведены полученные решения, но в этих таблицах отсутствует информация об ориентировке выявленных структур. Т.е. графической информации о распределениях правосдвиговых, левосдвиговых, сбросовых и взбросовых решений нет. Поэтому создается впечатление отсутствия полного описания полученных результатов.

7. Несколько странным показался итоговый статистический результат по сдвиговым нарушениям (глава 4), среди которых автором установлено преобладание правых сдвигов, тогда как общая ситуация в Байкальской рифтовой зоне определяется сочетанием растяжения и левого сдвига, и поэтому преобладание правых сдвигов удивительно. Хотя, возможно, это частный результат, который не противоречит общей тектодинамической ситуации.

Как видно, большинство этих замечаний связано с тем, что оппонент при работах по изучению особенностей строения и развития дизъюнктивных систем пользуется комплексом других методов с использованием зеркал скольжения в качестве основного информационного объекта при определении кинематики разломных зон. Тем не менее, диссертация И.К. Декабрева доказывает эффективность применения и других методик, в частности, метода спецкартирования и статистической обработки большого количества замеров «немой» трещиноватости.

Общее заключение

Несмотря на замечания общее впечатление о диссертации хорошее. Выводы обоснованы большим количеством фактического материала, проиллюстрированы, подтверждают данные предыдущих исследований. Диссертационная работа Ильи Константиновича Декабрёва, посвящённая изучению иерархии и относительного возраста тектонических напряжений в разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья, имеет научную и практическую ценность. Она является законченным исследованием, представляет решение актуальных задач, объединённых общим подходом, обеспечивающим возможность определения последовательности и тектодинамических условий формирования разрывно-трещинных парагенезов в рифтовых зонах.

Проведенное исследование соответствует паспорту специальности 1.6.1 – «Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика» и требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842 с изменениями)», а её автор Декабрёв Илья Константинович заслуживает присуждения ему степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.1 – Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика.

Тверитинова Татьяна Юрьевна

кандидат геол.-мин. наук. Доцент кафедры региональной геологии и истории Земли геологического факультета Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, ГСП-1.

Тел.: +7(915)162-27-35, e-mail: tvertat@yandex/ru

Я Тверитинова Татьяна Юрьевна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Тверитинова Т.Ю. Заверяю
Зав. канцелярией геологического ф-та
М.Г. Вебер