

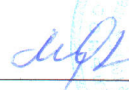



ФАНО России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Трудового Красного Знамени
**ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН РАН)**

Пыжевский переулок, дом 7, строение 1, Москва, 119017 тел.: (495) 951-09-81, факс: (495) 951-04-43, e-mail: gin@ginras.ru
ОКПО 02698737, ОГРН 1037739505858, ИНН КПП 7706007378 770601001

27.03.2017 №13102 - 01-6215/4

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Директор ГИН РАН
ак.  М.А. Федонкин
« 27 »  2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Антипина Александра Николаевича «Численное моделирование распределения температуры во внутренних областях Земли и Луны на стадии их аккумуляции»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Изучение термического и реологического состояний нашей планеты и ее естественного спутника на их младенческой стадии существования имеет большое значение для решения фундаментальных проблем сравнительной планетологии и для моделирования фазового состояния и температурного поля различных геосфер.

Высказанная в конце 40-х годов XX века О.Ю. Шмидтом и Ф. Хойлом гипотеза аккреции Земли из холодного вещества протопланетного газопылевого облака оказалась на редкость плодотворной не только при объяснении механизма образования планет, но также и при рассмотрении эволюции Земли на планетной стадии ее развития. Величина энергии аккреции огромна - $23 \cdot 10^{31}$ Дж. Часть этой энергии (примерно 15%) ушла на упругое сжатие вещества в земных недрах, но и оставшейся энергии было достаточно для разогрева Земли. По оценкам В.С.Сафронова, процесс формирования Земли длился 10^8 лет, поэтому энергия аккреции не расплавила земное вещество полностью. Температура недр повышалась постепенно и достигла к концу протопланетного периода 1500°C на глубине 500 км в мантии. Таким образом, первичная энергия сыграла свою главную роль в младенческом возрасте планеты.

Так интерпретировали проблему раннего развития Земли 30-40 лет назад. Но как правильно отмечает диссертант, появление новых изотопных систем (например, вольфрам-гафниевой) позволило доказать, что радиогенная теплогенерация в недрах

непрерывно ослабевала по мере исчерпания радиоактивных элементов. Короткоживущие радиоактивные изотопы ^{26}Al , ^{10}Be , ^{36}Cl , ^{60}Fe и т.п. (*почему-то в работе обсуждается теплогенерация только за счет распада ^{26}Al ?*) практически полностью распались уже в течение первых десятков млн. лет жизни Земли, хотя на современном этапе развития планеты радиотеплогенерация за счет распада долгоживущих изотопов (^{238}U , ^{232}Th и ^{40}K) составляет по разным оценкам от 30 до 70% от суммарного тепловыделения. Выделявшееся «радиогенное тепло» добавлялось к энергетическому эффекту аккреции, в которой на последних этапах участвовали и гигантские тела, достигавшие размеров Марса. По современным представлениям, энергия, выделенная в ходе аккреции, привела к образованию «магматического океана» – почти полностью расплавленной силикатной оболочки, и дифференциации вещества Земли с формированием Fe-Ni ядра. За относительно короткий период (~ 70 млн лет) земное ядро было сформировано практически полностью, а разделение питающих резервуаров ядра и мантии произошло еще быстрее. Наиболее убедительная аргументация эволюции Земли с геохимических и планетологических позиций для этого этапа приведена в недавней монографии И.Н. Толстихина и Дж. Крамерса, которая, однако, оказалась неизвестной диссертанту¹.

Диссертация, изложенная на 77 страницах, состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающего 110 наименований, из которых 38 ссылок – это зарубежные авторы.

Два защищаемых положения достаточно полно обоснованны, хотя оригинальный фактический материал, полученный при численном моделировании и изложенный в третьей главе, посвящен обоснованию только второго защищаемого положения. Аргументация для доказательства первого из «положений» была известна и опубликована раньше, чем появилась данная диссертация.

Первая глава носит характер компилятивного аналитического обзора знаний о существующих моделях гетерогенной аккумуляции, в которых предполагается, что формирование железного ядра произошло в два этапа. На начальной стадии образовались планетезимали – родительские тела, возможно достигавшие размеров Марса. А на заключительной стадии планета формировалась в результате столкновения родительских тел. На начальном этапе аккумуляции планеты выделялось так много тепла при распаде короткоживущих изотопов, что центральные области Земли и других планет земной группы были в расплавленном состоянии. Это важный фундаментальный вывод, но он

¹ *Tolstikhin I.N., Kramers J.D. The Evolution of matter from the Big Bang to Present Day. Cambridge University Press, 2009, 521 pp.*

были озвучены в научной литературе раньше. В частности, об этом было написано в нескольких статьях и в отчетах по грантам РФФИ рукой научного руководителя диссертанта. На основании анализа схемы энергодбаланса и механизмов теплопередачи автор делает вывод, что тепловая эволюция должна рассматриваться в двухмерной или трёхмерной постановке, чтобы учитывать неравномерное нагревание.

Вторая глава описывает методику и предлагает алгоритмы для интерпретации геофизических данных о распределении плотности, давления, температуры, ускорения силы тяжести. Недостатком этого описания является то, что автор не приводит в явном виде диапазон входящих в уравнения параметров (тепло- и температуропроводности различных геосфер, плотности вещества в них, удельной теплоемкости и т.п.). Было бы легче воспринимать философию авторской интерпретации и анализировать достоверность конечного результата. Несмотря на заявление о необходимости двух- или трехмерной постановке задачи тепловой эволюции, автор все же останавливается на конечноразностной аппроксимации термической эволюции в одномерной постановке. Рецензент, однако, не относит эту формулировку к категории замечаний. Если бы автор привел нестационарное решение для ранней эволюции планеты в трехмерной постановке, то оппонировавшая организация ходатайствовала бы о присуждении соискателю более высокой степени, чем кандидатская.

Третья глава является ключевой в работе, и только за нее автор уже заслуживает присуждения искомой степени. В этом разделе приведены решения задачи о распределении температуры для сферической Земли и Луны. Неоднородности температуры в сфере вдоль радиуса планет автор объясняет случайным распределением импактных событий. Полученные решения, по мнению автора, обосновывают задание начальных условий для более детального моделирования с учетом аккреции и гравитационной дифференциации.

Работа не лишена недостатков, многие из которых упомянуты в тексте отзыва. Но общее впечатление от хорошей, в целом, работы «смазывается» вопиющей небрежностью при ее технической подготовке. Подсчитано, что среднее по всему тексту количество грамматических и стилистических ошибок составляет 4-5 шт./стр. Для русскоязычного соискателя это недопустимо. Для библиографических ссылок существует стандарт, который соблюдают все научные журналы. Автор, который имеет публикации в этих журналах, должен был бы соблюдать этот формат. Но библиографический список написан таким образом, что невозможно понять состав авторского коллектива.

Анализ содержания автореферата и диссертации показывает, что они адекватно отражают результаты и выводы данной работы.

Учитывая актуальность, новизну, теоретическую значимость проблемы и доказанность защищаемых в диссертации положений, ведущая организация считает, что работа соответствует уровню кандидатских диссертаций и может быть охарактеризована как законченная квалификационная работа. В этой связи, автор данной работы, А.Н. Антипин, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Отзыв ведущей организации подготовлен на основании заключения структурного подразделения Института – лаборатории тепломассопереноса.

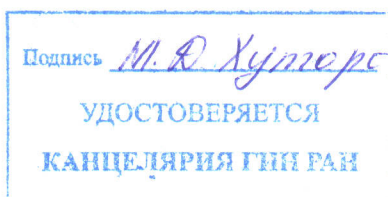
Зав. лабораторией тепломассопереноса ГИН РАН
доктор геол.-мин. наук, профессор



М.Д. Хуторской

Хуторской Михаил Давыдович
Заведующий лабораторией тепломассопереноса
доктор геолого-минералогических наук, профессор

119017, Москва, Пыжевский переулок, 7
тел.: +7-495-9592756, факс: +7-495-9510443
e-mail: mkhutorskoy@ginras.ru



Зав. канцелярии:

