

**СТЕНОГРАФИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ**  
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова  
Геологический факультет

**ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 501.001.39**

26 февраля 2016 г.

Повестка дня:

**Защита диссертации на соискание ученой степени**

**кандидата геолого-минералогических наук**

**БУРЗУНОВОЙ ЮЛИИ ПЕТРОВНЫ**

на тему

**«Сложные сети трещин в разломных зонах земной коры  
(тектонофизический анализ)»**

**Специальность: 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика**

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук Семинский Константин Жанович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры СО РАН (г. Иркутск), зав. лабораторией тектонофизики

Официальные оппоненты:

1. Доктор геолого-минералогических наук Копп Михаил Львович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический Институт РАН (г. Москва), главный научный сотрудник;
2. Доктор геолого-минералогических наук Корженков Андрей Михайлович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (г. Москва), заведующий лабораторией

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (г. Иркутск), Институт недропользования

Москва 2016

## **Заседание диссертационного совета**

**Д 501.001.39**

**26 февраля 2016 года**

Зам. председателя диссертационного совета – доктор геолого-минералогических наук, профессор Никишин Анатолий Михайлович.

Ученый секретарь диссертационного совета – доктор геолого-минералогических наук Захаров Владимир Сергеевич.

Диссертационный совет Д 501.001.39 при Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова утвержден в количестве 21 человек. Присутствовали на заседании 16 членов совета, из них докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации - 7 человек:

- 1) Доктор геол.-мин. наук Барабошкин Евгений Юрьевич, 25.00.01;
- 2) Доктор геол.-мин. наук Божко Николай Андреевич, 25.00.03;
- 3) Доктор геол.-мин. наук Бычков Андрей Юрьевич, 25.00.01;
- 4) Доктор геол.-мин. наук Гаврилов Юрий Олегович, , 25.00.01;
- 5) Доктор геол.-мин. наук Дубинин Евгений Павлович, 25.00.03;
- 6) Доктор геол.-мин. наук Захаров Владимир Сергеевич, 25.00.03;
- 7) Доктор геол.-мин. наук Копаевич Людмила Федоровна, 25.00.01;
- 8) Доктор геол.-мин. наук Костюченко Сергей Леонидович, 25.00.03;
- 9) Доктор геол.-мин. наук Морозов Юрий Алексеевич, 25.00.03;
- 10) Доктор геол.-мин. наук Никишин Анатолий Михайлович, 25.00.03;
- 11) Доктор геол.-мин. наук Рогожин Евгений Александрович, 25.00.03;
- 12) Доктор геол.-мин. наук Ростовцева Юлиана Валерьевна, 25.00.01;
- 13) Доктор геол.-мин. наук Сомин Марк Львович, 25.00.01;
- 14) Доктор геол.-мин. наук Тевелев Александр Вениаминович, 25.00.01;
- 15) Доктор геол.-мин. наук Чехович Петр Андреевич, 25.00.01;
- 16) Доктор геол.-мин. наук Япаскурт Олег Васильевич, 25.00.01.

НИКИШИН А.М.:

Сегодня у нас в программе работы – защита диссертации: Бурзунова Юлия Петровна, гражданка Российской Федерации, диссертация называется – «Сложные сети трещин в разломных зонах земной коры (результаты тектонофизического анализа)», по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика». И у нас оппоненты официальные: Копп Михаил Львович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник из Геологического института РАН, и Корженков Андрей Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, Институт физики Земли РАН. Ведущая организация Иркутский национальный исследовательский технический университет, город Иркутск. Диссертация выполнена в Институте земной коры Сибирского отделения Академии наук. Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук Семинский Константин Жанович, зав. лабораторией тектонофизики Института земной коры СО РАН. Теперь я предоставляю слово ученому секретарю.

ЗАХАРОВ В.С.:

Я кратко сообщу, что в личном деле Юлии Петровны Бурзуновой присутствуют все необходимые документы, все заявления, справки и так далее, выписки, поэтому с этим все в порядке.

НИКИШИН А.М.:

Вопросы есть? Вопросов нет. Спасибо. Далее председатель дает слово соискателю для доклада основных положений диссертации. Пожалуйста.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Добрый день, уважаемые коллеги! Тема моего доклада – сложные сети трещин в разломных зонах земной коры, результаты тектонофизического анализа. Изучение трещин широко применяется при исследовании разломного строения верхней части земной коры. Тектонофизический подход определяет разлом не только как слой тектонитов сместителя, но и как гораздо больший объем горных пород – разломную зону, в которой развиты пластические и разрывные деформации, генетически связанные с формированием самого разлома. В том числе и разрывы самого мелкого масштабного ранга – трещины. Сложные сети трещин в разломных зонах земной коры называют хаотическими. Они формируются в процессе последовательного наложения друг на друга более простых трещинных сетей при смене напряженного состояния во времени. Интерпретация таких сложных сетей трещин дает возможность понять особенности внутренней структуры разломной зоны, ее морфогенезис и этапность формирования. Сведения о разломах используются при геодинамических реконструкциях, а также имеют практическое значение в связи с

контролем разломами рудных месторождений и очагов землетрясений. Цель работы – установить закономерности строения сложных сетей тектонических трещин, а также отработать и дополнить методику их структурно-парагенетического анализа, как одного из эффективных способов картирования границ и особенностей внутренней структуры разломных зон. Были поставлены следующие задачи. Первое – это провести анализ сложности трещинных сетей. Второе – это определить характер изменчивости сложности в разных условиях. Третье – это изучить сети трещин в разломных зонах известного типа. И четвертое – применить структурно-парагенетический метод для конкретного участка в Прибайкалье. Объектами исследования являлись разломные зоны в тектонически активных участках земной коры. Это – Прибайкалье, Саяны, Средняя Азия, Индокитай. А предметом исследования являются сложные трещинные сети, которые характеризуются множеством ориентировок трещин. Фактическим материалом являются массовые замеры трещин, а методом исследования – новый структурно-парагенетический подход на основе сравнения природных и эталонных трещинных сетей. Представления о структурных парагенезах и структурно-парагенетические методы изучали М.В.Гзовский, В.В.Белоусов, А.В.Лукьянов, П.Н.Николаев, Л.М.Расцветаев, С.И.Шерман, В.Н.Данилович, М.Л.Копп, М.А.Гончаров, О.Б.Гинтов, Л.А.Сим, К.Ж.Семинский и другие. В данном случае также исследуются структурные парагенезисы. Все три защищаемых положения связаны с анализом и строением трещинных сетей. В первом положении обсуждается анализ степени сложности, во втором – строение трещинных сетей в отношении углов между сопряженными сколами и второстепенных разрывов, а в третьем – разломно-трещинная структура участка «Тажеран».

Основой для исследования является геометрическая классификация трещинных сетей Чернышева, из которой мы взяли только два типа сетей – это системная и хаотическая, причем хаотическая сеть состоит из более простых системных. Для того чтобы сравнивать сети трещин по степени сложности, необходим был какой-то количественный показатель. Чтобы его найти, была создана база данных из 650 сетей трещин, и для каждой из сетей был рассчитан целый ряд параметров, которые отражают именно разноориентированность трещин в сети. Наиболее хорошо по определению отражает сложность сетей информационная энтропия трещиноватости, что подтвердилось при визуальном анализе диаграмм. Также наиболее корреляционно близкими к этому параметру явились параметры  $I_{ср}$  – средняя интенсивность максимума на диаграмме и  $I_{макс}$  – интенсивность наиболее крупного максимума. Все графики, здесь они отсортированы по значению энтропии, разделились на три участка. На первом из них наблюдаются хаотические сети, на третьем – системные, и второй – это такой переходный

интервал, где наблюдаются и те, и другие сети. Для практического применения был выбран параметр  $I_{cr}$ , поскольку он зависит от количества систем и от их плотности и не учитывает слабые максимумы, ограниченные одной изолинией, как например энтропия. Также он позволяет использовать замеры с разным количеством трещин. Здесь показано, как данный параметр отражает сложность сетей, чем больше цифра, величина, тем более простая сеть, чем меньше цифра, тем, соответственно сеть более сложная. Данный параметр был использован для того, чтобы исследовать сложность сетей на участках, на юге Сибирской платформы и части Байкальского рифта по профилям. Выяснилось, что независимо от вариаций по профилям, усредненный тренд показывает, что по направлению от платформы к рифту трещинные сети усложняются, и по направлению от краевой части рифта к осевой. То есть, сети сложнее на участках с большей тектонической активностью. Также данный параметр – степень сложности был изучен вместе с известным параметром – плотностью трещин. Выяснилось, что вблизи разломных зон наблюдаются более густые и более сложные трещинные сети. Однако, корреляция между этими двумя параметрами слабая, так как они отражают разные характеристики трещинных сетей. Плотность трещин обозначает интенсивность деформаций, а сложность сетей определяет количество полей напряжений и многоэтапность геологического развития. Также в процессе исследования выявилась такая тенденция, что в висячих крыльях разломов наблюдаются не только более густые сети – большая плотность, что было известно и ранее, но и более сложные сети трещин. Результаты позволили сформулировать первое защищаемое положение. Трещинные сети в горных породах тектонически активных регионов по сложности строения делятся на две большие группы – хаотические и системные, причем первые существенно преобладают по распространенности, а степень их сложности повышается в районах с многоэтапной историей перемещений по разломам. Достоверной оценкой степени сложности разрывной сети является средняя интенсивность максимума на диаграмме трещиноватости,  $I_{cr}$ , которая у хаотической сети не превышает 5% при количестве замеров близком к ста.

Дальнейшие исследования проходили с помощью нового подхода к структурно-парагенетическому анализу. Данный подход использует не только известные закономерности разрывообразования на уровне разломов, но и тройственный парагенез из трех примерно перпендикулярных систем трещин, который часто встречается в зонах разломов. Анализ проходит с помощью эталонных идеализированных трещинных сетей, с которыми сравниваются природные сети трещин. Анализ проходит следующим образом. На первом этапе у нас происходит реконструкция локального поля напряжений и локальной зоны скалывания. На диаграмму природной трещинной сети накладываются

различные эталоны, и при совпадении принимается решение об элементах зоны скалывания и о поле напряжений, в котором сформировалась данная трещинная сеть. А на втором этапе производится поранговый анализ, то есть реконструкция уже регионального поля напряжений. Здесь необходимы площадные исследования. С помощью данного подхода были исследованы трещинные сети в зонах разломов известного типа – сбросов, сдвигов и взбросов, которые установлены по прямым признакам. И первое, что было изучено, это параметр – величина угла между сопряженными системами трещин, который изначально равен удвоенному углу скалывания. Угол скалывания имеет широкие вариации в природе. Предыдущие исследования показали, что наблюдается зависимость от динамической обстановки формирования угла, величины угла. Поэтому данная зависимость была изучена более детально с большим количеством точек. И результаты показали, что наибольший интервал разброса значений получился в зонах сжатия, а наименьший в зонах растяжения. И в среднем углы повышаются в ряду обстановок – растяжение, сдвиг и сжатие. Данные особенности необходимо учитывать при структурно-парагенетическом анализе. Эталонные трещинные сети были скорректированы согласно полученным углам. Проверка новых эталонов на одном из участков в Западном Прибайкалье показало более точное совпадение с природными диаграммами. Также была подсчитана частота встречаемости разрывов второго порядка в разломных зонах. Выяснилось, что в зонах взброса и сдвига встречаются разрывы t- и n-серий, а в зонах сброса – разрывы R-серии. Это подтвердилось при изучении зоны сжатия, когда две точки, в которых имелся соответствующий набор второстепенных разрывов, потом на геологической карте мы посмотрели, эти точки оказались вблизи зон тектонитов. Второе защищаемое положение. Сети трещин вблизи сместителей сбросов, сдвигов и взбросов (надвигов) отличаются величиной угла между системами сопряженных сколов, а также их наборами, образующимися в зонах разломов под действием второстепенных полей напряжений. Корректировка углов между сколами в эталонных парагенезисах трещин, используемых в ходе структурно-парагенетического анализа, повышает достоверность выявления разломных зон при их картировании.

Далее, одной из задач в работе стояла – исследовать участок в Прибайкалье, был выбран участок Тажеранского массива в центральном Прибайкалье. И здесь впервые был применен структурно-парагенетический метод в полном объеме, в два этапа при детальных площадных исследованиях. На данный район имеется подробная геологическая карта. Здесь мы можем посмотреть характер обнаженности коренных пород Тажеранского массива, по береговой части, конечно, лучше. Здесь схема точек наблюдения. Всего было сделано сто восемь массовых замеров. Вначале была изучена степень сложности

трещинных сетей. Здесь синим цветом показаны системные сети, а черными точками – хаотические сети. И выяснилось, что в породах с развитыми линейно ориентированными неоднородностями в целом трещинные сети менее сложные, то есть более простые. А в породах массивных с множеством геологических мелких неправильной формы тел получились более сложные сети. Далее был проведен структурно-геологический анализ трещинных сетей на участке. На первом этапе были получены локальные поля напряжений и зоны скалывания. Всего было получено триста восемь решений. И затем проходил поранговый анализ, то есть переход от трещинных парагенезисов к разломным. Эти триста восемь локальных решений принимались нами за структуры второго порядка, чтобы определить структуры первого порядка для них. Таким образом, были получены девятнадцать групп однотипных решений уже третьего регионального уровня. Затем таким же образом происходит переход к решениям второго регионального уровня, но на данном этапе каждая группа оценивалась еще и по ряду параметров относительного возраста и ранга. В итоге у нас получилось пять групп решений. Это поля напряжения сжатия, сдвига и растяжения. Причем по оценкам относительного возраста самыми древними оказались поля сжатия, а самым молодым – поле растяжения. Также поле сжатия северо-запад – юго-восток и поле растяжения в том же направлении могут претендовать на принадлежность к более низкому уровню, поскольку они представлены наибольшим количеством решений, превышающих остальные почти в два раза. Выделенные типы и относительный возраст полей напряжений не противоречат известным из литературы данным об этапности формирования структуры данного региона. Также результаты позволили составить схему поэтапного формирования сети разломных зон в районе Тажеранского массива. На пятой схеме – итоговая результирующая карта разломных зон. Третье защищаемое положение. Разломная структура участка «Тажеран» в Приольхонье, согласно данным структурно-парагенетического анализа сложных сетей трещин, сформировалась под воздействием пяти региональных полей тектонических напряжений разного возраста, наиболее интенсивными из которых были палеозойское северо-запад – юго-восточное сжатие и позднекайнозойское растяжение в том же направлении.

В заключении можно сказать, что проведен анализ строения сложных трещинных сетей в тектонически активных регионах. Первая группа выводов говорит о параметре степени сложности, вторая группа выводов касается изменчивости данного параметра при разных условиях. Третья группа выводов касается угла между сопряженными системами и второстепенных разрывов. И последние выводы – по участку «Тажеран», о региональных полях напряжений. Результаты работы докладывались на всероссийских конференциях и

совещаниях, имеются опубликованные работы в изданиях из списка ВАК. Спасибо большое за внимание!

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Вы согласны на то, чтобы вам вопросы по одному задавали?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Конечно. Так удобнее.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Вопросы, пожалуйста. Пожалуйста.

ЗАХАРОВ В.С.:

Что такое – информационная энтропия трещиноватости? Не было определения.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Информационная энтропия трещиноватости – это мера неопределенности информации. Сейчас я покажу. То есть, информацией могут служить также и линейные объекты. Информационная энтропия вначале использовалась как показатель распределения разломов на какой-то площади, а в нашем случае мы использовали ее как объемную характеристику. То есть стереограмма – диаграмма делится на сто интервалов и рассчитывается вероятность попадания в каждый интервал. Затем по формуле Шеннона рассчитывается энтропия трещиноватости. Она показывает разноразноориентированность трещин. То есть – именно сложность сетей, которая нам была нужна. Вот здесь показаны крайние случаи. Если все точки попадают в одну ячейку, то энтропия равна нулю, но в природе такого конечно не бывает. Если все трещины попали в каждую ячейку, то это максимальная энтропия. А по нашей базе данных у нас получается, минимальная была два с половиной, а максимальная – четыре целых, ноль одна сотая.

НИКИШИН А.М.:

Вы вопросом удовлетворены?

ЗАХАРОВ В.С.:

Да, удовлетворен. А можно еще?

НИКИШИН А.М.:

Пожалуйста.

ЗАХАРОВ В.С.:

Там график был вначале, где выделялись уровни хаотической, регулярной и переходной зоны. Да вот этот. На чем основано выделение этих уровней? Ниже этого системные, выше там хаотическая, посередине – переходная.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Мы смотрели график, начальную его часть можно аппроксимировать как прямую, и там, где график уходил от этой прямой, мы поставили первую границу. То есть где радиус кривизны был меньше, там, где график больше изгибался, там мы поставили границы. Надо сказать, что в природе границы достаточно условны, поэтому здесь особой точности нет.

ЗАХАРОВ В.С.:

Нет, меня интересовала методика, вы считали именно кривизну, или это так сказать на глаз определялось?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Можно сказать, что да.

НИКИШИН А.М.:

Удовлетворены?

ЗАХАРОВ В.С.:

Удовлетворен. Спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо большое. Еще вопросы, пожалуйста. Пожалуйста, Юрий Морозов.

МОРОЗОВ Ю.А.:

Морозов, Институт физики Земли. Скажите, пожалуйста, а все-таки практически в поле как вы отличали трещины, которые оказывались палеозойскими от трещин мезокайнозойского этапа?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Трещины разного возраста в поле мы практически не отличали. Так как эти древние трещины формировались на больших глубинах, и в скрытом состоянии они достаточно хорошо сохранились. И по работам предшественников, по работе Дельво, в частности, было установлено, что самая древняя трещиноватость в данном районе – это ранний палеозой. Мы пользовались этими данными. А в поле мы так не определяли.

МОРОЗОВ Ю.А.:

А в палеозое, ведь там же процессы метаморфизма шли, трещины должны быть как то минерализованы, есть какое-то различие?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

У нас трещины выглядели одинаково.

МОРОЗОВ Ю.А.:

Не минерализованы никак?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Очень редко встречалась тонкая минерализация, мы ее учитывали, отмечали что она есть.

МОРОЗОВ Ю.А.:

Но в систему не включали, собственно, в статистическую свою, да?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Если у нас, допустим, разные этапы получались на одной диаграмме, то мы этот параметр учитывали.

МОРОЗОВ Ю.А.:

Понятно, спасибо. Я удовлетворен. У меня еще один вопрос. Вы рассматривали ситуации простых типов геомеханической обстановки сброса, взброса и так далее. А вот учитывали ли вы возможности оценки систем трещин комбинированных типов нагружения, типа транспрессии транстенсии или транслатерации, вот такие более сложные системы нагружения?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Здесь в основном мы изучали более чистые обстановки, и в поле у нас встречались парагенезы, которые мы изучали, они в основном принадлежали чистым типам. Конечно, какие-то вариации были у них в ориентировках.

МОРОЗОВ Ю.А.:

Спасибо. Я удовлетворен.

НИКИШИН А.М.:

Удовлетворены?

МОРОЗОВ Ю.А.:

Да.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Пожалуйста. Микрофон. Можно не представляться, тут написано.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Можно не представляться, хорошо. А скажите, пожалуйста, вы изучали трещины в разломных зонах, а что у вас раньше образовалось – трещины или разломы, межблоковые, блоковые или регионального характера?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

По результатам исследования стадийности формирования разломной зоны вначале формируются более мелкие структуры второго порядка, или еще мельче, а уже затем на последней стадии формирования формируется единый сместитель.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

То есть, вот весь набор трещин, который сконцентрирован в зоне разлома, он сформировался до разлома или часть его?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Нет, есть еще и опережающие трещины. Есть трещины опережающие – до формирования разломного сместителя, они формируются в более широкой зоне и распространены более равномерно по этой зоне, а затем, после формирования сместителя – опережающие трещины, они расположены более локально. Мы использовали именно опережающие трещины.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Это я веду, так сказать, ко второму вопросу. А вы сравнивали трещины в зоне разлома и в монолите окружающем, чтобы исключить этот ряд трещин?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Конечно, сравнивали. Существует даже определенная зональность вкrest простирания разломной зоны. Вблизи разлома более сложные сети, поскольку там происходила переиндексация осей напряжений, а дальше от разлома, если не выходить из зоны его влияния, – более простые парагенезисы, но генетически они связаны с этим разломом, у них даже ориентировка закономерная.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Хорошо, спасибо, еще. Я удовлетворен и первым и вторым, хорошие ответы. Такое колоссальное количество трещин вы изучали, а элементы сдвига по трещинам вы не отмечали, не наблюдали?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Элементы смещения по трещинам?

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Да, смещения именно по трещинам.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Иногда были, но достаточно редко. В основном были, судя по «Тажерану», в береговой части, где большие подвижки происходили, а так – редко. Редко, но встречались, мы их учитывали.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

И последний корреспондирующий вопрос. А у вас трещины обновлялись с каждым этапом тектонического какого-то режима, да? Появляются S-образные трещины или рост трещин во времени, вы выделяете разновозрастные системы, а просто рост одной системы трещин во времени и изменение ее ориентировки?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Если ориентировка более древней трещины совпадает с плоскостью скалывания новых полей напряжений, то она активизируется, конечно, в этом поле, если не совпадает, то формируются новые системы.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Новые системы. У вас достаточно близкие поля напряжений были показаны, то субмеридиональные, потом – по направлению северо-запад – юго-восток.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Да, действительно, у нас на диаграммах выделяются такие системы трещин, которые участвуют в двух, например, решениях, если они совпадают по ориентировке, они обновляются, действительно.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Преобладают обновленные или все-таки новые системы?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Если у нас поля напряжений как в Прибайкалье, сначала было сжатие, а потом в том же направлении растяжение, то здесь эти, по крайней мере, главные системы трещин, насчет преобладания.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Хорошо, спасибо.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Если много второстепенных, то они не преобладают.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Я понял.

НИКИШИН А.М.:

Вы не только поняли, но и получили удовлетворение?

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Понял, получил удовлетворение, спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Еще вопросы есть? Да, пожалуйста, Евгений Дубинин сейчас.

ДУБИНИН Е.П.:

Хорошо, скажите, пожалуйста, что вы понимаете под эталонными трещинными сетями?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Эталонные трещинная сеть – это идеализированная трещинная сеть, которая составлена с учетом многих известных закономерностей разломообразования, с учетом

данных по моделированию, и натурных наблюдений и теоретических разработок. Эта сеть состоит из разломного сместителя, из разломов второго порядка и трещинных сетей, которые соответствуют каждому из этих разломов. Причем все практически разрывы относятся к опережающим. То есть это такой идеализированный вариант, полный набор опережающих разрывов.

ДУБИНИН Е.П.:

Спасибо. У вас в основном трещиноватость зависит от приложенных полей напряжений, которые могут меняться во времени, так?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Да.

ДУБИНИН Е.П.:

Влияет ли на распределение трещиноватости и параметров гетерогенность или анизотропия горных массивов, а также свойства горных пород.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Анизотропия в горных породах. Здесь большое значение имеет интенсивность тектонических напряжений. Анизотропия, может быть, влияет, но как-то локально и не всегда, так как у нас имеется широкое развитие трещин, которые даже под очень острым углом секут, например, слоистость.

ДУБИНИН Е.П.:

Ну, вы исследуете параметры трещин, вот именно на параметры трещиноватости влияет ли анизотропия.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

На параметры трещиноватости.

ДУБИНИН Е.П.:

Или все зависит только от интенсивности приложенных напряжений.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

В каких-то случаях влияет.

ДУБИНИН Е.П.:

А вы рассматривали эти случаи?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Вот как раз степень сложности. То есть, если много линейных неоднородностей, сети более простые, меньше полей напряжений.

ДУБИНИН Е.П.:

Хорошо, спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Вы удовлетворены?

ДУБЕНИН Е.П.:

Да.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Марк Львович, пожалуйста.

СОМИН М.Л.:

Юлия Петровна, а у меня как бы продолжение тех вопросов, которые задавал доктор Дубинин. А вы же многие трещины измеряли, изучали в пределах сиенитового массива, правильно я понял, да? Тажеранский массив?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Это вот последний участок.

СОМИН М.Л.:

Тем не менее, это ведь одна среда, а вокруг метаморфические породы палеозойские, да? А в чем принципиальное отличие этих двух сред? Оно есть или это все равно?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Отличие проявилось, в метаморфических породах было не так много точек, как здесь, но все-таки они были. И отличие как раз проявилось именно в сложности сетей. И там, и там встречались системные и хаотические сети, но системных в метаморфических породах было больше, поскольку там интенсивно развита слоистость, там вертикальные сдвиги синметаморфические, вот это все повлияло.

СОМИН М.Л.:

Да, но, надеюсь, вы учитывали, что метаморфические породы имеют, в общем-то, одну историю, структурное становление, да? Совершенно иную, чем у магматических пород.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Возраст у них примерно близкий.

СОМИН М.Л.:

Возраст, да, а история у них разная жизни. Там – деформации, погружение, метаморфизм, а здесь – только внедрение, застывание и так далее. Это должно было сказываться как-то?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Поскольку у них очень близкий возраст, то они и застывали тоже примерно в одно и то же время, то есть условия у них были почти одинаковые, но эти как раз неоднородности сыграли свою роль в формировании трещинных сетей.

СОМИН М.Л.:

Ну, хорошо, спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Вы удовлетворены? Полностью?

СОМИН М.Л.:

В определенной мере.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Еще вопросы есть? Александр Вениаминович, пожалуйста.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Юлия Петровна, у меня есть несколько вопросов. Правильно ли я понял, что напряжения растяжения, сжатия у вас получаются горизонтальными, главным образом?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Если рассматривать.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Средняя ось практически всегда у вас направлена вертикально, если я правильно понял, сигма два.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Если мы рассматриваем зоны разломов установленного типа, немножко я не поняла вопрос.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Вот картиночку, если можно, близкую к финалу, там, где у вас сжатие, напряжение, пять типов. Вот эту, да. Насколько я понимаю, черные стрелки – это сжатие, пустые – растяжение, кружочки – это среднее напряжение, да?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Нет, здесь кружочки – это ось растяжения, здесь средняя ось не показана.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Средняя. А, не показана.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

То есть, черное – это сжатие, а не закрашенное – это растяжение.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

По разговору не успеваешь, не очень понятно. Теперь, скажите, пожалуйста, меня заинтересовали углы между сопряженными трещинами. Я что-то не очень понял, вот они изменяются в широких пределах. Относительно какого напряжения вы измеряли их, относительно растяжения или относительно сжатия? Понятно, что они будут отличаться. Вот картиночка у вас, пятнадцатая. Относительно сжатия, да?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Величина угла между сопряженными системами измеряется при оси сжатия.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

И у вас получается некоторые углы при сжатии больше 90 градусов?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Получается так, да.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Вот картиночка из Расцветаева приведена здесь, это модель Андерсона, собственно говоря, которую он показывает. Эти углы должны быть меньше 90 градусов. Как вы объясняете вообще отличия этой модели от реального состояния, от чего это зависит?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Если мы проводим эксперименты при нормальных условиях, то чаще всего получается более острый угол, и здесь очень многое будет зависеть от типа породы. А если мы применяем всестороннее сжатие, и в этом случае у нас идет скалывание, то углы будут больше, но опять же они не будут превышать 45 градусов. Но у нас в зонах разломов на глубинных уровнях присутствует дополнительно какая-то пластическая составляющая, которая потом пассивно разворачивает эти системы, и у нас углы получаются даже больше 90 градусов.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

То есть это финальные углы уже после разворота.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Да, конечно.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Потому что первичные должны быть все равно острые. А вы смотрели, в какой степени это зависит, ни одного слова не было, от угла внутреннего трения в каждой породе?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

От типов пород.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Да.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Дело в том, что на глубинных уровнях, на которых сформированы изученные нами трещинные сети, действует всестороннее сжатие. А по экспериментам Гзовского, он проводил эксперименты со сжатием, в разных породах получались одинаково большие

углы, до 45 градусов. То есть, если давление большое, то породы начинают меньше влиять на этот угол.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Понятно. Теперь тогда, из этого следует еще один вопрос. А как вы тогда определяете направление сжатия и растяжения?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Данные углы были изучены в зонах разломов известного типа, то есть мы уже точно знаем, что это взброс и точно знаем, что здесь было сжатие.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Понятно. И тогда у меня еще один последний вопрос. Скажите, пожалуйста, вот вы морфологию все-таки этих трещин изучали, скажем, часто ли встречаются зеркала скольжения, минеральное заполнение, чтобы как-то отличить сколы от отрывов, или в этих условиях?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Сколы и отрывы обязательно фиксировались, сколовый тип трещин – это один из признаков тектонической трещиноватости.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Понятно. Тогда, наверное, последнее. Углы наклонов взбросов, вот вы говорили, что у вас на участке «Тажеран» взбросы, углы их наклона, углы падения взбросов?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Углы падения вообще были разные, здесь у меня не указано, 40 градусов, 50, это я грубо говорю.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

То есть, если 40, то это уже фактически надвиг, как и положено, да?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Мы не различали эти два термина, поскольку это происходило при сжатии.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

То есть, вы смотрели разрывы, которые формируются в условиях сжатия.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Надвиг - это более пологие структуры, но у нас были более крутые.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Более крутые. Спасибо. Да, я удовлетворен ответами.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Еще вопросы есть? Спасибо, вопросов нет. Садитесь, пожалуйста. Теперь у нас слово научному руководителю. Слово научного руководителя зачитает ученый секретарь.

ЗАХАРОВ В.С.:

Поскольку научный руководитель отсутствует, он предоставил отзыв, который я буду вынужден зачитать целиком (зачитывает отзыв научного руководителя диссертационной работы). Подписано – научный руководитель, зав. лабораторией тектонофизики Института земной коры Сибирского отделения РАН, Семинский Константин Жанович. (Отзыв научного руководителя прилагается в аттестационном деле соискателя).

НИКИШИН А.М.:

Теперь я должен дать слово ученому секретарю для оглашения заключения организации, где выполнялась работа, отзыв ведущей организации и другие отзывы на диссертацию. Соискатель, вы будете на все сразу отвечать?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Если можно, отдельно.

НИКИШИН А.М.:

Отдельно – ведущая, отдельно отзывы, так? Хорошо, спасибо. Так, пожалуйста.

ЗАХАРОВ В.С.:

Сначала заключение, где выполнялась работа (зачитывает заключение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук до списка публикаций). Далее следует перечень статей, я его пропущу, с вашего позволения, тут семь, не восемь, а семь перечислено в выписке, видимо за это время вышла еще одна восьмая, да? (Продолжает зачитывать отзыв). Заключение организации закончено. (Заключение организации прилагается в аттестационном деле соискателя).

Перехожу к заключению ведущей организации. Официальный отзыв (зачитывает отзыв ведущей организации - Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Институт недропользования). Подписано доктором геолого-минералогических наук, профессором кафедры прикладной геологии Института недропользования Иркутского национального исследовательского технического университета, Кочневым А.П.. Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры прикладной геологии Института недропользования Иркутского технического университета, протокол №2 от 2 февраля 2016 года. Подпись – зав. кафедрой прикладной

геологии Иркутского университета, кандидат геол.-мин. наук, профессор Верхозин И.И. Отзыв утвержден и. о. ректора Иркутского национального исследовательского технического университета, доктором физ.-мат. наук, профессором Афанасьевым А.Д. В отзыве отмечено, что рецензируемая работа отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а диссертант Ю.П. Бурзунова заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. (Отзыв ведущей организации прилагается в аттестационном деле соискателя).

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Сейчас, по просьбе соискателя, она ответит на замечания ведущей организации.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

По поводу замечаний в отзыве ведущей организации. Замечание по первому защищаемому положению. В этом положении главным является то, что разделение на системные и хаотические происходило на количественной основе, и все остальные выводы сделаны также на количественной основе. В вопросе о терминах «угол скалывания» и «угол между сопряженными системами трещин», здесь, как нам кажется, неопределенности нет, поскольку измеряется угол при оси сжатия, и разница заключается в том, что мы используем не первоначальный угол скалывания, а результирующий в процессе дальнейшей деформации. А так как мы работаем на природных объектах, мы сталкиваемся не с первоначальным углом. К вопросу об использовании параметра степени сложности. Оценка степени сложности может применяться для оценки многоэтапности развития, так как косвенно оценивает количество полей напряжений, выделение участков с повышенной сложностью, более подвижные участки, висячие крылья разломов. То есть этот параметр можно использовать наравне с известным параметром – плотностью трещин, что важно для практической геологии. Вопрос о термине «переиндексация осей напряжений», этот термин принят нами по Гзовскому, он в достаточной мере отражает свое значение, он короткий, удобный и используется многими исследователями. Вопрос о смешанных типах разломов. У чистых типов всегда есть небольшие отклонения в ориентировках, и это мы учитываем при анализе. А смешанные типы подразумевают наклонное положение всех трех осей напряжений, а такие ситуации встречаются нечасто, так как тектонические силы обычно ориентированы вертикально или горизонтально, что обусловлено гравитацией. В наших полевых исследованиях смешанные типы встречались редко, это когда у нас все три главные системы в тройке располагались под углом. Но мы их также исследовали. А что касается смешанных обстановок второго порядка в составе главной первого порядка, то такие структуры есть в эталонных парагенезисах. Замечание

о сомнении выводов по относительному возрасту трещин и полей напряжений, и о возможной более объективной шкале с учетом геологических данных, и о схеме Дельво. Вопрос возраста деформаций всегда очень сложный, особенно когда у нас есть только древние породы примерно одного возраста. Но мы не претендуем на определение абсолютно точного возраста, и, несмотря на косвенные признаки, результаты не только не противоречат существующим геодинамическим схемам, но и по большей части совпадают с ними. Мы присвоили возраст только двум полям напряжений, которые широко известны в литературе. Я согласна, что для более точных датировок необходимо, конечно, комплексировать подход с другими методами, но составление структурно-деформационной шкалы – это тема отдельного исследования. По поводу схемы Дельво, она основана на работах многих предшественников, поэтому мы опираемся на нее. А допалеозойские этапы мы не могли изучать, так как ограничены возрастом пород. Остальные замечания имеют редакционный характер, и я с ними согласна.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Сейчас я опять предоставляю слово ученому секретарю, и он зачитает отзывы на автореферат.

ЗАХАРОВ В.С.:

По положению, поскольку отрицательных отзывов нет, мы имеем возможность изложить краткое содержание только замечаний. Я думаю, никто возражать не будет. Да, я хочу отметить, что видимо, работа вызвала какой-то большой отклик в научном сообществе, потому что на работу поступило много отзывов, 28 отзывов.

ГОЛОС ИЗ ЗАЛА:

Сколько?

ЗАХАРОВ В.С.:

Двадцать восемь. Все отзывы положительные. Во всех сделан вывод о том, что работа соответствует критериям кандидатской работы и автор заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук. Теперь, двенадцать отзывов без замечаний, я перечислю кратко. От Быкова В.Г., доктора физ.-мат. наук, зам. директора по науке Института тектоники и геофизики им. Косыгина ДВО РАН и Меркуловой Т.В., кандидата геол.-мин. наук, старшего научного сотрудника лаборатории сейсмотектоники этого же института, от Имаева В.С., доктора геол.-мин. наук, главного научного

сотрудника лаборатории инженерной сейсмологии Института земной коры СО РАН, Касаткина С.А., кандидата геол.-мин. наук, старшего научного сотрудника лаборатории региональной геологии и тектоники Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Кожевникова Н.О., доктора геол.-мин. наук, главного научного сотрудника лаборатории геоэлектрики Института нефтегазовой геологии СО РАН, Кучай О.А., кандидата физ.-мат. наук, старшего научного сотрудника лаборатории глубинных сейсмических исследований и региональной сейсмичности Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Макарова П.В., доктора физ.-мат. наук, профессора Национального исследовательского Томского государственного университета и Еремина М.О., кандидата физ.-мат. наук, младшего научного сотрудника того же университета, Никонова А.И., кандидата геол.-мин. наук, зав. лабораторией геоэкологии и промышленной безопасности Института проблем нефти и газа РАН, Новикова И.С., доктора геол.-мин. наук, ведущего научного сотрудника лаборатории геодинамики и магматизма Института геологии и минералогии СО РАН, Овсяченко А.Н., кандидата геол.-мин. наук, зав. лабораторией сеймотектоники и сейсмического микрорайонирования Института физики Земли РАН, Оленченко В.В., кандидата геол.-мин. наук, старшего научного сотрудника Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Уткина В.П., доктора геол.-мин. наук, главного научного сотрудника лаборатории региональной геологии и тектоники Дальневосточного геологического института ДВО РАН и Митрохина А.Н., кандидата геол.-мин. наук, старшего научного сотрудника лаборатории региональной геологии и тектоники того же института ДВО РАН, Шермана С.И., доктора геол.-мин. наук, главного научного сотрудника лаборатории тектонофизики Института земной коры Сибирского отделения РАН. Это были 12 отзывов без замечаний.

Теперь отзывы с замечаниями. Я выделяю только замечания и по возможности кратко, хотя некоторые замечания довольно развернутые. В отзыве Викулина А.В., доктора физ.-мат. наук, ведущего научного сотрудника Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН сказано – основной недостаток работы, который следует отнести, скорее, не к соискателю, а к ее руководителю, касается блокового строения геосреды. В работе исследуются системы трещин, при этом никак не обсуждается вопрос поведения блоков, которые эти трещины ограничивают и которые фактически определяют состояние геосреды. В отзыве Гатинского Ю.Г., доктора геол.-мин. наук, главного научного сотрудника Государственного геологического музея Вернадского указано, что на рисунке 1, на схеме сетей трещин Б2 явно этих трещин не хватает по сравнению с фотографией Б1, на которой показано значительно более сложная трещинная структура породы. В то же

время схема А2 гораздо точнее соответствует фотографии А1. Ключевский А.В., доктор геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инженерной сейсмологии и сейсмогеологии Института земной коры РАН, Иркутск. В его отзыве следующее замечание – использование относительного возраста полей напряжений в аспекте данной работы, на наш взгляд не вполне обоснованно. В основе относительного возраста лежат литературные сведения, не сопрягаемые с защищаемой работой, и поэтому сравнивать их с полями тектонических напряжений 2-го регионального уровня, полученными по экспериментальным материалам, нежелательно. В отзыве Кочаряна Г.Г., доктора физ.-мат. наук, профессора, зам. по научной работе Института динамики геосфер РАН и Иванченко Г.Н., кандидата физ.-мат. наук, старшего научного сотрудника того же института сказано, что к недостаткам следует отнести некоторую декларативность изложения материала в автореферате. Второе – отдельные вопросы, исследованные в диссертации, в автореферате не освещены. Так, например, в тексте не отражены результаты исследований районов Средней Азии и Индокитая. Третье – из автореферата неясно, как практически при измерениях в обнажениях отделялась тектоническая трещиноватость от экзогенной. Также ничего не сказано о взаимоотношениях тектонических и ротационных трещинных систем. И пятое – автор ясно представляет трудности метода при сравнении трещинных систем однородных интрузивных массивов и метаморфических и осадочных пород с выраженной линейной структурой и сильной анизотропией прочности. Эти трудности на наш взгляд снижают качество интерпретации результатов вдоль региональных профилей. В отзыве Леонова М.Г., доктора геол.-мин. наук, зав. лаб. Геологического института РАН и Лаврушиной Е.В. из того же института сказано – нет чёткого обоснования критериев разделения трещинных сетей на системные и хаотические – первое защищаемое положение. Недостаточно обосновано выделение пяти этапов деформаций, рисунок 7, и их возрастная последовательность – палеозой, поздний кайнозой, для участка «Тажеран», третье защищаемое положение. Диссертант вообще не обсуждает вопроса о механизме многократной смены полей напряжений, иногда, прямо на противоположные одно другому. Какие тектонические процессы должны происходить в регионе, чтобы в пределах небольшого массива поле напряжений изменилось пять раз, да еще с полной переориентацией осей сжатия и растяжения? Третье – вызывает недоумение тезис о различии величины угла между системами сопряженных трещинных сколов в зависимости от типа разлома – сброс, сдвиг, надвиг. С точки зрения мезомеханики, Гольдин, 2002, деформация пород осуществляется только за счет двух типов движений: сдвига и вращения. Сброс, взброс, надвиг – это лишь условные понятия, определяющие смещение блоков относительно некоей точки отсчета. В механическом смысле между

ними разницы нет. Отсюда следует: либо вывод не корректен, либо следует искать иные причины установленного явления. Четвертое – диссертант, опять же судя по автореферату, вообще не допускает формирования хаотической системы трещин в процессе одного цикла структурообразования, возможно длительного, но непрерывного, с изменчивостью, временной и пространственной, внутренних полей напряжений за счет объемного катакластического течения горных масс. В отзыве Манилова Ю.Ф., кандидата геол.-мин. наук Института тектоники и геофизики им. Косыгина ДВО РАН – пожелание автору: предлагаемая методика достаточно трудоемка и имеет смысл искать пути по ее упрощению, возможно через комплексирование с геофизической информацией. Следующий отзыв – Николаевой С.Б., кандидата геол.-мин. наук, лаборатории геологии и минерализации новейших отложений Геологического института Кольского научного центра. В отзыве сказано, что значительно обедняет работу явно недостаточная комплексность проведенных исследований – почти полное отсутствие вещественных исследований, геологических данных, петрофизических материалов и пр. Второе – вызывают сомнения и отдельные выводы о возрастной принадлежности разломов. Достоверность определения даже относительного возраста разломов существенно возросла бы с применением, помимо структурных и тектонофизических методов, более широкого использования существующих различных геологических данных. Третье – практически не освещен вопрос о применении разрабатываемых методических подходов к анализу трещиноватости в разных геолого-тектонических обстановках как в пределах активных территорий и складчатых поясов, так и в условиях платформ. В отзыве Пономарева А.В., доктора физ.-мат. наук, зам. директора Института физики Земли РАН, говорится – в автореферате недостаточно раскрыт смысл параметра  $I_{cr}$  – показателя степени сложности трещинной сети. Второе – несколько странно звучит выражение «средняя интенсивность максимума на диаграмме трещиноватости». Ведь максимум чего то – это наибольшая величина среди всех рассматриваемых. Третье – в качестве районов и объектов исследования упомянуты разломные зоны Средней Азии и Индокитая, но все результаты в автореферате приводятся по Прибайкалью. В отзыве Прокопьева А.В., кандидата геол.-мин. наук, зам. директора, зав. лабораторией геодинамики и региональной геологии Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН указано, что на рисунке 7 показана схема поэтапного формирования разломной сети в районе Тажеранского плутона, но вызывает сомнение то, что на протяжении около 500 млн. лет эта сеть практически сохранила основные ориентировки разломных зон. В отзыве Ребецкого Ю.Л., доктора физ.-мат. наук, зав. лабораторией тектонофизики Института физики Земли РАН, очень много замечаний, я постараюсь их как-то сжать. Отзыв

положительный, но с большим количеством замечаний. В отзыве сказано: по вводной части работы у меня есть замечание – в диссертации отсутствует обзор тектонофизических методов исследования разрывных структур, конечной целью которых являются данные о природных напряжениях. В первой главе дается классификация трещин, но не представлены сложившиеся в тектонофизике методологии их исследования. Только в начале раздела 3.1 дается ссылка на обзоры, выполненные другими авторами. Отсутствие такого обзора может говорить о том, что диссертант плохо представляет другие тектонофизические методы реконструкции природных напряжений. И дальше идет иллюстрация того, что, по мнению Ребецкого Ю.Л., автор плохо представляет и не использует определенные подходы. Второе – еще одно замечание относится к тексту на странице 11 диссертации. Здесь указано, что трещины скалывания образуются под действием максимальных касательных напряжений. Из этой фразы можно заключить, что разрушение происходит по площадкам максимальных касательных напряжений, а это неверно. Трещины в горных породах образуются вдоль тех плоскостей, для которых наряду с высоким уровнем касательных напряжений действует пониженный уровень нормальных напряжений. Эти плоскости имеют меньший 45 градусов угол с осью максимального сжатия. Максимальные касательные напряжения действуют вдоль плоскостей, ориентированных под 45 градусов к оси максимального сжатия. Третье – в первом защищаемом положении утверждается, что в тектонических районах в зонах разломов преимущество имеет хаотическая система трещин. Данное положение можно также трактовать, как невозможность на основе применяемых автором методов выполнить анализ определенной совокупности трещин в зонах разломов. В защищаемом положении говорится, что степень сложности хаотической системы увеличивается для участков разломов, имеющих несколько этапов изменения напряженного состояния. Это косвенно говорит, что данная система трещин выглядит хаотичной в той системе наблюдений, которая выполнена автором. Чем обусловлена хаотичность в ориентации трещин, насколько она хаотична и не является ли продуктом развития больших деформаций? Пока на эти вопросы в своих исследованиях Бурзуновой не получен ответ, надеюсь, что в дальнейших своих работах она сможет внести ясность в эту проблему. Четвертое – второе защищаемое положение утверждает, что угол между системами сопряженных трещин зависит от геодинамического типа напряженного состояния. Автор связывает полученные закономерности с уровнем всестороннего сжатия, существующим в коре для разных типов геодинамических обстановок. На мой взгляд, такая интерпретация полученного результата не совсем верна. Автор прав, что уровень всестороннего сжатия растет в ряду состояний, расположенных от обстановки горизонтального растяжения к обстановке

горизонтального сжатия. Но, как показали эксперименты по разрушению образцов горных пород, это отражается на разбросе ориентации плоскостей трещин, активизирующихся в изначально трещиноватом образце. Далее приводятся величины углов, какие должны получаться, по мнению Ребецкого Ю.Л. Далее в отзыве – замечу, что в диссертации на странице 78 указывается такая возможность, в ходе последующей деформации при развороте трещин он может пассивно увеличиться до 45 градусов и более, Гзовский, Белоусов, Семинский. Удивление у меня вызвал тот факт, что здесь нет ссылки на работы Николаева, который первым использовал подобную закономерность в методике реконструкции напряжений, это замечание опять к отсутствию обзора методик. В отзыве Сим Л.А., доктора геол.-мин. наук, ведущего научного сотрудника лаборатории тектонофизики Института физики Земли два замечания. Термин «Структурно-парагенетический анализ трещиноватости» закреплен за Расцветаевым Л.М., 1982, 1987, а термин, употребляемый в работе, относится к более позднему времени, Семинский, 1994 и другие. Необходимо либо дать разъяснения в отличии близких терминов, либо применить какой-нибудь другой термин. Второе – на рисунке 4 надо было дать координатную сетку или врезку с озером Байкал и положением демонстрируемых профилей для читателя, незнакомого с деталями строения озера. В отзыве Тверитиновой Т.Ю., кандидата геол.-мин. наук, доцента кафедры региональной геологии и истории Земли Геологического факультета МГУ и Расцветаева Л.М., кандидата геол.-мин. наук, старшего научного сотрудника этой же кафедры, говорится: первое – хочется порекомендовать автору работы при дальнейшем изучении трещинных сетей и дизъюнктивных парагенезов более полно использовать кинематический метод исследования трещиноватости, поясняется, почему это стоит делать. И второе – другой важнейшей проблемой при исследовании трещинных сетей является выявление литогенетической, эндокинетической по Шульцу, составляющей в реальной трещиноватости горных пород. Обе эти важные проблемы структурного анализа трещиноватости горных массивов заслуживают специального рассмотрения, и авторы отзыва рекомендуют диссертанту обратить на них особое внимание при дальнейшем исследовании. В отзыве Третьякова Ф.Ф., кандидата геол.-мин. наук, старшего научного сотрудника лаборатории геодинамики и региональной геологии Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН следующие замечания. Думается, что для сравнительного анализа и более убедительного обоснования выводов было бы логичнее вовлечь в исследования, по крайней мере, два одинаковых по возрасту и типу магматических тела исследуемого района. Второе – было бы полезным также привлечь к исследованию и рассмотреть наряду с сетями немой трещиноватости, системы трещин и разрывов данного района с достоверными признаками

смещений, которые наряду с применением эталонных трещинных сетей и других приемов, несомненно, повысили бы надежность полученных результатов и научных выводов. Третье – в заключении уместно было бы упомянуть очередные нерешенные вопросы по этой проблеме. В отзыве Фроловой Н.С., кандидата геол.-мин. наук, ведущего научного сотрудника лаборатории тектонофизики и геотектоники кафедры динамической геологии Геологического факультета МГУ указано, что глава 1 называется «Введение в проблему», хотя самой постановки проблемы, в прямом смысле слова, в ней нет, а хотелось бы. Второе – хотелось бы более подробного пояснения, что такое средняя интенсивность максимума, тем более, с первого взгляда для людей, не занимающихся данным направлением, такое название может вызвать недоумение. Третье – в главе 3 не хватает более подробного анализа так называемых кинематических методов реконструкции полей напряжений, сравнения их с методом, применяемым в данной работе, и выводов о достоинствах и недостатках различных методик. Четвертое – некоторое сомнение вызывает утверждение автора о том, что угол между системами сопряженных трещин зависит от типа динамической, механической обстановки. В принципе, это противоречит представлениям механики горных пород. И хотя вывод об изменчивости этого угла кажется обоснованным, ему надо найти другое объяснение. Пятое – некоторое недоумение вызывает следующее. Автор не пишет о способах сравнения диаграмм сложных сетей трещин с эталонными. Создается впечатление, что это делается просто визуально. Может быть, это в принципе возможно, но величина ошибки и ее следствия не оцениваются. В отзыве Худолея А.К., доктора геол.-мин. наук, ведущего научного сотрудника Отдела литогеодинимики и минерогении осадочных бассейнов ВСЕГЕИ указано – непонятен тезис «более нарушенные вследствие, как правило, большей активности висячие крылья», страница 11 и 19. Диссертант считает, что у разломов висячие крылья всегда активнее лежащих, что тогда понимается под активностью? Второе – вызывает вопрос утверждение, что полученные результаты свидетельствуют о подобию условий разрывообразования в зонах сжатия и сдвига по сравнению с зонами растяжения, страница 14 и 19. Это очевидно если сдвиг сопровождается сжатием – транспрессия, но при сдвиге с растяжением – транстенсия, более вероятным представляется сходство условий в зонах сдвига и растяжения. Судя же по тексту автореферата, сходство условий разрывообразования в зонах сжатия и сдвига рассматривается как вывод, справедливый для всех обстановок. Последнее в отзыве Яковлева Ф.Л., доктора геол.-мин. наук, старшего научного сотрудника лаборатории палеосейсмологии и палеогеодинимики ИФЗ отмечается: первое – различаются два типа деформации, влияющие на возникновение трещин: обстановка чистого сдвига и обстановка простого сдвига, я без расшифровки. В

автореферате и в диссертации ничего не говорится о том, учитывалось ли это обстоятельство в использованном методе и в ходе обработки натурного материала. И второе – известны критерии выделения относительного возраста трещин и формирующих их стресс-режимов. В самой диссертации упоминается о регистрации в поле таких данных, правда, на очень ограниченной площади, но ничего не говорится о попытках их использования для подтверждения выявленного порядка формирования трещинных сетей на участке «Тажеран», глава 4. Если бы это удалось сделать, этот независимый результат мог бы подтвердить надежность использованного метода и подтвердить важные выводы по истории развития района. Все. Спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Теперь соискатель отвечает на замечания, содержащиеся в отзывах.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Спасибо. Я постаралась сгруппировать похожие замечания, чтобы это было не долго и, с вашего позволения, буду называть фамилии без инициалов, чтобы было быстрее. В отзыве Викулина А.В. – вопрос поведения блоков. Поведение блоков, определяющих состояние геосреды, не обсуждалось в данной работе, но это и не входило в задачи диссертации. В отзыве Ключевского А.В. – обоснование относительного возраста полей напряжения, и Леонова М.Г. и Лаврушиной Е.В. – механизм многократной смены полей напряжений. В основе относительного возраста в первую очередь лежат результаты порангового анализа, с которыми совпали литературные данные, а причины многократной смены полей напряжения не являлись целью работы, и тут мы доверяем данным предшественников, а это – история развития данного района. В отзывах Кочаряна Г.Г., Иванченко Г.Н., Пономарёва А.В. – об отсутствии результатов исследований Средней Азии и Индокитая. Материалы по данным районам использовались при разработке параметра степени сложности во второй главе, а также при изучении углов в третьей главе. В отзыве Кочаряна Г.Г., Иванченко Г.Н. – как отделялась тектоническая трещиноватость от экзогенной. Во-первых, в поле нами выбирались обнажения полностью или с преобладанием тектонических трещин. Критерии для определения тектонических трещин были таковы – вначале оценивалась геометрия сети. Если сеть была системная либо хаотическая, значит – она тектоническая. Затем оценивались также дополнительные признаки – это сколовый тип трещиноватости, прямолинейность трещин, протяжённость, пересечение границ и контактов, а также закономерная ориентировка в зоне разломов и иногда следы смещения. В отзыве Кочаряна Г.Г., Иванченко Г.Н., Тверитиновой Т.Ю., Расцветаева Л.М. – взаимоотношения тектонических и ротационных трещинных систем, и литогенетическая составляющая в трещиноватости. Наши работы проводились в районах,

где господствующими силами, влияющими на формирование трещин, были тектонические, а все остальные силы (стяжение, ротация) имели подчинённое значение. Первичная трещиноватость хорошо проявлена в пассивных участках земной коры, в осадочных породах или в эффузивах, где наблюдаются характерные сети, ротационные – также в осадочных. При отработке анализа в других геолого-тектонических условиях мы уделим этому пристальное внимание. В отзыве Леонова М.Г., Лаврушиной Е.В. – нет чёткого обоснования критериев разделения сети на системные и хаотические. По работам предшественников, Рац и Чернышёв определяли хаотическую сеть, как имеющую 10 систем и более, и для более точной оценки мы провели анализ нескольких сотен сетей и нескольких параметров сложности, включая информационную энтропию. Далее в отзывах Леонова М.Г., Лаврушиной Е.В., Фроловой Н.С. – о различии величины угла в зависимости от типа разломов. В механическом смысле разницы между этими типами разломов, конечно, нет, при экспериментах в нормальных условиях – тоже, но в природе обстановки сжатия и растяжения в масштабах разломов значительно отличаются. Процесс сжатия более длительный и сложный, больше давление, и прочностные свойства пород в 8-10 раз выше по данным Шермана, и также больше проявлена последующая пластическая деформация – это разворот трещин. Далее в отзыве Ребецкого Ю.Л. – не совсем верная интерпретация причин разных углов в связи с уровнем всестороннего сжатия. В работе имеется в виду, что больший уровень всестороннего сжатия предполагает изначально больший угол, это есть в экспериментах Гзовского, а уже потом добавляется разброс ориентировок при развороте в ходе дальнейшей деформации. То есть, в работе рассматриваются две причины разницы углов. Далее в отзыве – из фразы можно заключить неверное представление об образовании трещин скалывания. На странице 77 диссертации указано, что трещины скалывания обычно возникают под меньшим углом. Далее следующее замечание – первое положение можно трактовать, как невозможность выполнить анализ совокупности трещин, чем обусловлена хаотичность, и не является ли она продуктом развития больших деформаций. В автореферате сказано, что хаотическая сеть закономерно формируется путем наложения простых сетей, поэтому у нас имеется возможность ее расшифровать. А разброс ориентировок трещин в системах, обусловленный развитием деформаций, может повлиять на значение плотности максимумов систем, но не на количество систем. Далее замечание Леонов М.Г. и Лаврушина Е.В. – диссертант не допускает формирования хаотической системы трещин в процессе одного цикла структурообразования. Допускаем, и это есть на странице 12 автореферата. Далее в отзыве Николаевой С.Б. – недостаточная комплексность исследований и отсутствие геологических данных. В данной работе у нас не было целью

изучить участок всеми возможными методами, была поставлена задача – отработать один метод и определить его максимальные возможности, получены хорошие результаты. А в других работах мы планируем и уже комплексируем этот метод с другими. Далее Николаева С.Б. – о применении анализа в различных геолого-тектонических обстановках. Метод создан и отработан на материалах из тектонически активных регионов, и затем позже добавились результаты по платформенным разломам. Но так как метод новый, ведутся и планируются работы по его применению в других условиях, в частности в слабосцементированных отложениях есть уже определенные результаты, а в данной работе, например, впервые были проведены площадные исследования. И по мере накопления опыта будут разработаны особенности применения в разных условиях, но сейчас определенно можно сказать то, что этот метод работает там, где развита тектоническая трещиноватость. Замечание Ребецкого Ю.Л. – отсутствует обзор тектонофизических методов, и Фроловой Н.С. – не хватает подробного анализа кинематических методов и сравнения с данным методом. Во вводной части действительно нет полного обзора, упомянуты только основные принципы кинематических и парагенетических методов, на некоторые из которых есть ссылки в дальнейшей работе. А что касается кинематических методов, отличия их от применяемых в работе такие же, как и от остальных парагенетических методов. А вообще сравнивать эти группы методов не очень удобно, поскольку у них разные принципы работы, каждый из них имеет свою нишу применимости, разные исходные материалы. В нашем случае было мало штрихов и очень много немых трещин. Далее в отзывах Тверитиновой Т.Ю., Расцветаева Л.М., Третьякова Ф.Ф., Яковлева Ф.Л. – рекомендация более полно использовать кинематический метод, разрывы с признаками смещений, критерии выделения относительного возраста. Кинематический метод действительно дает очень ценную информацию о смещениях в горных массивах. Но целью данной работы было отработать одну из разновидностей парагенетического метода. Поэтому специально следы смещений мы не искали, хотя те, которые наблюдались нами, конечно, фиксировались и применялись для повышения достоверности решений парагенетического метода. А в последующем мы планируем комплексное использование этих групп методов. В отзыве Сим Л.А. – нет разъяснения различия термина Расцветаева Л.М. Мы ни в коей мере не претендуем на термин, принятый Леонидом Михайловичем. В работе применяется разновидность структурно-парагенетического метода, а в авторской терминологии он называется «Метод спецкартирования разломных зон». В отзыве Прокопьева А.В. – сомнения в том, что разломная сеть сохранила основные ориентировки. Во-первых, мы используем хрупкие деформации с незначительными пластическими. Выделенные нами

разломные зоны в основном представлены зонами повышенной трещиноватости, то есть это разломные зоны на первой стадии развития, когда нет разломного сместителя и нет больших смещений. Далее Третьяков Ф.Ф. – о нерешенных вопросах. Среди нерешенных вопросов имеются: трудоемкость метода, применимость не во всех условиях, и сложности с возрастом, особенно в древних породах. В отзывах Пономарева А.В. и Фроловой Н.С. – смысл параметра  $I_{cr}$ . Максимум на диаграмме трещиноватости – это центр системы трещин, в котором имеется максимальная плотность трещин этой системы. А  $I_{cr}$  – это среднеарифметическое всех максимумов на диаграмме. Фролова Н.С. – нет описания способа сравнения диаграмм с эталонными, не оценивается величина ошибки. Эталонный парагенезис, как и любая модель, является усредненным для того, чтобы соответствовать максимальному количеству природных обстановок. В природе системы трещин, конечно, имеют вариации ориентировок. Оценка пока идет визуальная, но есть определенные критерии, которые позволяют минимизировать эти ошибки. Во-первых, это характерный структурный рисунок, вариации ориентировок мы допускаем не более 10 градусов. Также структурные данные, такие как угловые соотношения, интенсивность систем, разбросы ориентировок, соотношения трещин сколов и отрывов на диаграмме, кинематика, кинематические следы смещений, если они встречаются, а также повторяемость парагенезиса в соседних точках. Конечно, у нас есть в планах автоматизировать процесс сравнения. В отзыве Худолея А.К. – тезис о более нарушенных висячих крыльях. История деформирования висячего крыла всегда сложнее, оно не всегда, но достаточно часто бывает активным. Далее – замечание о подобию условий разрывообразования в зонах сжатия и сдвига в условиях сдвига с растяжением. В работе мы не рассматривали обстановки косоориентированного сжатия или растяжения в земной коре в масштабах крупных разломов, у нас шло сравнение относительно чистых обстановок. А термин транспрессия в работе используется в следующем значении. На тех глубинных уровнях, с которыми мы работаем, трещины формируются в условиях транспрессивного скалывания, то есть дополнительного сжатия в виде всестороннего давления, об этом говорит угол между осью сжатия и сместителем, это есть у Гзовского, у Ханкока. И замечание Яковлева Ф.Л. о двух типах деформации – обстановки чистого и простого сдвига. Эти два разных механизма в природе сочетаются в разных пропорциях, а эталонные парагенезисы, которые мы используем, построены с учетом природных и экспериментальных закономерностей, где учитываются эти механизмы. С остальными замечаниями я согласна, и я благодарна всем за высказанные замечания, советы, и буду учитывать их в дальнейшем. Спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. А сейчас по просьбам трудящихся – перерыв 10 минут.

(перерыв)

НИКИШИН А.М.:

Давайте продолжим. Дальше у нас во второй серии выступления официальных оппонентов. И первый официальный оппонент – Копп Михаил Львович, Геологический институт РАН, главный научный сотрудник.

КОПП М.Л.:

В первой части моего отзыва подтверждается несомненная актуальность этого исследования, актуальность заключается еще и в том, что хаотические сети трещин очень плохо, недостаточно изучены, и кроме того, собственно говоря, автор диссертации изучает трещины не только со штриховкой, но и так называемые немые, как она их определяет. И это тем более интересно, потому что когда по рисунку вот этих самых трещин, систем трещин определяется поле напряжений, это достаточно смелая задача и ее не так-то просто сделать. Кроме того, важность этой проблемы не только в теоретическом плане, но еще и в том, что с разрывами, как известно, связаны месторождения. Вот это очень важно учитывать при структурном анализе в поисках полезных ископаемых. Основные цели данного исследования (читает отзыв).

Новизна и разветвленность задач потребовали приспособления к ним известных методик изучения зон разрывов, в которых Бурзунова очень хорошо ориентируется, опирается на широкий комплекс современных методов (продолжает читать отзыв).

Но у меня есть некоторые замечания, причем существенные. Существенные, но они при этом дискуссионного плана. Первое – это о различии трещин и разрывов, как определяется в диссертации. Автор считает, что эти различия сводятся к разной протяженности и рангу тех и других. Трещины – это просто разрывы мезотектонического масштаба, то есть это мини-разрывы. Различия также в строении зоны нарушения, то есть разрывы – с зоной брекчирования, а трещины – с отсутствием таковой. Но сейчас, надо сказать, в современных литературных источниках появляется такое представление, оно все больше развивается, согласно которому разница между разрывами и трещинами – более фундаментальная, более системная. Формально она выражена в разнице амплитуд, вернее в отношении амплитуды смещения к длине разрыва. То есть если у разрыва со смещением амплитуда соизмерима с длиной разрыва, может быть даже почти равной или близкой, то у трещины она на несколько порядков меньше. Это моделировалось, это известно. И, кроме того, эта разница связана с тем, что и разрывы и трещины образуются, как считают сейчас многие авторы, на разных стадиях деформирования. То есть

трещиноватость возникает несколько раньше разрыва, на пике кривой нагружения, когда происходит так называемое охрупчивание, и возникает такая очень частая проникающая система трещиноватости, типа спайности, и она может раскалываться до бесконечности, но смещения невелики. Эта трещиноватость – системная. А разрывы возникают на стадии уже полного разрушения этого массива, возникают с определенным шагом, они отделены друг от друга и так далее. Действительно определений еще много, но последнее вот такое. Как практически выражается это свойство строения зон разрывов – дело в том, что в зоне одного и того же разрыва можно увидеть трещины, которые образовались до разрыва и мини-разрывы, то есть маленькие разрывы с большим смещением, необходимо их каким-то образом различать. Это достаточно непростая задача.

Второе замечание уже не очень существенно, морфология систематических и несистематических трещин. Описано, в общем-то, правильно, но Юлия Петровна считает, что несистематические трещины, они существенно более молодые, и может быть даже экзогенные. Но опять-таки имеются такие точки зрения, что несистематические трещины возникают после релаксации разрушения по главной системе. Происходит разрушение, потом накапливаются напряжения, и последующее разрушение идет уже по другой оси напряжений, то есть происходит переиндексация. Такие замечания к этой главе (продолжает читать отзыв).

Здесь я бы хотел сделать маленький комментарий, потому что я пытался по-своему обращать внимание на разницу в характере разрушения висячего и лежащего крыла разрыва. Дело в том, что по моим личным наблюдениям, я не настаиваю, но разницы большой не обнаружено. Есть разница между разрушением того крыла, которое спускается вниз и поднимается вверх, то есть не важно, висячее или лежащее. Но очевидно каким-то образом сказывается влияние свободной поверхности Земли, такой кинематический фактор. И больше разрушаются те крылья, которые идут вниз, то есть, очевидно, испытывают больше сопротивление. Но, тем не менее, это наблюдение Юлии Петровны мне понравилось, это интересно, есть о чем подумать, надо разбираться (продолжает читать отзыв).

Это все очень здорово и хорошо, но мне кажется, что здесь недостаточное внимание уделено фактору вторичного поворота этих сопряженных трещин скалывания в результате длительной деформации. Дело в том, что трудами западных исследователей – Клооса и ряда других показано, что даже в не очень сильно деформированных районах, как допустим, район рифтовой впадины Мертвого моря и соседних, происходит при сдвиге сильное вращение этих плоскостей разрывов вместе с ограниченными блоками естественно. И есть разница между традиционным из известняков замеренным известным

углом скалывания. Угол может увеличиться на 30 градусов. Такие есть данные. (Продолжает читать отзыв до окончания). (Отзыв официального оппонента д.г.-м.н. Коппа М.Л. прилагается в аттестационном деле соискателя)

НИКИШИН А.М.:

Спасибо, Михаил Львович. Вы ответите сейчас или после второго?

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Давайте, сейчас. Спасибо Михаил Львович. К вопросу о терминологии разрывов и трещин. Мы привели классификацию на количественной основе Гзовского, которая широко применяется в геологии. А делимость трещин и разломов по Мандлу, по соотношению амплитуды к длине, это очень интересный вопрос для классификации и в дальнейшем мы его учтем. Относительно доразрывных и приразрывных трещин. В работе описываются и опережающие, и оперяющие трещины, сформированные соответственно до и после формирования главного сместителя. Опережающие трещины для данного анализа являются более значимыми, так как неизбежно возникают на первой стадии развития разлома, а сепарация их происходит на стадии парагенетического анализа, когда мы сравниваем трещинные сети с эталонным парагенезисом, состоящим только из опережающих трещин. Что касается терминов «systematic» и «non-systematic» – это зарубежные термины, то несистематические трещины в этом отношении по всем признакам относятся к трещинам отрыва, а отрывные трещины могут быть обусловлены и тектоническими силами и нетектоническими. В первом случае доля их в трещинной сети небольшая, по подсчетам Невского – это от 0 до 15%, остальные сколы. А во втором случае нетектоническая сеть может полностью состоять из отрывов. Поэтому мы предполагаем, что по описанию non-systematic joins в зарубежной литературе относятся скорее к экзогенной сети, так как первичные сети имеют характерную геометрию. К вопросу формирования сколов или отрывов в тройственном парагенезисе. Изображенная на рисунке переиндексация осей напряжений действительно приводит к формированию поперечной пары наклонных сбросов, получается известный парагенезис – пирамида скалывания. Но многолетний опыт исследования сетей и трещин в тектонически активных районах показал, что пирамида скалывания встречается не часто и при переиндексации вместо поперечной пары сколов, то есть между вот этими не состоявшимися сколами по биссектрисе часто формируется отрыв. Это наблюдается в трещинных сетях, которые сформированы в условиях хрупкого транспрессивного скалывания на глубинах примерно от 2 до 10 километров. Причина такой замены двух сколов одним отрывом дискуссионна, но, по-видимому, заключается в глубинных условиях и скорости деформации. Доказательством широкого распространения троек систем трещин служат результаты

многолетних исследований, а также двойственная природа этой третьей дополнительной системы трещин, которая формируется как отрыв, а потом по ней могут происходить смещения, которые реализуют смещения по первым двум сколам. К вопросу о причинах большого угла. Действительно большие величины углов связаны не только с первоначальным скалыванием, но и с последующей деформацией, и с этим я полностью согласна. И я хочу выразить большую благодарность Михаилу Львовичу за ценные замечания, спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Михаил Львович, вопрос официальному оппоненту – удовлетворен ли он ответом соискателя? Вы довольны? Спасибо. Теперь второй оппонент, Андрей Михайлович Корженков, Институт физики Земли, заведующий лабораторией палеосейсмологии и палеогеодинамики. Пожалуйста, Андрей Михайлович.

КОРЖЕНКОВ А.М.:

Уважаемые председатель, члены ученого совета, коллеги. Чтобы что-то не выпустить для ВАКа, я зачитаю отзыв, но буду что-то выпускать менее существенное, чтобы не отвлекать ваше внимание. Все равно какие-то вводные части надо зачитать (читает отзыв).

Список и так далее, апробация, это все было уже, по-моему, сказано (продолжает читать отзыв).

Во введении все понятно, все основные требуемые пункты перечислены, по-моему, они довольно четко изложены, обоснованы результатами, изложенными в основных главах диссертации (продолжает читать отзыв).

Имеются небольшие замечания. Когда делаешь большую работу, всегда есть к чему прицепиться. На мой взгляд, недостаточно подробное описание проведения анализа, необходимы четкие формализованные методические указания, однако, по-моему, это все-таки не входило в задачу диссертации, наверное, диссертант займется этим в будущем. Полезным дополнением к работе стали бы рекомендации по практическому применению анализа трещиноватости в разных тектонических и геолого-структурных условиях, на платформах и в складчатых поясах, при различных формах залегания горных пород и при наличии трещин различного генезиса. И третье – в тексте диссертации упомянуты авторы других парагенетических методов, но возможно нужно было бы привести различия между ними и использованным в работе подходом. Тем не менее, приведенные замечания не снижают достоинств диссертационной работы, которая в целом является интересным и перспективным исследованием. Мне представляется, что соискателю следует, я рекомендую, в дальнейшем продолжить развивать выбранную тему, а также сочетать

данный подход с другими известными натурными и дистанционными методами исследования трещин и разломов, парагенетическими и кинематическими, в целях повышения достоверности диссертации.

За последние два года, это я уже от себя добавляю, я оппонирую уже третью диссертацию от лаборатории тектонофизики Института земной коры Сибирского отделения. Все три диссертации на очень высоком уровне. Просто наслаждение работать с диссертационными работами и с соискателями. Мне кажется, что это очень высокий мировой уровень, и то, что эта работа докладывается здесь, также говорит об очень высоком мировом уровне. И я не знаю, имею ли я право это делать, я рекомендую членам ученого совета положительно отнестись к этой работе и проголосовать определенным образом. И заключающий параграф. (Продолжает читать отзыв до окончания). (Отзыв официального оппонента д.г.-м.н. Корженкова А.М. прилагается в аттестационном деле соискателя).

Спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо, Андрей Михайлович. Соискатель отвечает на замечания.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Спасибо большое, Андрей Михайлович. К вопросу о недостаточно подробном описании проведения анализа – частично на данный вопрос я отвечала в замечаниях Фроловой Натальи Сергеевны. Но также добавлю, что подробное описание деталей проведения анализа касалось тех моментов, которые были впервые представлены – это корректировка эталонов и определение относительного ранга и возраста. А детальное описание метода и его применения имеется в работах предшественников. В частности, в 2015 году в журнале «Геодинамика и тектонофизика» вышла серия статей, посвящённых этому анализу «Метод спецкартирования разломных зон». Далее, о рекомендациях использования анализа в разных условиях – я также частично отвечала на этот вопрос, могу только повторить, что метод новый и при накоплении опыта работы в разных других условиях будут разработаны практические рекомендации. И к вопросу о парагенетических методах других авторов. Самое главное отличие используемого метода от других парагенетических методов – это вид парагенезиса, тройки систем трещин, а также их совокупности. Также в этом методе используются статистический характер исследования, опережающие разрывы и немая трещиноватость. Этот метод продолжает развивать парагенетические методы Гзовского в отношении реконструкции осей напряжения, и Николаева в отношении статистических способов изучения немой трещиноватости. А в

целом, кардинальных противоречий с другими методами здесь нет. Спасибо большое за замечания.

НИКИШИН А.М.:

Андрей Михайлович, вы удовлетворены ответом соискателя?

КОРЖЕНКОВ А.М.:

Вполне.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Объявляется свободная дискуссия. Дается слово желающим выступить, с учетом определенного советом временного регламента. То есть можно выступать, но недолго. Олег Васильевич, пожалуйста.

ЯПАСКУРТ О.В.:

Коллеги, позвольте немножко встряхнуть нас после очень долгого заседания. Я хочу сказать о фактическом материале нашего диссертанта. У меня с ней похожая вузовская специальность, тоже горный инженер по геологической съемке и поискам. Так вот я вспоминаю, я тоже работал в складчатых областях, в ее возрасте я был геологом-съемщиком. Так вот, когда возвращается из маршрута геолог, он несет аэроснимок или отрисованную карту, тяжеленный рюкзак, набитый камнями, а рядом идет специалист из тематической партии, который изучает трещиноватость, он несет компас и книжку, где все записано. Ты устал, а он буквально выжат как лимон, потому что это очень напряженная работа, тут ни одну трещину не пропусти, замерь, подумай, это очень скуплезный набор фактов в таких полевых условиях. А в наше время прагматическое, когда все на компьютерах обогащаются, таких энтузиастов мы должны заносить в красную книгу, я буду – за.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо, Олег Васильевич. Кто-нибудь еще хочет? Есть желающие, пожалуйста, Александр Вениаминович.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Я вообще не так эмоционально, немножко по делу, если можно. Буквально несколько слов. Что мне понравилось, по конкретике, хорошо показано, что в условиях высокого всестороннего давления сопряженные трещины скалывания могут иметь углы, отличные от 90 градусов, даже превышать, то есть не такие острые. И вообще говоря, по законам они должны быть где-то 50 и так далее, если рассуждать по системе Андерсона. Но это в условиях, когда внешнее давление не очень большое. Вообще это факт известный – разворот трещин, но вот в таком объеме чтобы все было выполнено, на сотнях трещин, я такую работу встречаю впервые. Теперь замечания некоторые хотелось бы сказать. Юлия

Петровна, отвечать на них необязательно, даже совсем не нужно, а вот учесть в дальнейшем совершенно необходимо. В работе практически ничего нет о мезоструктурах, видимо в этих условиях они не проявлены, хотя мезоструктуры дают прямую информацию о направлении смещений и так далее, они дают прямую информацию об обстановках и полях напряжения. И поэтому изучение трещин, на мой взгляд, должно сопровождаться изучением мезоструктурных элементов, что на порядок повышает достоверность. Дальше обстановки простого и чистого сдвига сочетаются не только в целом в трансенсивных и транспрессивных зонах, очень часто, и это нужно учитывать при изучении именно трещин, зоны Андерсоновских сколов представляют собой зоны, которые работают по Риделевскому принципу. То есть в пределах Андерсоновских сколов системы трещин могут и очень часто располагаются и образуют Риделевские системы. И это, на мой взгляд, принципиально. И еще один момент, рекомендация. Вот разговоры были о том, почему в одних случаях образуются сопряженные сколы, а в других случаях образуются отрывы. Рекомендую посмотреть очень старую работу, на которую уже никто не ссылается, и ее давным-давно никто не смотрит. Это учебник «Структурная геология» Ажгирея 1955 года, если вы не смотрели. Там рассмотрены эксперименты по раздавливанию образцов, и показано, что в одних случаях действительно образуются сопряженные сколы, а в других, я не буду объяснять это сейчас, нет необходимости, в других случаях – отрывы. Посмотрите, может быть вам это поможет в вашей проблеме, ее решить. А так, мне все очень понравилось, я буду голосовать – за.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Еще есть желающие? Да, пожалуйста.

ЯКОВЛЕВ Ф.Л.:

Яковлев, Институт физики Земли. Я хочу поддержать работу, безусловно. Она, конечно, является выше среднего уровня и в смысле качества, и, безусловно, в смысле детальности и обработки, и обширности материала. Я хочу сделать два замечания в пользу диссертанта. Первое, я обратил внимание на то, что довольно много публикаций и половина ВАКовских публикаций, 4 штуки – это единоличные, не в соавторстве, это безусловный плюс. Поскольку это не было отмечено, я решил это сказать. И второе, я хочу заметить по поводу двух подходов к изучению трещин, которые практикуются в двух лабораториях тектонофизики. В лаборатории тектонофизики Ребецкого Ю.Л. – это подход от механики – теоретический, вот есть определенная теория, есть определенные методы, мы ищем поля напряжений. А в лаборатории тектонофизики Института земной коры они идут от природы, не ищут в природе такие теоретически возможные ситуации, они смотрят просто, что есть и пытаются в этом разобраться. И здесь я все-таки

рекомендую диссертанту посмотреть и больше внимания обращать на эти трещины со скольжением, пытаться это применить. Возможно, если комбинировать это, а не поступать как лаборатория института физики Земли, она забывает про сложные системы трещин, а у вас не очень следят за этим, возможно, что здесь будет такая интересная вещь. Я поддерживаю диссертацию и предлагаю проголосовать – за.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо, есть еще желающие выступить? Да, пожалуйста.

КОСТЮЧЕНКО С.Л.:

Во-первых, я хочу поздравить вас с хорошей работой. Думаю, что совет проголосует в вашу пользу, и соответственно еще поздравить с наступающим днем 8 марта, поскольку это самое ближайшее событие. Теперь, что касается трещин и разломов. Честно говоря, до сих пор, мой диплом начинался с трещин тоже на мысе Руминичном, это северный Тиман, но я до сих пор никак не могу понять, почему есть трещины, и вдруг на них накладывается новая сеть трещин, почему не идет развитие этих уже имеющихся трещин. В любом случае это нарушение сплошности, и оно в любых обстоятельствах слабее, чем вся остальная масса, почему вдруг происходит наложение новых систем трещин, да еще не одной, а двух, трех, четырех, и так далее. А не происходит рост и развитие самых первых трещин. И второе, мне очень понравилось, Михаил Львович отметил такой момент. Вот связь разломообразования и трещин, особенно в Забайкалье, все-таки разломы образуются при больших серьезных тектонических усилиях, плиты, блоки, что угодно движется, а трещины не обязательно должны образовываться от этого. Если у вас есть пять штук смены направлений, а ведь здесь же сейсмоопасная зона, тут трясло, как говорится, со всех точек при сильных землетрясениях, причем мы слышали на предыдущих защитах, что почти все трещины в Забайкалье связаны с сейсмичностью. Так вот, это больше для меня интересно, это не то что в вашей работе не учтено, вы полностью закончили свое исследование, но вас это не касается, этот вопрос я даже хотел задать, но потом подумал, зачем уходить в такие большие дебри. Почему накладываются новые трещины на уже разбитую матрицу, вот это абсолютно непонятно. Спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо, еще есть желающие выступить? Нет, тогда я скажу заключительное слово. Мы сегодня слушали защиту про трещины, как их называют трещиноведы. Я знаком лично со многими российскими специалистами, был знаком с иностранными, в частности со школой Анжелъе. Есть много школ, и все разные, все по-разному меряют, и друг другу не доверяют. В итоге я выяснил, я со многими лично работал в поле, что в механике нет однозначного решения, как по трещинам восстановить поля напряжений, вопрос в

принципе нерешаемый. Еще я помню, наш коллега, Расцветаев Леонид Михайлович, замерил несколько миллионов трещин на Кавказе, и установил, что трещины бывают любого направления, и как хочешь, так и интерпретируй. Но я не об этом, работа у нас конечно, сегодня кандидатская квалификационная. И я считаю, что работа прекрасная, есть статьи в ВАКе, прекрасный доклад, девушка очень симпатичная из Иркутска, у нас широкие связи с этим городом, много защит идет из Иркутска и хорошие работы, поэтому я лично буду голосовать за и всех призываю голосовать – за.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

Председатель не может давить на совет.

НИКИШИН А.М.:

А я просто предложил. А теперь у нас заключительное слово соискателя. Пожалуйста.

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Уважаемые коллеги, хотелось бы выразить огромную благодарность всем, кто пришел, членам диссертационного совета за то, что выслушали, за внимание к работе, за интересные вопросы, Короновскому Николаю Владимировичу, который сыграл большую роль в том, чтобы эта защита в принципе состоялась. Также я благодарю уважаемых оппонентов за большой труд по оценке работы, и также искренне благодарю сотрудников кафедры динамической геологии, которые дали массу полезных замечаний полтора года назад, и благодарю всех гостей, присутствующих, спасибо вам большое! И все замечания, которые поступили, я, конечно, постараюсь учесть, потому что это путь опять же к дальнейшему развитию. Спасибо.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Теперь я должен объявить о процедуре тайного голосования, выборе счетной комиссии. Предлагается в счетную комиссию Барабошкин Евгений Юрьевич, председатель, Морозов Юрий и Людмила Федоровна Копаевич. Кто – «ЗА»? Открытое голосование. Все. Так, утвердили. Теперь у нас важнейший вопрос. Я должен объявить перерыв для проведения тайного голосования. В аудитории остаются только члены диссертационного совета, это почти все, кто здесь находится.

(идет процедура тайного голосования)

БАРАБОШКИН Е.Ю.:

Коллеги, комиссия завершила свою работу. Состав членов комиссии и председателя вы знаете. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 21 человек. Никто в комиссию дополнительно не вводился. Присутствовало на заседании 16 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации – 7 человек. Роздано

бюллетеней – 16, осталось не розданных – 5, оказалось в урне 16 бюллетеней. И результаты голосования по вопросу присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Бурзуновой Юлии Петровне. «ЗА» – 16, «ПРОТИВ» – нет, недействительных – нет.

НИКИШИН А.М.:

Надо утвердить открытым голосованием протокол счетной комиссии. Кто – «ЗА»? Значит, я объявляю, что протокол утвержден. Объявляю обсуждение проекта заключения.

Проект заключения диссертационного совета:

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана идея оценки особенностей строения сложных сетей трещин;

предложен способ изучения многоэтапности развития горных массивов;

доказано усложнение сетей трещин в тектонически активных районах;

введен показатель степени сложности сетей тектонических трещин  $I_{ср}$ .

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана зависимость угла между сопряженными сколами от динамической обстановки;

применительно к проблематике диссертации результативно использован структурно-парагенетический метод анализа трещинных сетей;

изложены причины различия угловых соотношений в трещиноватости вблизи разломов разного морфогенезиса;

раскрыто подобие в строении трещинных сетей взбросов и сдвигов;

изучен характер изменчивости степени сложности трещинных сетей;

проведена модернизация структурно-парагенетического метода, которая обеспечила новые результаты по разрывной структуре участка Тажеран.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены новые эталонные разрывные парагенезисы и оценка относительного возраста и ранга полей напряжений в методике структурно-парагенетического анализа, а также оценка степени сложности;

определен тип трещиноватости для применяемой методики;

создана система практических рекомендаций по проведению анализа;

представлены рекомендации для использования параметра степени сложности сетей трещин для регионов с многоэтапной историей развития.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана эффективность результатов корректировки эталонных парагенезисов на одном из участков;

теория построена на известных представлениях о разломно-блоковом строении геологической среды, тектонических напряжениях и деформациях;

идея базируется на тектонофизических положениях о стадийности формирования разломных зон;

использованы данные предшественников о влиянии напряжений на угол между сколами, о региональных полях напряжений Прибайкалья;

установлено количественное совпадение авторских результатов с данными по углам скалывания в независимых источниках, и качественное совпадение – с известными геодинамическими схемами региона;

использованы современные методы обработки геолого-структурной информации, представительная выборка для оценки сложности трещин.

Личный вклад соискателя состоит в сборе части полевого материала, обработке и интерпретации фактических данных, модернизации метода, подготовке основных публикаций по теме диссертации.

На заседании 26.02.2016 г. диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертационная работа Бурзуновой Ю.П., в соответствии с критериями п.9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны методические положения по анализу сложных трещинных сетей, имеющие значение для развития структурно-геологического картирования разломов и приемов проведения геодинамических реконструкций, а также получены новые результаты детального изучения разрывной структуры на одном из участков Байкальского рифта, и принял решение присудить Бурзуновой Ю.П. ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

НИКИШИН А.М.:

Какие у нас есть мысли по проекту заключения?

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

У меня есть одна мысль по проекту заключения.

НИКИШИН А.М.:

Давай. Это называется выступление членов диссертационного совета. Предложения по проекту заключения.

ТЕВЕЛЕВ А.В.:

В пункте 5 на 4 странице орфографическая ошибка, я ее нашел.

НИКИШИН А.М.:

Спасибо. Еще кто что нашел, все довольны? Далее открытое голосование по утверждению заключения. Кто «ЗА» утверждение заключения? Спасибо. Решение совета я должен объявить. Совет рекомендует принять заключение. Защита прошла. Рекомендуем присуждение степени. Есть ли вопросы и замечания к проведению заседания? Вопросов нет. Значит, мы поздравляем соискателя (аплодисменты).

БУРЗУНОВА Ю.П.:

Уважаемые коллеги, спасибо вам огромное за участие в защите.

Зам. председателя диссертационного совета,  
доктор геол.-мин. наук



Никишин Анатолий Михайлович

Ученый секретарь диссертационного совета,  
Доктор геол.-мин. наук



Захаров Владимир Сергеевич

02.03.2016 г.

