

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Горностаевой Анастасии Александровны
**«РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ ЗЕМНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ
ПО ГЕОТЕРМИЧЕСКИМ ДАННЫМ»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных
ископаемых»

В представленной работе развивается новое направление в палеоклиматическом анализе геотермических данных, связанное с оценками элементов теплового баланса земной поверхности.

Актуальность рассматриваемой в диссертации проблемы не вызывает сомнений, поскольку 1) изучение палеоклимата Земли относится к важнейшим проблемам современных климатических исследований, таких, как определение соотношения естественных и антропогенных факторов в современном глобальном потеплении и прогноз будущих климатических изменений; 2) геотермический метод реконструкции палеоклимата, основанный на анализе скважинных термограмм, бурно развивавшийся в последние десятилетия, позволяет реконструировать только прошлые изменения температуры земной поверхности, связанные с изменениями климата; 3) в палеоклиматическом анализе геотермических данных происходит переход к оценкам элементов теплового баланса земной поверхности, а именно – вариаций климатически обусловленного теплового потока через земную поверхность, что важно для изучения энергетики климатических процессов и факторов, определяющих естественную и антропогенную составляющие климатической изменчивости.

Основные задачи исследований представлены автором, исходя из цели данной работы, и определяют структуру диссертации. Целью диссертационной работы является создание комплексного подхода к изучению вариаций теплового потока через земную поверхность в прошлом, включая обоснование возможности реконструкции, разработку методики восстановления палеоклиматических вариаций теплового потока по геотермическим данным, получение новых региональных реконструкций историй изменения температуры и потока, а также обоснование основных подходов к их интерпретации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников.

Текст работы достаточно хорошо структурирован, разделы имеют внутреннюю логику и взаимосвязь.

Во Введении автором обоснована актуальность темы, степень изученности проблемы, описаны цели и задачи исследований, теоретическая и практическая значимость, методы исследований. Здесь же раскрыта научная новизна результатов, достаточно хорошо сформулированы выносимые автором на защиту основные научные положения, охарактеризованы достоверность результатов и апробация работы.

Глава 1 анализирует формирование теплового поля верхней части земной коры. Кратко рассматриваются внутренние источники тепла и их влияние на результаты палеоклиматического анализа скважинных термограмм (Раздел 1.1). Приводятся данные о тепловом балансе земной поверхности (Раздел 1.2). Рассмотрен вклад различных составляющих в тепловой баланс земной поверхности. Сделан вывод, что при рассмотрении многолетних трендов значение теплового баланса не будет нулевым из-за изменений условий на поверхности, вследствие чего возникает климатически обусловленный тепловой поток через земную поверхность (SHF). Анализируя этот поток можно оценить изменения условий на земной поверхности. В Разделе 1.3 рассмотрено, как в простейшем случае формируется нестационарная компонента теплового поля разреза под действием вариаций климатически обусловленного теплового потока и связанных с ними изменений температуры поверхности. Обсуждается влияние факторов неклиматической природы, которые могут вносить значительные искажения в палеоклиматические реконструкции (Раздел 1.4).

Глава 2 посвящена описанию методов реконструкции температурной и тепловой истории земной поверхности по геотермическим данным. Рассмотрены принципы инверсии геотермограмм (Раздел 2.1), наиболее распространенные методы реконструкции температурной истории земной поверхности (Раздел 2.2), а также специфика применения геотермического метода (Раздел 2.3). В Разделе 2.4 очень коротко представлены два способа реконструкции теплового потока через земную поверхность: 1) Инверсия скважинных термограмм; 2) оценка вариаций теплового потока по уже реконструированным температурным историям.

В Главе 3 предложен новый алгоритм взаимной трансформации температурной истории земной поверхности (GST) и теплового потока через земную поверхность (SHF) (Разделы 3.1 и 3.4). Алгоритмы взаимной трансформации температуры и теплового потока реализованы в виде блоков компьютерной программы. Выполнены анализ погрешностей реконструкции теплового потока при использовании различных моделей аппроксимации температурной истории (раздел 3.2) и экспериментальная проверка алгоритма GST – SHF трансформации. Показано, что по сравнению с существующим алгоритмом, разработанный

алгоритм GST – SHF трансформации более универсален и обеспечивает большую точность восстановления теплового потока.

В Главе 4 разработан и программно реализован алгоритм орбитальной корректировки временных шкал геотермических реконструкций палеоклимата, имеющий существенное преимущество по сравнению с известной методикой орбитальной подгонки, так как для синхронизации производится сопоставление двух энергетических параметров, за счет чего автоматически вносится необходимый сдвиг между внешним тепловым воздействием и температурной реакцией на него.

Глава 5, завершающая, посвящена описанию результатов региональных оценок изменений теплового потока через земную поверхность и их палеоклиматической интерпретации. Интересная, насыщенная глава. Выполнены палеоклиматические реконструкции теплового потока за последние 30000 лет на Урале, в Карелии и в Канаде, и за 1000 и 150 лет на Урале. Несомненным достоинством работы является использование, кроме геотермических, других палеоклиматических данных при анализе и интерпретации результатов. Значительную научную ценность представляют собой полученные выводы о том, что основным фактором, определяющим изменение теплового баланса земной поверхности в масштабе ледниково-межледниковых циклов, является солнечная радиация, а в вековых колебаниях климата значение солнечной радиации ослабевает, и ведущую роль начинают играть изменения концентрации двуокси углерода в атмосфере. Несомненно, необходимо продолжить исследования в данном направлении.

Заключение суммирует результаты работы с учетом их новизны и возможности дальнейшего использования в геофизических исследованиях.

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, в достаточной степени обоснованы. Их достоверность определяется использованием аппарата математической физики, стандартных математических и статистических методов анализа данных, подтверждается результатами экспериментальных исследований, хорошим согласием с косвенными палеоклиматическими свидетельствами.

Научная новизна полученных автором результатов состоит в том, что теоретически обоснована возможность реконструкции новой палеоклиматической характеристики - изменений теплового потока через земную поверхность – и ее палеоклиматическая информативность. Разработан и программно реализован алгоритм оценки изменений теплового потока через земную поверхность по данным об изменениях температуры поверхности. Предложен новый показатель климатической чувствительности Земли к внешним радиационным воздействиям, представляющий безразмерное отношение приращений тепловых потоков – через земную поверхность и внешнего потока радиации.

Впервые разработана и программно реализована методика построения временных шкал геотермических реконструкций температуры и потока, основанная на синхронизации теплового потока и изменений внешних радиационных факторов климата путем корректировки коэффициента эффективной теплопроводности пород. Методика представляет собой адаптированную версию орбитальной корректировки (orbital tuning) палеотемпературных кривых. Впервые получены реконструкции климатически обусловленных изменений теплового потока через земную поверхность длительностью 30 тысяч лет (Урал, Карелия, Канада). Впервые проведено сопоставление вариаций климатически обусловленного теплового потока с различными факторами внешнего радиационного воздействия, такими как изменение инсоляции, солнечной радиации, вариации концентрации двуокиси углерода CO_2 и вулканических сульфатов SO_4 в атмосфере. Основным фактором, определяющим глобальные климатические изменения масштаба 10^3 - 10^5 лет в исследованных районах, является изменение солнечной радиации (инсоляции, солнечной активности). В вековых колебаниях климата значение солнечной радиации ослабевает, и ведущую роль начинает играть изменения концентрации двуокиси углерода в атмосфере.

Геотермические реконструкции изменений теплового потока через земную поверхность существенно расширяют интерпретационные возможности палеоклиматических исследований и, в конечном итоге, способствуют лучшему пониманию функционирования климатической системы Земли. Оценки климатически обусловленных изменений теплового потока могут быть полезны при разработке и совершенствовании моделей общей циркуляции атмосферы. Разработанный алгоритм и программное обеспечение могут быть использованы не только для палеоклиматического анализа геотермических данных, но и при оценке вариаций потока тепла в суточном и годовом цикле по данным инструментальных температурных наблюдений.

Личный вклад А.А.Горностаевой в проделанном исследовании значителен. Об этом свидетельствуют работы, выполненные с разными соавторами, статьи, в которых она выступает лидирующим автором, лично сделанные доклады на международных, в том числе, зарубежных конференциях.

По содержанию и оформлению диссертации имеются следующие замечания:

1. Общим недостатком работы является отсутствие выводов для каждой из глав.
2. Следовало бы давать четкое определение используемым терминам перед первым употреблением, особенно, если они используются не в общепринятом значении. Например, первое упоминание термина «теплосодержание верхней части литосферы» на стр. 26 не

вызывает вопросов. Далее, на стр. 72 количественно оценивается изменение теплосодержания верхней части литосферы в Дж/м², и это уже требует пояснений. Их можно найти только в примечании к таблице 5.3. на стр. 86. В любом случае, не объясняется, какова мощность рассматриваемой «верхней части литосферы».

3. Необходимо было более подробно остановиться на сущности реконструируемого теплового потока через земную поверхность. В частности, на его отличие от стационарного геотермического теплового потока, особо выделив то обстоятельство, что положительные значения этих потоков направлены в разные стороны. Отсутствие такого подробного разъяснения будет вызывать путаницу. Было бы полезно сравнить величины этих потоков.

4. Было бы полезно развить идею использования нового показателя климатической чувствительности, на примерах доказав его преимущества в сравнении с традиционными. Надеюсь, что эта тема найдет свое продолжение в будущих работах соискателя.

Сделанные замечания не имеют принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы.

Публикации в достаточной степени отражают приведенные в диссертации результаты. Результаты работы опубликованы (33 работы) и апробированы (4 международных и 9 российских конференций).

Автореферат достаточно полно и адекватно отражает результаты, изложенные в диссертации.

Таким образом, диссертация А.А. Горностаевой является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи о создании комплексного подхода к изучению вариаций теплового потока через земную поверхность в прошлом, включая обоснование возможности реконструкции, разработку методики восстановления палеоклиматических вариаций теплового потока по геотермическим данным, получение новых региональных реконструкций историй изменения температуры и потока, а также обоснование основных подходов к их интерпретации. Работа соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), с изменениями Постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Ее автор, Горностаева Анастасия Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент

Главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геофизики

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (сокращенно: ИГ УНЦ РАН),

доктор физико-математических наук



Голованова И.В.

05 июня 2017 г.

Голованова Инесса Владимировна

доктор физико-математических наук, специальность ВАК 25.00.10 - «Геофизика,

геофизические методы поисков полезных ископаемых»,

главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геофизики

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук (сокращенно: ИГ УНЦ РАН)

Адрес: 450077, Уфа, Центр, К.Маркса, 16/2

Тел.: +7 (347) 272-82-56

Факс: +7 (347) 273-03-68

E-mail: golovanova@ufaras.ru

Я, Голованова Инесса Владимировна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Голованова И.В.

Подпись главного научного сотрудника, заведующего лабораторией геофизики ИГ УНЦ РАН, доктора физ.-мат. наук Головановой Инессы Владимировны заверяю.

Ведущий специалист по кадрам



Р.Х.Акишина