

Утверждаю

Директор ИФЗ РАН
Академик РАН



С.А. Тихоцкий

«28» ноября 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук

на диссертационную работу **Декабрёва Ильи Константиновича**
«Иерархия и относительный возраст тектонических напряжений в
разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья»,

представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-
минералогических наук
по специальности 1.6.1 – Общая и региональная геология. Геотектоника и
геодинамика

Диссертационная работа Декабрёва Ильи Константиновича посвящена вопросам исследования напряженно-деформированного состояния земной коры Прибайкалья и Западного Забайкалья по данным анализа тектонической трещиноватости, а также проблемам относительной хронологии проявления полей напряжений.

Актуальность темы исследований обосновывается востребованностью данных о напряженно-деформированном состоянии массивов горных пород для решения вопросов как характера тектонических движений на разных этапах эволюции региона, так и сугубо практическими задачами, связанными с разведкой и эксплуатацией месторождений полезных ископаемых.

Научная значимость исследований опирается на решаемые задачи по определению локальных тектонических напряжений и кинематических типов разрывных нарушений. Установление количественного соотношения локальных реконструкций напряженных состояний (стресс-тензоров в терминологии автора работы), характерных для различных геодинамических обстановок в пределах изученных разломных зон, позволяет выявлять закономерности их эволюционного развития.

Новизна исследования и полученных результатов заключатся в попытке решения в диссертации И.К. Декабрёва вопроса по соотнесению полей напряжений кайнозойских и докайнозойских этапов структурообразования на локальном, субрегиональном и региональном уровне. Хотя подобные интерпретации часто могут быть дискуссионными, выполнение их в кандидатской работе для обширного региона с привлечением разных тектонофизических методов для верификации основного используемого представляется новым решением.

Диссертантом проведена реконструкция последовательности изменения напряженного состояния в пределах зон крупных разломов. Это позволило ему подтвердить и уточнить возраст девяти этапов формирования тектонических структур в Прибайкалье и Западном Забайкалье.

Цель диссертационной работы состояла в установлении иерархии и относительного возраста проявления тектонических напряжений в крупных разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов соискателя заключается в многочисленных публикациях, в том числе 6 статьях в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК и докладах на профильных конференциях. Защищаемые положения и выводы диссертационной работы подкреплены собранными Ильей Константиновичем обширными собственными полевыми данными и привлеченными данными других исследователей, которые обрабатывались разными тектонофизическими методами.

Рассматриваемая работа объемом 171 страницы состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (207 наименований) и 8 приложений. Представлено 51 рисунок и 8 таблиц в приложениях, иллюстрирующих основные результаты диссертации.

Содержание работы

Во **введении** (стр.4-10) определены актуальность темы, объекты исследований, цели и задачи исследования, фактический материал и методы исследования. Отмечены личный вклад автора, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Сформулированы три защищаемых положения, приведен список опубликованных работ и конференций с докладами результатов исследований. Дана общая характеристика объема и структуры работы, выражены благодарности.

В главе 1 (стр. 11-31) делается обзор представлений о тектонических напряжениях земной коры Прибайкалья и Западного Забайкалья. В первом подразделе главы описывается общая история изучения тектонических напряжений и их иерархии от работ Левинсона-Лессинга Ф.Ю. и Зайцева А.К. (в работе сделана опечатка в ссылке и указан только первый автор, что далее также отмечается для нескольких ссылок на литературные источники) до современных работ. Описана установленная неравномерность поля тектонических напряжений на разных масштабных уровнях и его иерархические свойства.

Во втором подразделе дан обстоятельный анализ проблемы определения возраста тектонических напряжений. В следующем подразделе проводится обзор работ по реконструкции тектонических напряжений и палеонапряжений в изученном регионе. По мнению большинства исследователей главной особенностью современного напряженно-деформированного состояния является преобладание обстановки горизонтального растяжения («обстановка растягивающих напряжений» по автору) с северо-западной направлением оси минимальных сжимающих напряжений (растяжения) для Байкальской рифтовой системы. Обращено внимание на особенности изменения современного типа напряженного состояния на разных флангах рифтовой системы и в сопредельных районах.

Далее приводятся данные С.И. Шермана и Ю.И. Днепровского, которые на основе массовых замеров тектонической трещиноватости и сейсмологических данных выделили в Байкальской рифтовой системе четыре главных типа региональных полей тектонических напряжений (сдвиговый, раздвиго-сдвиговый, сдвиго-раздвиговой и раздвиговой) с общим СЗ-ЮВ направлением осей напряжений наименьшего горизонтального сжатия (растяжения в терминологии автора).

Поэтапная смена регионального поля напряжений Прибайкалья и Западного Забайкалья, начиная с палеозоя до современного времени, рассматривается диссертантом в контексте крупных геодинамических этапов эволюции региона на основе работ целого списка исследователей. При этом автор приходит к возможности деления их на группы дорифтовых (от палеозоя до юрского времени) и рифтовых (мезозой – антропоген). Далее приводится рассмотрение разных этапов и направлений действовавших напряжений, сменяющих друг друга во времени. В выводах по главе 1 и на рис. 5 показывается, что единого мнения о последовательности смены характеристик напряженного состояния в настоящий момент не выработано.

В главе 2 (стр. 32-45) перечислены применявшиеся методы реконструкции тектонических напряжений на основе геолого-структурных данных. Это методы М.В. Гзовского, В.Н. Даниловича, П.Н. Николаева, Ж. Анжелье, при ведущей роли парагенетического анализа, составляющего основу специального картирования разломных зон земной коры К.Ж. Семинского. При анализе данных по зеркалам скольжения использовалась программа «Tensor» Д. Дельво, в основе которой лежит метод инверсии Right Dihedra Ж. Анжелье, с добавлением метода оптимизации вращением Д. Дельво. Описания методов М.В. Гзовского, В.Н. Даниловича, П.Н. Николаева, Ж. Анжелье в работе представлено не было.

В главе 3 (стр. 46-112) приводятся основные результаты исследования тектонических напряжений в четырех разломных зонах Прибайкалья и в трех разломных зонах Западного Забайкалья.

В первом подразделе рассматриваются разломные зоны Прибайкалья. В Предбайкальской разломной зоне получено 23 решения методом спецкартирования на 18 обнажениях горных пород. Наибольшее распространение по данным исследования имеют разрывы северо-восточного простирания. С докайнозойским этапом связывается парагенез разрывов СЗ сжатия, поскольку они практически не проявлены в неоген-четвертичных отложениях. Большинство разрывов, проявленных в кайнозойских осадках, связаны с парагенезом зоны растяжения северо-восточного простирания. С зоной правого сдвига такого же простирания связывается 4 решения, которые реконструированы преимущественно в неогеновых отложениях.

По Приморской разломной зоне получено 14 решений, которые сгруппированы в 5 структурных парагенезов сублокального уровня. Данные структурные парагенезы объединяются в 3 парагенеза регионального уровня, для которых на основании степени их проявленности устанавливаются ранние этапы с обстановками горизонтального сдвига (сдвига в терминологии автора) и горизонтального сжатия (сжатия в терминологии автора) (по 14 %) и этап кайнозойского горизонтального растяжения с большинством решений (72%)

Ангаро-Бугульдейская разломная зона изучалась на основе анализа линейных элементов рельефа и сети разрывов в районе пещеры Охотничей. В 9 пунктах геолого-структурных измерений были получены данные с замерами трещиноватости и зеркал скольжения. Для большинства изученных здесь разрывов определен сбросовый кинематический тип. На основании полученных сведений установлено, что разломная сеть пещеры Охотничей представляет зону правостороннего сдвига субрегионального уровня с простиранием СВ 30°.

Выполненные исследования в зоне разлома Черского (со сделанными определениями 22 локальных стресс-тензоров в 12 точках наблюдения) позволили диссертанту реконструировать на региональном уровне следующие этапы: 1) «СЗ-ЮВ растяжение в четвертичных породах»; 2) «меридиональное растяжение – в олигоцен-миоценовых отложениях»; 3) «СЗ-ЮВ сжатие в породах палеозойского возраста».

В подразделе 3.2 приводятся результаты по трем разломным зонам Западного Забайкалья.

По данным исследования в Тугнуй-Кондинской разломной зоне методом спецкартирования получено 29 локальных решений для 22 точек наблюдения. При обработке данных по зеркалам скольжения определено 13 стресс-тензоров. Большинство определений разными методами и по разным геологическим стресс-индикаторам свидетельствует о наибольшей представительности обстановок горизонтального растяжения (около половины). При этом по зеркалам скольжения сопоставимое количество определений относится к сдвиговой обстановке (тип напряженного состояния горизонтальный сдвиг).

В зоне Хилокского разлома в 19 точках получено 19 решений методом спецкартирования, а также определено 12 локальных стресс-тензоров по данным изучения штриховок на зеркалах скольжения. Выявлено три парагенеза субрегионального уровня (сброс ВСВ простирания, правый сдвиг СВ простирания и субширотный левый сдвиг), которые объединены в структурный парагенез «ССЗ-ЮЮВ растяжения».

В последней рассмотренной в работе Чикой-Ингодинской разломной зоне получено 26 решений по 16 точкам наблюдения. Кроме того, привлечены геолого-структурные данные В.А. Санькова и А.В. Парфеевца по Залушанскому угольному месторождению. Для Чикой-Ингодинской разломной зоны устанавливается три обстановки, среди которых преобладает сбросовый парагенез.

Глава 3 представляется нам наиболее интересной и наполненной фактическими данными о напряженно-деформированном состоянии земной коры исследованного региона.

В главе 4 (стр. 113-131) рассмотрена иерархия и возраст тектонических напряжений в разломных зонах Прибайкалья и Западного Забайкалья. При анализе соотношения сбросов, сдвигов и взбросов в разломных зонах на локальном уровне устанавливается преобладание сбросовой кинематики (41%) и значительное количество правых сдвигов (30%). На наш взгляд эту статистику следовало бы дополнить представлением полученных кинематических систем на общих диаграммах с их пространственной

ориентацией (простираание или падение, угол погружения), что значительно облегчало бы понимание полученных диссертантом сведений о разрывных системах региона.

В главе также делается вывод, что на разновозрастные обстановки регионального растяжения приходится наибольшее количество разнотипных локальных решений. Проводится корреляция выявленных тектонических полей напряжений регионального уровня с основными этапами формирования тектонических структур региона.

В разделе «**Заключение**» приводятся общие результаты по реконструкции в 104 точках наблюдения 140 локальных решений (стресс-тензоров). Подводится итог выделения в семи разломных зонах трех иерархических уровней (локального, субрегионального и регионального), а также их связи с отдельными этапами структурообразования.

Замечания

В работе отсутствует раздел с кратким описанием основных направлений в реконструкции тектонических напряжений. Это обедняет работу и показывает определенную узость подходов к проблеме восстановления тектонических напряжений из данных разрывах и трещинах. Нет ни одной ссылки на работы выдающегося советского тектонофизика О.И. Гущенко – создателя первого метода реконструкции напряжений по данным о зеркалах скольжения (практически одновременно с Ж. Анжелье во Франции). Не представлены развиваемые в СССР и России методы Л.А. Сим, В.Д. Парфенова, Л.М. Расцветаева, Ю.Л. Ребецкого.

При реконструкции напряжений используется методика реконструкции напряжений К.Ж.Семинского – метод спецкартирования (МСК) [2015], основанный на создании шаблонов структур разрушения, выделенных в зонах горизонтального сдвигания в природных объектах (см. например, Ханкок, 1985). При интерпретации этих структур в МСК выдвигается гипотеза об особом виде изменения напряженного состояния в зонах разломов, связанным со сбросом напряжений (релаксация напряжений) на вновь возникающих разрывах. Считается, что ориентация главных осей напряжений остается неизменной, но при этом изменение величин главных напряжений приводит к их переиндексации и в этих новых условиях образуются новые типы сопряженных разрывов. Здесь следует отметить, что гипотеза о формировании разрывов на стадии релаксации требует наличия анизотропии прочности (т.е. активизации ранее существующих разрывов).

Согласно главным положениям МСК важную роль в возможности его реализации должна играть форма эллипсоида искомого тензора напряжений (значение коэффициента Лодэ-Надаи). Это связано с тем, что его отличие от чистого сдвига определяют возможность возникновения переиндексации главных напряжений. При чистом сдвиге на стадии релаксации напряжений (после смещений по разрывам сопряженной пары) не может произойти переиндексация главных напряжений. Отличие коэффициента Лодэ-Надаи от нуля (его знак) диктует, в какой последовательности будут реализовываться вторичные разрывы (сбросы затем взбросы или наоборот). Удивляет то, что об этом параметре тензора напряжений, характеризующим форму его эллипсоида, в работе не упоминается.

Также в работе не приведено ни одного примера (фотографии), подтверждающего наличие для вторичных систем разрывов смещений, характеризующих их как сбросы или взбросы, а также примеры взаимных их пересечений, которые бы позволили понять их последовательность возникновения в зонах разломов, а, следовательно, оценить значение коэффициента Лодэ-Надаи. Как известно эволюция значений этого коэффициента играет большую роль в объяснении этапности формирования рудных месторождений (Сим, 1987) и прогнозе сейсмической активности (Гущенко, 1982, 1996).

Еще одно замечание относится ко второму защищаемому положению. Практический опыт работы по реконструкции напряжений из зеркал скольжения в разных регионах Евразии практически везде показывает меньшую представительность определений напряжений более древних этапов (исключения уникальны). В этой связи подобный тип защищаемого положения был бы существенно более весом, если бы в исследуемом регионе наблюдался бы обратный эффект.

Вызывает некоторое удивление отсутствие в работе описания и информации о минеральном выполнении трещин, зеркал скольжения и отрывов, которые часто несут необходимую информацию об условиях формирования этих геологических стресс-индикаторов, а также в ряде случаев подсказывают нам относительные хронологические взаимоотношения парагенезов разрывных структур.

В диссертационной работе И.К. Декабрева практически повсеместно используются слова-жаргоны, которые мы обычно употребляем в общении на семинарах, сокращая и выбрасывая часть слов. При написании статьи это приводит к некорректному использованию тектонофизических терминов. Поскольку они массово распределены по всей работе здесь мы коротко дадим правила их корректного употребления и примеры употребления в работе.

Тензор напряжений характеризуется направлением действия трех главных напряжений. Напряжения, данные о которых получают в полевых наблюдениях, характеризуют среднее напряженное состояние в масштабе от десятков метров до сотен метров, а иногда километров. На таком масштабе все они, как правило, сжимающие. Когда говорят об одном из главных напряжений как о растягивающем, то имеют ввиду девиаторную часть главного напряжения наименьшего сжатия, т.е. его величину за минусом всестороннего давления.

В работе постоянно употребляется термин «растягивающие напряжения». Автору необходимо было бы при первом употреблении этого термина написать «главное напряжение наименьшего сжатия», а в скобках указать, что далее мы его будем называть главным растяжением, имея в виду девиаторную компоненту тензора.

Другой пример сокращений. Термин «сжатие» употребляется в тектонофизике в четырех главных случаях:

1. Направление оси главного сжимающего напряжения или главного сжатия;
2. Направление наибольшего горизонтального сжатия;
3. Геодинамический режим (обстановка) горизонтального сжатия – ось главного напряжения наименьшего сжатия субвертикальна, а два других главных напряжения субгоризонтальны;
4. Тип тензора напряжения или форма эллипсоида напряжения одноосного сжатия.

Все это можно сказать и о термине «растяжение».

Что мы имеем в тексте диссертации: На стр. 78 написано «...широко распространены стресс-тензоры растяжения.» О чем здесь идет речь: о геодинамической обстановке горизонтального растяжения (удлинения) или о типе тензора напряжений – одноосное растяжение, непонятно? Обычно, когда говорят о параметрах тензора напряжений имеют в виду форму его эллипсоида. Правильно написать – распространены обстановки горизонтального растяжения.

Автор практически везде при употреблении термина «сжатие» или «растяжение» опускает слова, определяющие, о каком напряжении сжатия идет речь. В работе И.К. Декабрева это практически всегда либо напряжение наибольшего, либо наименьшего горизонтального сжатия (девиаторного растяжения). При этом все равно необходимо писать эти термины полностью.

На стр. 105 написано “оси тектонических напряжений”. Правильно писать «оси главных тектонических напряжений».

На стр. 111 написано «меридиональной осью сжатия». Надо писать «субмеридиональное направление наибольшего сжатия или главного сжатия»

В работе много опечаток, связанных со списком литературы. Так на стр. 19 дается ссылка на работу (Ребецкий, 2019), на самом деле это (Ребецкий, Сим, Маринин, 2019). На стр. 20 ссылка (Ребецкий и др., 2022), на самом деле это (Ребецкий и др., 2023). Ссылки на работы В.И. Сизых и Сим.Л.А в списке литературы стоят не по алфавиту.

Количество указанных определений напряженно-деформированного состояния в тексте работы в некоторых случаях не совпадает с приведенными определениями в приложении 1. В этом приложении отсутствует информация о количестве точек наблюдения, в которых были получены данные определения.

В качестве замечания также следует указать, что в разделе 3.2 приведенные определения локальных напряженных состояний (стресс-тензоров) на рис. 35 (по данным Дельво и Спенсера, 2004; Семинского, 2014) и на рис. 36 (по данным диссертанта), довольно сложно сопоставить, так как не проведена необходимая обработка и обобщение этих определений, полученных тремя разными группами исследователей, по ориентировке и типу напряженного состояния.

Из подрисуночной подписи к рисунку 26, самого рисунка и его описания на стр.73 следует последовательность в нумерации главных осей напряжений от минимальных сжимающих напряжений (σ_1) к максимальным сжимающим напряжениям (σ_3), а на рисунке 30 нумерация главных осей уже обратная.

К замечаниям следует отнести также отсутствие попытки сопоставления выделенных этапов и обстановок с закономерностями расположения месторождений полезных ископаемых. В работе говорится о возможности применения полученных результатов для структурного контроля оруденения и оценки устойчивости горных выработок, однако на наш взгляд эти возможности следовало бы осветить более широко.

Общее заключение по работе

Несмотря на высказанные замечания, диссертационная работа Декабрёва Ильи Константиновича имеет важное научное и практическое значение, как для региональных исследований, так и для развития полевых тектонофизических методов. Полученные в работе результаты, несомненно, имеют важное практическое значение и

могут быть использованы при решении задач структурно-тектонического районирования и постановке прогнозно-поисковых работ.

В целом, диссертационная работа Декабрёва Ильи Константиновича является завершённым исследованием, оформленным в соответствии с требованием ВАК и выполненным на высоком научном уровне. Приведенные в работе результаты следует определить как новые, обоснованные и имеющие практическое и научное значение. Диссертация написана грамотно, аккуратно оформлена и проиллюстрирована качественным графическим материалом. В автореферате диссертации в достаточной для понимания форме изложено содержание всех глав диссертации. Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а её автор заслуживает присуждения ему степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.1 – Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика.

Авторы отзыва согласны на обработку персональных данных.

Отзыв составили:

Доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник
лаборатория фундаментальных и прикладных проблем
тектонофизики (204) ИФЗ РАН



Ю.Л.Ребецкий

Кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник
заведующий лабораторией фундаментальных и прикладных проблем
тектонофизики (204) ИФЗ РАН



А.В.Маринин

Диссертационная работа и отзыв обсуждены 26.11.2025 на семинаре лаборатории №204 ИФЗ РАН (Протокол №2), на котором была представлена диссертация. Отзыв одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии Наук (сокращенное название – ИФЗ РАН),
Адрес: Российская Федерация. 123242 г. Москва, ул. Большая Грузинская, 10 строение 1.

Подписи д.ф.-м.н., г.н.с. лаб. 204 ИФЗ РАН Ребецкого Ю.Л. и к.геол.-мин.н., в.н.с.,
зав. лаб. 204 ИФЗ РАН Маринина А.В. заверяю.

Ученый секретарь ИФЗ РАН



Д.В. Лиходеев