

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Кулькова Алексея Сергеевича «ВАРИАЦИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОЛИВИНА В ДУНИТАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИХ НЕОДНОРОДНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела и 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертации

Исследования структуры и изучение физико-механических свойств горных пород приобретают особую актуальность в настоящее время. Существующие исследования физико-механических характеристик ультраосновных пород в связи с их строением носят весьма фрагментарный характер. На сегодняшний день нет достаточной ясности в вопросе о механизмах деформирования этих пород и их связи с состоянием кристаллической структуры. Изучение физико-механических свойств ультраосновных пород в связи с эволюцией их структуры и накопленных неупругих деформаций является актуальной задачей, важной для решения многих проблем горной инженерии, а также прикладных задач и тектоники. Внутренние самоуравновешенные напряжения горных пород и их неупругие деформации обусловлены как происхождением горных пород, так и последующими их динамическими и квазистатическими нагрузками в соответствующих природных условиях. Поэтому диссертация Кулькова А.С., посвященная исследованиям горных пород с помощью современных физических методов определения параметров их кристаллической структуры и соответствующих механических характеристик, является **актуальным** исследованием.

Анализ содержания работы

Рецензируемая диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения и списка использованных источников, включающего 117 наименований. Общий объем работы составляет 130 страниц. Работа представлена по двум специальностям: 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела и 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Во введении обоснована актуальность исследований, научная и практическая значимость полученных результатов, сформулирована цель работы, изложены основные выносимые на защиту положения, приведена краткая характеристика работы.

Первая глава диссертации посвящена литературному обзору, в котором рассмотрены общие представления о пластических деформациях и разрушении горных пород. Особое внимание уделено обзору исследований по изучению механизмов деформирования, специфических для геологической среды. Обсуждены данные по изучению пластических деформаций горных пород при температурах, характерных для верхних слоев земной коры. Особое внимание в обзоре уделено исследованию механизмов пластической деформации оливинов, которые являются породообразующими минералами дунитов. Проведен анализ работ по изучению пластической деформации дунитов в связи с их петроструктурными типами.

Во второй главе изложена постановка задачи, сформулированы задачи исследования, описаны материалы и методика исследований. Акцентируется внимание на минеральном составе изучаемых горных пород.

Третья глава посвящена описанию объекта исследования. Приведена детальная петрографическая и петрогеохимическая характеристика пластически деформированных горных пород. Дана их петроструктурная типизация, которая, по мнению автора, отражает степень увеличения их пластической деформации. Показано, что изучаемый геологический материал

претерпел интенсивные пластические деформации, которые способствовали существенному изменению их структурного рисунка, по которому выделен ряд последовательных типов петроструктур изучаемых горных пород.

В четвертой главе изучены особенности деформационных структур дунитов различной природы образования и выполнен их сравнительный анализ. При рентгеноструктурном анализе исследуемых горных пород основное внимание уделялось определению размера кристаллитов в различных типах деформационных структур их породообразующего минерала – оливина. В главе представлена зависимость среднего размера кристаллитов, установленная по рентгеноструктурным данным, от размера макрозерен в дунитах различной природы. Показано, что существует высокая корреляция между этими величинами, причем микродеформация кристаллической решетки незначительна. Методом дифракции обратно рассеянных электронов установлено, что вариации размеров зерен оливина и протяженности их границ соответствуют структурным изменениям в деформационном ряду дунитов: протогранулярный – порфирокластовый – порфирслейстовый – мозаичный.

Проводятся исследования структуры образцов и их химического состава. Автор использует современные методики и современное оборудование (поляризационный микроскоп, растровый электронный микроскоп с приставкой дифракции обратно рассеянных электронов, дифрактометр, универсальную испытательную машину «Инстрон» и др.).

Пятая глава диссертации посвящена изучению физико-механические свойства дунитов. Установлена связь структурных характеристик с параметрами тонкой кристаллической структуры, прочностью, упругими модулями.

В работе также излагаются основные положения математической модели гессреды В.Н. Николаевского. В данной модели достаточно адекватно

описывается явления внутреннего трения и дилатансии горных пород и сыпучих материалов.

Приводятся (из литературных источников) данные по распределению в образцах объёмной пластической деформации в окрестности наклонного нарушения и при формировании полосы локализации. Дано сопоставление с результатами автора (рис. 5.2). Указывается, что результаты автора хорошо согласуются с численным расчётом.

Приведены и проанализированы полные диаграммы нагружения, включающие в себя ниспадающие ветви. Показано, что разрушение крупно – и мелкокристаллических образцов носит различный характер. Существенно различными являются также и модуль Юнга, предел текучести, предел прочности и величина предельной (до разрушения) пластической деформации.

Приводится детальный анализ структуры различных типов оливина в дунитах.

Сильной стороной диссертации является исследование большого количества образцов. Для испытаний на одноосное сжатие были выбраны 4 представительных горных породы, из которых вырезались ориентированные образцы размером 10x10x10 мм по два на каждый тип структуры. Образцы шлифовались до плоскопараллельности не менее 0.1°, затем они нагружались на испытательной машине «Инстрон» со скоростью $3.2 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. При помощи полученных данных автор получил «эффективный» коэффициент Пуассона, который различается более чем в два раза в образцах с крупнокристаллической и мелкокристаллической структурой.

Замечания

1. В работе встречаются опечатки (стр. 10), описки (стр.97): соотношение (5.2) названо гипоупругим законом, хотя это стандартное разложение тензора на девиаторную и шаровую составляющие, на стр. 98 указывается, что задача решается в динамической постановке, хотя по-видимому, она

решается в квазистатической постановке, в списке литературы из 117 наименований одна и та же работа автора с соавторами: Кульков С.Н., Кульков А.С., Чернышов А.И. Петрографический и рентгеноструктурный анализ пластически деформированных дунитов // Физическая мезомеханика. – 2010. – Т.13. – С.83–88 – упоминается три раза под разными номерами [34], [61], [67].

2. Местами текст диссертации переходит в аннотацию исследований автора, существо которых в работе не излагается. Например, на стр.91 указывается «Приведённые расчёты показали, что температуры формирования оливинов уменьшаются от 950° С для зёрен первого типа до 650° С для зёрен третьего типа» или на стр.102: «Коэффициент дилатансии, рассчитанный в крупнокристаллических образцах, более чем в два раза выше, чем в мелкокристаллических образцах». Сами расчёты не приводятся, хотя они представляют большой интерес, так как в известной континуальной модели, которой пользуется автор, не фигурируют параметры размерности длины.

3. О коэффициенте Пуассона. В диссертации приводятся следующие оценки для «эффективного коэффициента Пуассона»: 1,36 для дунита крупнокристаллической структуры и 0,76 для дунита мелкокристаллической структуры (стр.96, 97). На стр.97 указывается, что «расчёты, представленные в данной главе, выполнены совместно со Ю.П.Стефановым, качественно объясняют возможное происхождение параметра ν , величина которого $\nu > 0,5$ ».

Анизотропные материалы с коэффициентами Пуассона в отдельных направлениях больших, чем 0,5 или меньших нуля – известны. Однако усреднённые по всем направлениям значения коэффициента Пуассона не превосходят 0,5. Из текста диссертации неясно, как именно определяется автором «эффективный коэффициент Пуассона». Не приведён также и сам расчёт.

В качестве пожелания на будущее можно отметить следующее. Диссертация посвящена исследованию влияния пластического деформирования оливина в дунитах на их физико-механические свойства. В настоящее время сами пластические деформации оцениваются только качественно. Желательно было бы перейти и к количественным оценкам.

Общие выводы по диссертационной работе

Резюмируя следует констатировать, что диссертационное исследование А.С.Кулькова выполнено на актуальную научную тему, что позволяет квалифицировать ее как решение задачи, имеющей существенное значение для исследования физико-механических характеристик горных пород. Полученные в работе новые результаты имеют научную и практическую ценность.

Материал достаточно полно опубликован и апробирован. Основные выводы диссертационной работы соответствуют ее содержанию. Автореферат **соответствует** содержанию диссертации и отражает существо выполненной работы. Объём и уровень проведённых исследований и полученных результатов дают основание квалифицировать диссертацию как **существенный вклад** в комплексный подход по изучению физико-механических свойств горных пород

Работа полностью **соответствует** требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, по специальностям 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела по области исследования «Экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях» (п. 9 паспорта специальности) и 01.04.07 – Физика конденсированного состояния по области исследования «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их

сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления.» (п. 1 паспорта специальности), а автор **Кульков А.С.**, **заслуживает** присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

Заведующий отделом моделирования процессов деформирования и разрушения горных пород федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, Заслуженный деятель науки РФ, доктор физико-математических наук, профессор

Ревуженко Александр Филиппович

630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 54, www.misd.nsc.ru, email: Revuzhenko@yandex.ru, тел. +7-383-217-04-01

Подпись А.Ф. Ревуженко удостоверяю:

Ученый секретарь ИГД СО РАН,

к.т.н.



А.С. Кондратенко

03.12.2014