



<http://dx.doi.org/10.5800/GT-2014-5-4-0169>

FAULTING IN THE LITHOSPHERE AND ASSOCIATED PROCESSES: A REVIEW OF RESULTS OF THE ALL-RUSSIA TECTONOPHYSICS CONFERENCE HELD AT THE INSTITUTE OF THE EARTH'S CRUST, SIBERIAN BRANCH OF RAS

K. Zh. Seminsky, S. I. Sherman, A. V. Cheremnykh

Institute of the Earth's Crust of SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract: Results of the All-Russia conference “Faulting and associated processes in the lithosphere: tectonophysical analysis” are reviewed. It was held on 11–16 August 2014 at the Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS in Irkutsk, Russia. Several reports were presented by invited foreign researchers.

Key words: tectonophysics, faulting, lithosphere, seismic process, physical modeling and mathematical simulation of destruction, fluid and gas permeability of faults, structural control of mineralization and kimberlite magmatism.

Recommended by E.V. Sklyarov

Citation: Seminsky K.Zh., Sherman S.I., Cheremnykh A.V. 2014. Faulting in the lithosphere and associated processes: a review of results of the All-Russia tectonophysics conference held at the Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS. *Geodynamics & Tectonophysics* 5 (4), 1077–1082. doi:10.5800/GT-2014-5-4-0169.

РАЗЛОМООБРАЗОВАНИЕ В ЛИТОСФЕРЕ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ: К ИТОГАМ ВСЕРОССИЙСКОГО СОВЕЩАНИЯ ПО ТЕКТОНОФИЗИКЕ В ИНСТИТУТЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ СО РАН

К. Ж. Семинский, С. И. Шерман, А. В. Черемных

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

Аннотация: В статье подводятся итоги Всероссийского совещания с участием приглашенных исследователей из других стран «Разломообразование и сопутствующие процессы в литосфере: тектонофизический анализ», которое состоялось 11–16 августа 2014 года в Институте земной коры СО РАН (г. Иркутск).

Ключевые слова: тектонофизика, разломообразование, литосфера, сейсмический процесс, физическое и математическое моделирование процесса деструкции, флюидная и газовая проницаемость разломов, структурный контроль оруденения и кимберлитового магматизма.

С 11 по 16 августа 2014 года в г. Иркутске проходило Всероссийское совещание «Разломообразование и сопутствующие процессы в литосфере: тектонофизический анализ». Это четвертое совещание по тектонофизическим аспектам разломообразования, организованное Институтом земной коры СО РАН, в составе которого данное направление исследований развивает лаборатория тектонофизики. Тематами трех предыдущих научных форумов были «Разломообразование в литосфере (тектонофизические аспекты)» (1991 г.), «Напряженное состояние литосферы, ее деформация и сейсмичность» (2003 г.) и «Разломообразование и сейсмичность в литосфере: тектонофизические концепции и следствия» (2009 г.). Четвертое совещание, итоги которого рассматриваются в статье, было посвящено 65-летию ИЗК СО РАН, 35-летию лаборатории тектонофизики и 80-летию юбилею ее основателя – профессора С.И. Шермана.

Организация тектонофизических исследований в Институте земной коры – реализация курса Сибирского отделения РАН, который в 70-х годах прошлого века был нацелен на развитие междисциплинарных исследований, наиболее эффективных в плане получения результатов высокой теоретической и прикладной значимости. Тектонофизика как наука зародилась в Советском Союзе и на первом этапе своего формирования охватывала круг проблем, связанных с механизмами формирования деформационных структурных элементов земной коры. В дальнейшем благодаря проведению широкомасштабных исследований статус тектонофизики кардинально изменился в двух ключевых позициях. Во-первых, исследованиями многих российских специалистов было показано подобие в главных закономерностях строения и формирования деформационных структур широкого спектра масштабов. В настоящее время подавляющее большинство тектонистов, изучающих различные по размерам объемы литосферы, считают ее иерархической структурированной средой, состоящей из блоков, окруженных подвижными зонами с пониженной (вследствие раздробленности) квазивязкостью субстрата. Во-вторых, объем и характер знаний, накопленных в тектонофизике за более чем полувековой период развития, таковы, что их значительная часть может быть успешно применена в геологической практике. Прежде всего это касается закономерностей формирования и строения разломов, с которыми связан широкий комплекс важных в прикладном отношении сопутствующих процессов (сейсмичность, флюидная активность, рудоотложение, миграция газов, активизация опасных инженерно-геологических явлений и др.).

Таким образом, к настоящему времени рамки тектонофизики существенно расширились, с одной стороны, за счет выхода на решение большой группы прикладных задач, обусловленных спецификой разломообразования, а с другой – в связи с необходимостью выявления механизмов формирования тектонических

структур литосферного уровня. Именно таким видел развитие тектонофизики ее основатель – Михаил Владимирович Гзовский. В этих условиях расширение тематики тектонофизических совещаний, посвященных разломообразованию в литосфере, и охват ими процессов, сопутствующих деструкции, являются закономерным следствием формирования новых теоретических и прикладных направлений данной науки.

В свете современных тенденций развития тектонофизики совещание, проведенное Институтом земной коры СО РАН в августе 2014 г., ставило своей целью не только рассмотреть новые достижения в области исследования механизмов разломообразования, но и установить роль тектонических нарушений в характере проявления сейсмической и флюидной активности, магматизма и оруденения, а также опасных инженерно-геологических процессов. Расширение тематики совещания способствовало тому, что на заседаниях, кроме постоянных участников тектонофизических конференций, присутствовали специалисты из смежных областей геологии и геофизики, объектом исследования которых являются процессы, сопутствующие разломообразованию. Это отличает данное совещание от предыдущих тектонофизических форумов, придавая ему вектор практической направленности, актуальный в плане современных социально-экономических реалий.

В работе совещания приняли очное и заочное участие 256 специалистов из 11 стран (Россия, Вьетнам, Монголия, Китай, Эстония, Украина, Франция, Грузия, Узбекистан, Кыргызстан, Израиль) (рис. 1). Материалы их исследований опубликованы в сборнике тезисов докладов (134 работы), с которым можно ознакомиться на сайте ИЗК СО РАН (<http://www.crust.irk.ru/images/upload/newsfond152/543.pdf>). На заседаниях было заслушано и обсуждено 94 доклада, сделанных представителями 22 научных и производственных организаций из 16 городов России и ближнего зарубежья. Актуальные вопросы разломообразования и сопутствующих процессов обсуждались разнопрофильными специалистами из академических институтов, вузов, а также производственных организаций (рис. 2), среди которых наиболее представительной была делегация от алмазодобывающей компании «АЛРОСА» ОАО (г. Мирный).

Основное внимание исследователей, собравшихся на совещание, было сосредоточено на трех главных научных проблемах: 1) динамика зонно-блоковой структуры литосферы; 2) зональность внутреннего строения активных разломных зон земной коры; 3) контроль сейсмической, магматической и флюидной активности состоянием и развитием структуры разломных зон. По типам решаемых задач и методическим подходам к исследованию доклады, представленные на совещании, делятся на шесть больших групп.

Доклады первой группы (А.В. Викулин, М.И. Кузьмин, Ю.О. Кузьмин, К.Г. Леви, К.Ж. Семинский,



Рис. 1. Группа участников совещания «Разломообразование и сопутствующие процессы в литосфере: тектонофизический анализ». Фото Л.Г. Калининой.

Fig. 1. The conference participants. Photo provided by L.G. Kalinina.

С.И. Шерман и др.) были посвящены общим вопросам тектонофизики, среди которых особое внимание уделялось исследованию механизмов деструкции литосферы, включая взаимоотношения двух ее главных элементов – плит (блоков) и окружающих их подвижных зон. Рассматривался характер воздействия внешних и внутренних по отношению к Земле факторов на состояние и делимость литосферы. Было убедительно продемонстрировано, что мобильные, в частности разломные, зоны являются индикаторами и концентраторами процессов, сопутствующих деструкции твердой оболочки Земли. В качестве территорий, опорных для проведения исследований, выступали геодинамически активные регионы России (восточно-европейская и западно-сибирская части РФ, Дальний Восток, Большой Кавказ, Восточная Сибирь) и других стран. Для участков коры, развивающихся в разных динамических режимах, представлены новые материалы по кинематике и напряженному состоянию плит и блоков. Особое внимание было акцентировано на проблеме выявления границ блоков, которая на современном уровне решается с применением комплекса методов (геологические, геофизические, спутниковые и др.), что позволяет выделять межблоковые зоны не только на поверхности Земли, но и в глубинном строении литосферы.

В докладах второй группы (Е.А. Баталева, Ж. Ган-

Очир, В.С. Имаев, Т.Т. Данг, Р.М. Лобацкая, О.В. Лунина, М.В. Родкин, В.В. Ружич, В.А. Саньков, Т.Ю. Тверитинова, А.В. Чипизубов, Ф.Л. Яковлев и др.) рассматривались актуальные вопросы формирования и строения разломных зон, в т.ч. активных на современном этапе тектогенеза. Проблематика научных сообщений определялась широкой тектонофизической трактовкой термина «разлом», под которым в данном случае понималось геологическое тело, представляющее систему парагенетически связанных разноранговых разрывов, возникших или активизировавшихся вследствие относительных движений блоков в ходе локализации деформации. Большинство докладов было посвящено обобщению закономерностей строения крупных разломных зон, специфике их проявления в чехле и фундаменте, парагенезисам разрывов 2-го порядка, а также выявлению разнотипных индикаторов этапности разломообразования. В свете тектонофизической трактовки разломов особое значение имеют представленные для обсуждения результаты комплексных исследований, в которых решались вопросы отражения разломных зон и особенностей их структуры в геофизических полях различной природы. Кроме возможностей картирования скрытых геодинамически активных зон, в этих докладах анализировались перспективы использования вариаций деформационных, электромагнитных, эманационных и других природ-



А.Ф. Еманов (А-СФ ГС СО РАН) и Н.В. Вилор (ИГХ СО РАН)
A.F. Emanov (Altai-Sayan Branch of SB RAS Geophysical Survey)
and N.V. Vilor (Geochemistry Institute of SB RAS)



Ю.О. Кузьмин (ИФЗ РАН) и В.А. Саньков (ИЗК СО РАН)
Yu.O. Kuz'min (IPE RAS) and V.A. San'kov (IEC SB RAS)



А.В. Викулин (ИВиС ДВО РАН) и В.С. Имаев (ИЗК СО РАН)
A.V. Vikulin (IVS FEB RAS) and V.S. Imaev (IEC SB RAS)



Ф.Л. Яковлев (ИФЗ РАН) и С.А. Борняков (ИЗК СО РАН)
F.L. Yakovlev (IPE RAS) and S.A. Bornyakov (IEC SB RAS)



С.И. Шерман (ИЗК СО РАН), М.И. Лелюх (АК «АЛРОСА» ОАО)
и В.И. Никулин (ВостСибНИИГиМС)
S.I. Sherman (IEC SB RAS), M.I. Lelyukh (JSC ALROSA) and
V.I. Nikulin (VostSibNIIGiMS)



П.В. Макаров (ИФПМ СО РАН) и К.Ж. Семинский (ИЗК СО РАН)
P.V. Makarov (ISPMS SB RAS) and K.Zh. Seminsky (IEC SB RAS)

Рис. 2. Моменты рабочих дискуссий. Фото Л.Г. Калининой.

Fig. 2. The conference in progress. Photos provided by L.G. Kalinina.

ных полей в качестве индикаторов опасных процессов, протекающих синхронно с разрывообразованием. С данной тематикой тесно связаны доклады по сейсмогеологической проблематике, в которых на новом уровне – с точки зрения механизмов деструкции – рассматривались парагенетические взаимоотношения процессов разломообразования и сейсмичности. Отличительной чертой решения актуальных вопросов палеосейсмологии было применение новых приемов и способов обработки информации по активным разломам и сейсмичности.

Основу докладов третьей группы (С.А. Борняков, И.А. Гарагаш, А.Г. Кирдяшкин, П.В. Макаров и др.) составили новые результаты, полученные при математическом и физическом моделировании. В последнем случае рассматривался процесс разрушения упруго-пластичных (влажная глина) и упругих (студни желатина) моделей, а также горных пород в лаборатории (небольшие образцы) и в натуральных условиях (породный массив с разломом). Как следствие, широк круг проблем, решаемых в столь отличающихся по условиям физических экспериментах: выявление предвестников землетрясений и отработка приемов сброса критических напряжений в период сейсмической активизации, установление главных факторов рельефообразования в сдвиговых зонах литосферного масштаба, выявление закономерностей сегментной активизации разрывов для небольших участков породного массива и др. Отличительной чертой серии докладов, представленных по материалам математического моделирования, был учет влияния на разрушение процессов осадконакопления и денудации, а также использование в качестве структурной основы для расчета деформаций в конкретных природных регионах представлений о зонно-блоковом строении литосферы. При этом прогресс численных экспериментов состоит в том, что в большинстве исследований описание деформации и разрушения осуществлялось в рамках эволюционной задачи, которая обеспечивает возможность изучения процессов в динамике. Особую группу докладов составили исследования на основе теплофизического и петрологического моделирования механизма образования пород щелочно-земельной серии в зоне субдукции с учетом наиболее значимых сил, действующих в данной геодинамической обстановке. Во многих докладах рассматриваемой группы внимание акцентировалось на том, что значимость концептуальных геологических моделей усиливается после их проверки тестовыми геомеханическими расчетами.

Доклады четвертой группы (А.Ф. Еманов, В.С. Имаев, А.В. Ключевский, О.А. Кучай, Ю.Л. Ребецкий, С.В. Трофименко и др.) были посвящены взаимосвязям разломообразования и сейсмической активности, закономерностям протекания сейсмического процесса в разных геодинамических обстановках, выделению циклов активности и периодов неустойчивости, с которыми ассоциируются сильные сейсмические

события. Особое внимание при этом уделялось вопросам наведенной сейсмичности, связанной как с разработкой месторождений, так и с режимом эксплуатации водохранилищ. Отличительной особенностью докладов было акцентирование внимания на существовании и особенностях выявления медленных деформационных волн, использование комплекса параметров сейсмической активности для оценки напряженно-деформированного состояния коры на сейсмогенных глубинах, а также для выделения зон и областей (сейсмоструктур), где деструкция происходит с наибольшей интенсивностью.

Доклады пятой группы (А.С. Гладков, А.Ю. Кисин, М.И. Лелюх, В.М. Фомин и др.) были ориентированы на проблему структурного контроля рудных месторождений и алмазоносных кимберлитов. В нескольких докладах рассматривались объекты крупнейшей алмазоносной провинции России – Якутской, а также некоторых рудных регионов страны. Для обоих типов месторождений минерального сырья особое внимание уделялось определению этапности формирования разломной структуры и выявлению тектонофизических факторов контроля рудных тел. Главными из них были характер напряженно-деформированного состояния, зональность внутреннего строения разломных зон, парагенезисы рудоконтролирующих структур и стадийность их формирования. В то же время в ряде докладов подчеркивалась необходимость комплексного подхода к выявлению факторов контроля оруденения, в рамках которого тектонофизические и структурно-геологические методы должны сочетаться с геохимическими и геофизическими. Кроме вопросов контроля рудных и магматических тел разломами, рассматривались проблемы оценки влияния дизъюнктивов на степень безопасности горно-рудного производства, особенно актуальной для крупных карьеров Якутии и Кольского полуострова. Отдельные исследования касались взаимоотношений блоковой складчатости и рудообразования, нефторудогенеза и сейсмичности. В частности, было отмечено, что тектонофизический подход к анализу морфоструктуры отражающих горизонтов перспективен для изучения закономерностей тектонического контроля месторождений углеводородов.

Основу докладов шестой группы (Ф.А. Летников, Ю.Ф. Мороз, С.В. Рассказов, О.М. Хлыстов и др.) составили результаты исследований флюидного переноса в зонах разломов, с одной стороны, и роли флюидов в процессе разломообразования – с другой. По последнему вопросу были представлены разные точки зрения: от полного отрицания до признания главенствующей роли газовой-жидкой фазы в разрывообразовании и даже инициировании сильных землетрясений. Кроме того, обсуждались традиционные для данной тематики вопросы временных вариаций выделения подземных газов в их взаимосвязи с сейсмической активностью, а также характер изменения флюидно-газовой среды после сильных сейсмических событий. Особый инте-

рес вызвала тема контроля разломами выделений газо-гидратов, создающих характерные формы рельефа на дне оз. Байкал.

В качестве итогов совещания его участники отметили следующее.

1. Расширение тематики тектонофизических совещаний, проходящих в г. Иркутске, за счет обсуждения сопутствующих разломообразованию процессов (сейсмичность, флюидная активность, рудоотложение, миграция газов, активизация опасных инженерно-геологических явлений и др.) придает научному форуму практическую направленность, что необходимо приветствовать в свете экономических тенденций, характерных для современной России.

2. Совещание способствовало решению на международном научном уровне серии фундаментальных проблем динамики зонно-блоковой структуры литосферы, выявления зональности внутреннего строения активных разломов земной коры, а также контроля со стороны структуры дизъюнктивных зон характера проявления сейсмической, магматической и флюидной активности.

3. Для прогрессивного развития тектонофизических исследований в области разломообразования и сопутствующих процессов необходима организация неформального сотрудничества разнопрофильных специали-

стов из научных и производственных организаций в решении одной задачи, изучении одного объекта или процесса.

4. Необходима всесторонняя поддержка (кадрами, оборудованием, программным обеспечением) серии важных направлений тектонофизических исследований в области разломообразования (структурно-вещественное, физическое экспериментальное и др.), которые активно развивались в предыдущие годы и по разным причинам испытывают трудности в настоящее время.

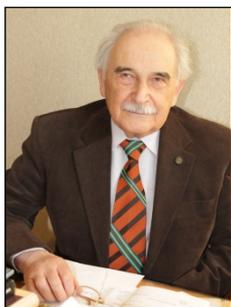
Кроме того, были приняты решения и рекомендации по вопросам периодичности проведения тектонофизических совещаний в г. Иркутске, порядку публикации докладов в издаваемом Институтом земной коры СО РАН электронном научном журнале «Геодинамика и тектонофизика» (<http://gt.crust.irk.ru>), формам взаимодействия ИЗК СО РАН с производственными организациями для решения прикладных задач и др.

Авторы статьи от имени оргкомитета Всероссийского совещания «Разломообразование и сопутствующие процессы в литосфере: тектонофизический анализ» выражают благодарность всем его участникам за активную работу, а также Российскому фонду фундаментальных исследований (грант № 14-05-20040) – за поддержку в организации научного мероприятия.



Семинский Константин Жанович, докт. геол.-мин. наук, зав. лабораторией тектонофизики
Институт земной коры СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия
Тел.: 8(3952)423027; e-mail: seminsky@crust.irk.ru

Seminsky, Konstantin Zh., Doctor of Geology and Mineralogy, Head of Laboratory of Tectonophysics
Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS
128 Lermontov street, Irkutsk 664033, Russia
Tel.: 8(3952)423027; e-mail: seminsky@crust.irk.ru



Шерман Семен Ийионович, академик Российской академии естественных наук,
докт. геол.-мин. наук, профессор, г.н.с.
Институт земной коры СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия
Тел.: (3952)428261; e-mail: ssherman@crust.irk.ru

Sherman, Semen I., Academician of the Russian Academy of Natural Sciences,
Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Chief Researcher
Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS
128 Lermontov street, Irkutsk 664033, Russia
Tel.: (3952)428261; e-mail: ssherman@crust.irk.ru



Черемных Александр Викторович, канд. геол.-мин. наук, с. н. с.
Институт земной коры СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия
Тел.: 89501404851; e-mail: cherem@crust.irk.ru

Cheremnykh, Alexander V., Candidate of Geology and Mineralogy, Senior Researcher
Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of RAS
128 Lermontov street, Irkutsk 664033, Russia
Tel.: 89501404851; e-mail: cherem@crust.irk.ru