

Отзыв официального оппонента на диссертацию Е.Н. Слюта
«Особенности гравитационной деформации малых тел Солнечной системы в зависимости от их химического и минерального состава»,
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Диссертация Е.Н. Слюты представляет собой обстоятельное исследование малых тел Солнечной системы и наблюдаемого перехода между малыми и планетными телами. Главная цель декларирована как «экспериментальное и теоретическое исследование процесса и параметров гравитационной деформации малых тел Солнечной системы в зависимости от их химического и минерального состава, температуры, физико-механических и реологических свойств вещества, массы, размеров и формы этих тел». Автором исследуется, прежде всего, вещество и поведение вещества в условиях гравитационного объемного сжатия. Как следует из текста диссертации, автор подчеркивает, что это не астрономическая, а геологическая проблема, а сами тела изучаются с использованием хорошо известных геологических, геохимических и геофизических методов исследования. Для достижения данной цели автором поставлены задачи (1) анализа зависимости формы малых тел Солнечной системы от химического и минерального состава и массы, (2) изучения физико-механических и реологических свойств малых тел Солнечной системы в зависимости от состава, (3) экспериментального изучения физико-механических свойств каменных метеоритов, родительскими телами которых являются силикатные малые тела Солнечной системы, (4) решения пространственной задачи теории упругости и применимости линейной теории упругости к гравитационной деформации малых тел, (5) изучения основных параметров гравитационной деформации малых тел в зависимости от их состава на основе наблюдательных, экспериментальных и аналитических данных.

Актуальность работы в подобной постановке не вызывает сомнений, а научная новизна работы подтверждается не только целым комплексом впервые полученных многих важных выводов в области сравнительной планетологии и космохимии, но и оригинальной постановкой задачи, названием темы и объектом исследований.

В основе исследования – геологические объекты Солнечной системы, которые из-за своей небольшой массы так и не стали планетами, или в соответствии с терминологией автора – планетными телами. Это сотни исследованных малых тел – астероидов, комет, малых спутников планет и малых объектов из Пояса Койпера. Как показано в работе, спектр изученных составов малых тел оказался достаточно широк, от ледяного и силикатного состава до металлических астероидов, чтобы делать обобщающие и далеко идущие выводы об условиях и основных параметрах гравитационной деформации в зависимости от состава и реологических свойств этих тел. Объем диссертации – 179 стр., включая «Введение, четыре главы, «Заключение», «Защищаемые положения», «Общий вывод», «Список литературы» и одно «Приложение», куда вынесены дополнительные поясняющие уравнения и рисунки из 3 главы. Работа содержит 87 рисунков, 20 таблиц. Обширный библиографический список к работе включает 361 наименование. Работа очень хорошо оформлена, стиль изложения ясный. Все основные выводы хорошо аргументированы и подкреплены фактическим материалом.

Содержание первой главы посвящено детальному описанию истории рассматриваемой проблемы. Это глава читается с увлечением и хорошо иллюстрирована. Для понимания проблемы в целом, а также места и уровня проведенных исследований автором диссертации, эта глава очень полезна. Она дает вполне полное представление о том, что было сделано до автора, и что действительно было сделано автором диссертации впервые.

В главе 2 рассмотрены особенности формы малых тел различного состава. В результате анализа большого объема фактического материала, а

это данные по сотням объектов, был получен важный вывод о том, что все малые тела независимо от своего состава в условиях гравитационного сжатия обладают пределом прочности и пределом текучести. Автором убедительно показано, что гипотеза крипа, предложенная ранее, в малых телах не работает. К этой главе имеется следующее замечание. Крип - это малоупотребительный термин, синоним ползучести (П). Структурный механизм П, т. е. элементарные процессы, приводящие к П., зависит как от вида материала, так и от условий, в которых происходит П. Все многообразие элементарных процессов, приводящих к П, можно разделить на процессы, осуществляемые движением дислокаций и процессы вязкого течения. Последние имеют место у аморфных тел при всех температурах их существования, а также у кристаллических тел, в частности у металлов и сплавов, при температурах, близких к температурам плавления. При постоянных деформациях вследствие П напряжения с течением времени падают, т. е. происходит релаксация напряжений. Как мне кажется, диссертация выиграла бы от более точной оценки вклада различных процессов Ползучести в наблюдаемый переход между малыми и планетными телами.

В диссертации хорошо развита и доведена до логического завершения и выводов теоретическая часть, которой посвящена третья глава. Автор пошел гораздо дальше своих предшественников и от привычной оценки силы тяжести и гидростатического давления, на основе линейной теории упругости и теории гравитационного потенциала автор перешел к оценке нормального напряжения и далее к оценке девиаторных напряжений, которые и ответственны за деформацию, но при условии, если они превышают предел текучести данного вещества при данной температуре. Оказалось, что величина и распределение напряжений в малом теле зависит и определяется многими параметрами – массой, плотностью, размером и формой, реологическими и упругими свойствами вещества, т.е. составом.

Этот сложный аналитический инструмент автором используется для оценки не только реологических и физико-механических свойств реальных малых тел различного состава, но и других неизвестных характеристик – плотности, критической массы и размеров и др. Основной недостаток этой главы заключается в том, что при прочтении она требует углубленных и специальных знаний по математической физике. В связи с этим хотелось бы видеть более подробные выводы уравнений и более подробный к ним комментарий.

Четвертая глава состоит из нескольких разделов и посвящена оценке и анализу гравитационной деформации малых тел различных наблюдаемых составов. Приведены оценки предела текучести и критических масс для реальных составов малых тел. Эту информацию предваряет хорошо документированное описание химического и минерального состава, включая экспериментальные данные по физико-механическим свойствам малых тел. Это ледяные малые тела, которые широко распространены в системе Сатурна, малые койперовские объекты, состав и свойства которых анализируются в основном по кометным ядрам, источником которых служит Пояс Койпера, силикатные тела, состоящие из обыкновенных и углистых хондритов и железные астероиды. Несомненный интерес в этой части диссертации представляют экспериментальные данные, полученные автором, о физико-механических свойствах обыкновенных и углистых хондритов, родительскими телами которых являются наиболее многочисленные астероиды S-типа и C-типа. По данным эксперимента была обнаружена сильная трехмерная анизотропия физико-механических свойств обыкновенных хондритов. Зная физико-механические свойства обыкновенных и углистых хондритов, автор оценил критическую массу и размеры силикатных тел, которые подвергнутся гравитационной деформации. Было показано, что обладая практически одинаковыми

размерами, обыкновенные и углистые хондриты значительно отличаются друг от друга по критической массе и пороговой величине девиаторных напряжений.

В заключительном разделе этой главы приводятся интересные дополнительные данные, полученные автором, о тепловой истории астероида Веста и о составе астероида Церера. В целом глава очень информативна. Получены важные выводы о составе и других свойствах малых тел. По содержанию разделов этой главы можно отметить следующее.

(1) Остается выразить сожаление, что обнаруженная трехмерная анизотропия прочностных свойств обыкновенных хондритов не получила дальнейшего изучения природы этой аномалии и с упорядоченным распределением каких минералов она связана.

(2) При описании химического и минерального состава и физико-механических свойств железных метеоритов автор также предполагает наличие анизотропии. Почему же оригинальная экспериментальная методика, использованная в случае каменных метеоритов, не была использована для экспериментального исследования и железных метеоритов? Почему подобные эксперименты не были сделаны для других типов метеоритов? Это значительно бы усилило позиции автора, в качестве одного из первооткрывателей обнаруженной аномалии в примитивном допланетном метеоритном веществе.

(3) В разделе 4.3 «Химический и минеральный состав» нет данных по метеориту Челябинск. Между тем ГЕОХИ РАН принимал самое активное участие в исследованиях этого обыкновенного хондрита. В диссертации было уместно учесть эти данные в расчетах и выводах.

(4) По сравнению с описанием химического и минерального состава и физико-механических свойств обыкновенных и углистых хондритов аналогичное описание силикатных астероидов дано очень скудно.

Приведенные замечания рецензента не влияют на положительную оценку работы, которая является квалифицированным научным исследованием. Полученные автором материалы значительно расширяют представления о природе и эволюции малых тел Солнечной системы. Несомненно, что Е.Н. Слюта заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. В дальнейшем после доработки приведенных замечаний и дополнительных публикаций, а в настоящее время их недостаточно, представленная работа по своей научной новизне и полученным результатам вполне могла бы быть представлена и на соискание степени доктора геолого-минералогических наук.

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор, заведующий кафедрой
региональной геологии и истории Земли
Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова (МГУ)

А.М. Никишин

119991, Москва ГСП-2, Воробьевы Горы, МГУ, геол. факультет, кафедра
общей и исторической геологии.

Тел.: (495) 939-49-31

E-mail: - nikishin@geol.msu.ru

