

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Феофилактова Сергея Олеговича
«Блоковая структура Паужетского геотермального месторождения
(Южная Камчатка): новая геолого-геофизическая модель»,
представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-
минералогических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика,
геофизические методы поисков полезных ископаемых

Общая характеристика работы. Диссертация изложена на 161 странице, включает введение, 5 глав, заключение и библиографию из 200 наименований. Работа написана грамотным научным языком и хорошо иллюстрирована. Всего в диссертации 65 рисунков и одна таблица. Диссертационная работа прекрасно структурирована, что облегчает её понимание и положительно влияет на общую оценку.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, а также включены все необходимые для диссертации разделы: личный вклад автора, научная и практическая значимость и т.д. Сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

Целью исследований является выделение геологических структур, контролирующих перенос тепла в районе Паужетской гидротермальной системы, создание геолого-геофизической модели зон разгрузки парогидротерм в пределах Паужетского геотермального месторождения и гидротермальной системы.

Необходимо отметить исключительную актуальность проведённых исследований, их теоретическую и практическую значимость для современной науки и практических приложений.

Рецензент отмечает хорошую апробацию работы. Результаты изложены в 18 публикациях, три из них, содержащие основные результаты исследований, опубликованы в самых авторитетных журналах, представляющих профильные направления в науках о Земле. Это высокорейтинговые журналы «Геология и геофизика» и «Вулканология и сейсмология».

В контексте современной повестки энергетической трансформации взвешенный, основанный на научных данных ввод в промышленный оборот гигантских гидротермальных ресурсов Камчатки имеет неоспоримую перспективу.

Дадим краткую характеристику представленной работы по основным разделам.

В первой главе дан глубокий анализ современного состояния исследований геотермальных районов, систем и месторождений геолого-геофизическими методами. Отмечено, что гидротермальные системы и геотермальные месторождения, как правило, приурочены к областям современного и четвертичного вулканизма. Они расположены в зонах сочленения региональных тектонических блоков, коровых разломах, которые их контролируют. Автором проанализированы

практически все известные геолого-геофизические концептуальные модели геотермальных систем мира и Камчатки. Отмечена устойчивая тенденция в новейших геофизических исследованиях в геотермии: проведение комплексных геофизических работ и интерпретация данных на основе обобщения материалов детальных геолого-гидрогеологических и минералого-геохимических исследований. Такая методология обеспечивает максимальную достоверность результатов и используется в настоящей работе.

Вторая глава полностью посвящена Паужетскому геотермальному району, кстати, наиболее изученному району Камчатки. Здесь ещё в 1966 г. была построена первая в СССР геотермальная станция, она работает в настоящее время. Во второй главе приведено геологическое описание района и основных термальных полей. Рассмотрена существующая модель теплового питания и разгрузки термальных вод. Согласно этой модели, источником тепла являются магматические очаги вулканического хребта Камбальный, термальные воды по двум водоносным горизонтам стекают с тектоно-магматического поднятия хребта Камбальный и разгружаются в пределах центральной части Паужетской депрессии, образуя одноименную гидротермальную систему

Дискутируется вопрос об источнике тепла. Автор соглашается с предшественниками в том, что источник тепла для Паужетской гидротермальной системы находится за пределами её геологической структуры, и приводит обобщённые сведения о геофизических исследованиях методами электроразведки, магниторазведки, терморазведки, а также данные по петрофизическим свойствам пород Паужетского геотермального месторождения.

Третью главу соискатель посвятил изложению исследований комплексом геофизических работ методами электроразведки, магниторазведки, гравиразведки, микросейсмического зондирования, терморазведки. Отметим площадной и профильный характер наблюдений, а также укажем на использование самого современного геофизического оборудования и методов обработки и интерпретации. Полученные данные обработаны с использованием адекватного программного инструментария. Приведённые в третьей главе материалы убеждают рецензента в хорошей точности и достоверности представленных данных геофизических исследований.

В четвёртой главе приведён фактический материал и его интерпретация, выполненная соискателем (данные получены на основных термальных полях (районы Верхне-Паужетского и Восточно-Паужетского термальных полей) и за пределами месторождения).

По данным термометрии выделены термоаномалии. По результатам электроразведочных работ методом ВЭЗ построены геоэлектрические разрезы, на которых выделены контрастные по удельному электрическому сопротивлению слои. На основании магниторазведочных работ также выделены аномалии.

По результатам гравиразведочных работ получены повышенные значения аномального гравитационного поля в центральной части термального поля, что

согласуется с данными магниторазведки и указывает на наличие пород высокой плотности в приповерхностной части разреза.

Построены геоэлектрические разрезы по электроразведочным данным ВЭЗ, АМТЗ и МТЗ. По результатам ВЭЗ получен геоэлектрический разрез верхней части геологического разреза (глубина до 500-600 м). Выделены неоднородности в строении верхнего водоносного комплекса Паужетской гидротермальной системы, по результатам АМТЗ и МТЗ выделено 6 горизонтов.

Проинтерпретированы также результаты микросейсмических зондирований, выделены скоростные аномалии, связанные с активной гидротермальной деятельностью.

В пятой главе соискатель сосредоточился на изложении материалов по построению геолого-геофизических моделей термальных полей, геотермального месторождения и гидротермальной системы. Соискатель провёл комплексное геофизическое моделирование с учетом имеющихся геологических данных, предложил концептуальные модели блокового строения участков Паужетского геотермального месторождения и Паужетской гидротермальной системы. Защищаемые положения сформулированы как результаты построения геолого-геофизических моделей для Восточно-Паужетского термального поля, Паужетского геотермального месторождения и Паужетской гидротермальной системы.

В Заключение изложены основные научные положения и результаты, сформулированные соискателем по итогам проведённого исследования.

Основное место в работе занимает обоснование и изложение процесса построения новой геолого-геофизической модели Паужетской гидротермальной системы, Восточно-Паужетского термального поля, Паужетской гидротермальной системы в целом и ее сочленения с региональными геологическими структурами. Таким образом, в диссертации рассмотрены три геолого-геофизические модели, последовательно объясняющие строение зон разгрузки парогидротерм: в районе отдельных блоков системы в фланговой части месторождения (Восточно-Паужетское термальное поле); в наиболее изученной центральной части Паужетского геотермального месторождения (район Верхне-Паужетского термального поля); и в Паужетской геотермальной системе в целом.

Три связанные между собой задачи объединены общей методологией и единым подходом на основе комплекса геолого-геофизических данных, для которых автор предложил собственную интерпретационную трактовку с концептуальным наполнением. Базовым положением концепции является блоковое строение, определяющее специфику процессов внутри генетически связанных областей.

Основные результаты диссертации и их новизна. Соискатель выносит на защиту следующие научные положения:

1. Определено строение и происхождение зоны разгрузки парогидротерм в районе Восточно-Паужетского термального поля. Установлено, что зона разгрузки парогидротерм характеризуется слоисто-блоковым строением аргиллизированных пород и положительными аномалиями магнитного и гравитационного полей в

центральной части структуры. Выделено субвулканическое тело среднего-основного состава, апикальные части которого контролируют подъем глубинных термальных вод к дневной поверхности.

2. Структура зон циркуляции различных типов вод в центральной части Паужетского геотермального месторождения определяется концентрически-зональным строением приподнятого тектоно-магматического блока и распределением геологических неоднородностей, как первичных (магматического или вулканогенно-осадочного происхождения), так и образованных вследствие гидротермально-метасоматического изменения вмещающих пород. Формирование структуры зон разгрузки восходящих термальных вод на Паужетском месторождении продолжается в настоящее время.

3. Определен источник теплового питания Паужетской гидротермальной системы. Тепло поступает из недр Камбального вулканического хребта по горизонту разуплотненных пород, выделенному между терригенным и кристаллическим фундаментами. Выступы фундаментов определяют высокую проницаемость верхних горизонтов земной коры в районе Паужетского геотермального месторождения. Кольцевые приподнятые тектоно-магматические блоки, характеризующиеся контрастными петрофизическими свойствами пород, контролируют разгрузку парогидротерм, связывая глубинный тепловой поток с близповерхностными водоносными горизонтами.

Основные элементы новизны, которые отмечает рецензент, это (1) впервые определены детальное строение и физические характеристики зон разгрузки парогидротерм; (2) выделена система блоков, контролирующая разгрузку теплового потока в структуре Паужетского геотермального месторождения; (3) определен глубинный источник тепла для Паужетской гидротермальной системы.

Обоснованность и достоверность результатов диссертации базируется на комплексном подходе и анализе непротиворечивости данных геофизических исследований методами магниторазведки, гравиразведки, микросейсмического зондирования, термометрии и электроразведки, хорошей геологической изученности месторождения.

Результаты диссертационной работы С.О. Феофилактова прошли апробацию на конференциях и семинарах, опубликованы в 18 научных статьях и материалах конференций, значительная их часть в рецензируемых изданиях, в том числе 3 в изданиях, рекомендуемых ВАК.

Значимость результатов для науки и практики. Практическая значимость диссертации определяется возможностью использования предложенных и обоснованных автором моделей для развития гидротермальной энергетики на Камчатке, а фундаментальные результаты соискателя будут востребованы следующими поколениями исследователей недр Курило-Камчатской вулканической системы, богатых гидротермальными ресурсами.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН может

внедрить наработки соискателя при выполнении своих проектов по исследованию вулканических систем. Часть разделов диссертации может быть использована как учебный материал в курсах на геолого-геофизическом факультете НГУ и других профильных университетах.

Замечания. Как любая большая работа, диссертация и автореферат не лишены недостатков. Рецензент не считает их принципиальными, они не снижают высокую оценку квалификации соискателя и безусловное соответствие работы уровню кандидата геолого-минералогических наук.

Название диссертационной работы сформулировано с акцентом на блоковую структуру, которая, конечно, определяет многие особенности, но не является главной сущностью построенных моделей. Действительно, соискателем предложена новая геолого-геофизическая модель Паужетского гидротермального месторождения. С этим рецензент совершенно согласен!

Известно, что электрическое сопротивление пород зависит от минерализации насыщающих их флюидов, которая, в свою очередь, характеризует генезис жидкости и тип областей гидротермальной системы. Этот аспект мог бы быть рассмотрен в диссертации и использован при построении автором своих моделей.

Работа, безусловно, представляет интерес для мирового сообщества учёных, занимающихся исследованиями гидротермальных систем и должна быть представлена в ведущих международных журналах. Надеюсь, это пожелание соискатель сможет исполнить в недалёком будущем.

Не могу не указать на мелкие недочёты в тексте диссертации и автореферата. Первый рисунок, приведённый в автореферате, имеет номер 5, а после рисунка 11 появляется рисунок 1. Часть надписей на рисунках в автореферате не читается, так как выполнена недопустимыми размерами шрифтов.

Автор допускает терминологические неточности, например, на стр. 148 в перечислении «...геофизические, геологические, геотермические...» выводит из геофизических один из появившихся первым геотермический метод. На стр. 13 автореферата читаем «**Модель структуры** Восточно-Паужетского термального поля основана на блоковой модели...». Рецензент рекомендует корректнее пользоваться понятием «модель», понимая под ним принятый в науке модельный подход.

Защищаемые научные положения, сформулированные соискателем, по форме и содержанию больше соответствуют научным результатам.

Имеются отдельные опечатки. К чести автора, немногочисленные!

Заключение. Диссертация Феофилактова Сергея Олеговича «Блоковая структура Паужетского геотермального месторождения (Южная Камчатка): новая геолого-геофизическая модель» является логически завершённым научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне с применением современных инструментов познания и средств интерпретации разнородных геолого-геофизических данных. В работе решены актуальные задачи, имеющие научную значимость и очевидные перспективы практического применения.

Представленная диссертация соответствует паспорту специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых в части пунктов: 14, 16 и 22.

Автореферат достаточно ёмко отражает содержание диссертации и полностью соответствует её основным положениям.

Диссертация Феофилактова Сергея Олеговича «Блоковая структура Паужетского геотермального месторождения (Южная Камчатка): новая геолого-геофизическая модель» – это научно-квалификационная работа, содержащая оригинальные подходы к успешному решению следующих основных задач:

- получение новых данных о геологическом строении Паужетской гидротермальной системы и одноименного геотермального месторождения с использованием комплекса современных геофизических методов;
- выделение геолого-гидрогеологических структур: системы блоков, контролирующей водное и тепловое питание месторождения; зон кипения перегретого флюида и локальных зон приповерхностного кипения растворов и др.;
- создание геолого-геофизических моделей зон питания и циркуляции гидротерм в пределах Паужетского геотермального месторождения и гидротермальной системы.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент

Ельцов Игорь Николаевич

доктор технических наук, профессор,

главный научный сотрудник

Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Института

нефтегазовой геологии и геофизики

им. А.А. Трофимука Сибирского отделения

Российской академии наук

Почтовый адрес: 630090, Новосибирск, проспект Академика Коптюга, д. 3

Тел.: +7 (383) 330 75 55

Эл. почта: yeltsovin@ipgg.sbras.ru

25 августа 2022 г.

