



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 11204 /
на № _____ от _____

В Федеральное Государственное
бюджетное учреждение науки Ордена
Ленина и Ордена Октябрьской
Революции, Институт геохимии и
аналитической химии
им. В.И. Вернадского
Российской академии наук
Лаборатория сравнительной
планетологии
Ученому секретарю диссертационного
совета, к.г.-м.н. **Мигдисовой Н.А.**

119991, Москва, ул. Косыгина, д. 19
Факс: (495) 938-20-54

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального
Государственного бюджетного
учреждения науки Института
космических исследований Российской
академии наук,
академик РАН



Л.М. Зеленый

2014 г.

Отзыв ведущей организации 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. Слюта посвящена изучению проблемы наблюдаемого перехода между малыми и планетными телами, зависимости этого перехода от состава, массы и размеров тел, от физико-механических и реологических свойств вещества. Детально изучены многие вопросы особенностей гравитационной деформации малых тел, которые ранее никем не рассматривались. Выявлена зависимость от состава малых тел практических всех основных параметров гравитационной деформации, и прежде всего величины и распределения девиаторных напряжений в малых телах. В работе выделяются и детально рассматриваются пять основных составов малых тел. Это силикатные малые тела, представленные каменными астероидами и небольшими каменными спутниками планет и состоящие преимущественно из углистых и обыкновенных хондритов. Это малые ледяные спутники планет-гигантов, которые состоят преимущественно из водного льда. Также изучаются металлические астероиды и малые объекты из Пояса Койпера. В одной группе с койперовскими объектами изучаются и кометные ядра.

Актуальность темы диссертационной работы в наибольшей степени определяется следующими основными положениями:

1. Широкой распространенностью малых тел в Солнечной системе. Разнообразием химического и минерального состава и широкими вариациями размеров малых тел – от нескольких метров – до сотен километров в диаметре.
2. Малой изученностью эволюции и процесса формирования малых тел Солнечной системы различного состава, их морфологии и строения, времени существования с момента образования и физико-механических и реологических свойств.
3. Очень малой изученностью рассматриваемой проблемы наблюдаемого перехода между малыми и планетными телами и зависимости этого перехода от состава, массы и размеров тел, несмотря на то, что к настоящему времени получено большое количество современных наблюдательных данных, как с помощью дистанционных исследований с Земли, так и с помощью автоматических межпланетных станций.
4. Постоянным ростом требований к качеству и количеству данных по малым телам, необходимых для планирования будущих научных автоматических экспедиций к астероидам, кометам и другим малым телам Солнечной системы.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и общего вывода, и одного приложения. Общий объем 179 страниц, включая 20 таблиц, 87 рисунков и список литературы из 361 наименования. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Для изучения 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 диссертантом были поставлены следующие задачи:

- анализ зависимости формы малых тел Солнечной системы от химического и минерального состава и массы;
- исследование физико-механических и реологических свойств малых тел Солнечной системы в зависимости от химического и минерального состава;
- экспериментальное изучение физико-механических свойств каменных метеоритов, родительскими телами которых являются силикатные малые тела Солнечной системы;
- постановка и решение пространственной задачи теории упругости и оценка применимости линейной теории упругости к гравитационной деформации малых тел;
- оценка и изучение основных параметров гравитационной деформации малых тел Солнечной системы в зависимости от их химического и минерального состава на основе наблюдательных, экспериментальных и аналитических данных.

Научная новизна работы определяется следующими фактами:

1. Впервые показано, что все малые тела независимо от своего состава – от ледяных до металлических, в условиях постоянного гравитационного объемного сжатия обладают пределом прочности и пределом текучести. Этот вывод противоречит предложенной ранее и существующей до настоящего времени гипотезы крипа в малых телах, которая предполагала деформацию и релаксацию малого тела при любой его массе и при любых напряжениях.
2. Показано, что малые тела различного состава характеризуются различной формой.
3. Сделан современный, качественный и подробнейший обзор по истории проблемы.
4. Впервые получено точное аналитическое решение для гравитационной деформации малых тел и показана аналитическая зависимость величины и распределения напряжений в малом теле от его массы, плотности, размеров и формы, от физико-механических и реологических свойств, т.е. от состава этих.
5. Впервые сделана оценка предела текучести и критической переходной массы для малых тел различного состава.
6. Установлено, что для ледяных тел и койперовских объектов наблюдаемый переход между малыми и планетными телами обусловлен гравитационной деформацией твердого льда, а не тепловым эффектом, т.е. разогревом и плавлением льда в результате каких-либо внешних или внутренних причин.
7. Впервые выявлена и экспериментально доказана сильная анизотропия физико-механических свойств обыкновенных хондритов.
8. Полученная значительная разница в величине современных девиаторных напряжений на астероиде 4 Веста и предела текучести силикатов аналогичного состава также подтверждает,

что Веста на ранней стадии существования подверглась сильному разогреву, а возможно, и полному плавлению.

9. В зависимости от состава, физико-механических и реологических свойств вещества малых тел впервые выделены пять основных групп твердых тел Солнечной системы, которые характеризуются индивидуальными параметрами гравитационной деформации.

Практическая значимость. Полученные автором данные по физико-механическим свойствам малых тел различного состава очень важны для создания надежных инженерных моделей этих тел, используемых при проектировании космических посадочных аппаратов, а также грунтозаборных устройств для исследования этих тел.

Полученные результаты будут полезными также для отбора наиболее интересных с научной точки зрения малых тел для исследования с помощью космических аппаратов.

Полная картина величины и распределения напряжений в твердом природном космическом объекте может быть использована для оценки основных параметров естественного или принудительного разрушения данного объекта и для адекватной оценки астероидной опасности для Земли.

Приведенные характеристики работы, несомненно, указывают на ее высокий научный и профессиональный уровень исполнения, который значительно превышает уровень кандидатской диссертации. Фактически представленная работа является новым самостоятельным направлением исследований в малоизученной области сравнительной планетологии и космохимии. Впервые получены многие новые и важные данные. Все поставленные задачи решены. Все защищаемые положения подкреплены теоретическим и экспериментальным материалом, и, что особенно важно, апробированы на большом объеме наблюдательных данных.

Имеется **несколько замечаний** к представленной работе:

1. Название главы 3 не совсем соответствует содержанию. Более правильный вариант: Аналитическое решение для гравитационной деформации малых тел.
2. В главе 3 приведено решение для двухосного эллипсоида, между тем как основной референц-фигурой в геофизике считается трехосный эллипсоид. Ясно, что расчеты для последнего более сложны, но, тем не менее, хотелось бы увидеть оценки расхождений для напряжений.
3. Структурное разделение диссертации на 4 главы не совсем удачное. 4 глава, разделенная на 4 подраздела, получилась слишком перегруженной. Названия подразделов в этой главе слишком подробные, длинные и неудобные. Следовало бы подразделы этой главы выделить в самостоятельные главы. Это сделало бы структуру диссертации более простой и более последовательной. Например, Глава 4 – Гравитационная деформация малых ледяных тел; Глава 5 – Гравитационная деформация койперовских объектов; Глава 6 – Гравитационная

деформация металлических астероидов; и наконец, Глава 7 – Гравитационная деформация малых силикатных тел.

4. В силу междисциплинарного характера в работе используются специфические термины из различных областей науки. Необходимо работу дополнить кратким глоссарием, который существенно облегчит чтение диссертации различными специалистами.
5. Желательно обсудить такой важный аспект расчетов как вязкость горных пород. Существенно показать порядки основных величин процессов релаксации при значениях температуры, напряжений и т.д. существующих в условиях рассматриваемых космических тел.
6. Слабо отражены результаты последних космических миссий Dawn, New Horizon и т.д. Фигура Весты сейчас принята как трехосный эллипсоид, но обнаружена сильная неравновесность ее фигуры. С чем это связано? Напряжениями в теле или возмущающими действиями окружающих планет и Солнца? Хотелось, чтобы в диссертации были отражены эти актуальные вопросы.
7. В диссертации имеются мелкие опечатки, и ее автору следовало бы еще раз проверить текст на наличие таких опечаток, особенно следует обратить внимание на написание имен собственных.
8. В автореферате диссертации отсутствует список литературы, на которую в тексте автореферата имеются ссылки.

Тем не менее, перечисленные несущественные замечания не влияют на положительную оценку диссертации. Работа интересна, оригинальна по своей тематике, и по целям и поставленным задачам не имеет аналогов. С учетом первой главы, раскрывающей всю историю проблемы, диссертация представляет собой почти законченную монографию, которую рекомендуется издать под лаконичным названием «Гравитационная деформация малых тел Солнечной системы». Результативное содержание диссертации, объем проделанной работы, и новизна исследуемой проблемы превышают квалификационные требования к кандидатской диссертации.

Таким образом, диссертация Е.Н. Слюта соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а сам соискатель, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Зам. лабораторией 531,
доктор физ.-мат. наук



Л.В. Засова