

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**ИНСТИТУТ ВУЛКАНОЛОГИИ
И СЕЙСМОЛОГИИ**

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИВиС ДВО РАН)

683006, г. Петропавловск-Камчатский,
бульвар Пийпа, 9

Тел. (4152) 302502, факс: (4152) 297982

E-mail: volcan@kscnet.ru,

ОКПО 71811529, КПП 410101001,

ИНН 4101095937

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИВиС ДВО РАН
Муромов Я.Д.

сентября 2018 г.

14.09.2018 № 16163-438

На № _____ от _____

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу Шевко Елизаветы Павловны "Физико-химическая модель формирования активных газогидротерм Камчатки и Курильских островов", представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности **25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых.**

Актуальность для науки и практики. Актуальность темы определяется недостаточной разработкой вопросов, связанных с изучением процессов, протекающих в недрах вулcano-гидротермальных систем, следствием которых является формирование различных типов термальных вод, разгружающихся на склонах и у подножия вулканов. С практической точки зрения, выявление источника различных компонентов в термальных растворах, зонах их выщелачивания и накопления позволяет предсказывать условия формирования рудных месторождений. В представленной работе использован комплексный подход, приведены результаты гидрогеохимических, геофизических, петрологических, петрохимических, петрофизических исследований, большое внимание уделено физико-химическому моделированию. Результаты, полученные современными методами исследования вещества с использованием новейшей аппаратуры и высоких технологий, а также систематизация обширного фактического гидрогеохимического материала, позволили автору создать собственную концепцию формирования различных химических типов термальных вод. Под руководством автора разработан новый подход к

формированию концепции физико-химических моделей, в которых учитывается строение флюидопроводников и зависящая от него смена фазового состава системы.

Структура и основное содержание. Диссертация состоит из 6 глав, введения, заключения и списка литературы, изложена на 209 страницах. Текст диссертации содержит 24 таблицы, 66 рисунков. В основу диссертационной работы положены результаты химических анализов более 2000 водных проб, конденсатов фумарольных газов, твердого вещества. Результаты исследований докладывались автором на многочисленных международных и всероссийских совещаниях. По теме диссертации опубликованы 3 монографии, 15 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки, 3 объекта интеллектуальной собственности и более 80 публикаций в тематических сборниках.

Во введении автор формулирует актуальность, обосновывает задачи и представляет защищаемые положения. В работе три защищаемых положения, построенные на основе разнообразных фактических данных, но доказанные, в основном, физико-химическими моделями.

Глава 1 посвящена обсуждению состояния проблемы. Автор подчеркивает, что во всем Мире, вопросы связанные с изучением вулкано-гидротермальных систем обсуждаются активнее чем в России, что частично соответствует истине. Говоря об основоположниках исследования термальных вод региона, автор не упоминает С. И. Набоко, многочисленные статьи и монографии которой посвящены металлоносности термальных вод, осадков и метасоматитов Камчатки и Курильских островов. Нет ссылок на В.Д. Пампура, рассматривавшего вопросы геохимии гидротермальных систем областей современного вулканизма, Г.А. Карпова, Г.Ф. Пилипенко и многих других исследователей. Кроме того, в обзор не включены ссылки на профильные работы, проводившиеся непосредственно на объектах исследования. Гидротермальные системы вулканов Мутновский, Эбеко и Головнина с различных позиций довольно детально изучались во второй половине 20-го века (Сидоров, 1966; Вакин и др., 1976; Никитина, 1978 и многие другие). В представленный обзор также не вошли исследования последних лет, проводимые сотрудниками ИВиС ДВО РАН, как на Камчатке, так и на Курильских островах (Селянгин, 2016; Kalacheva et al., 2016, 2017; Taran 2018 и др.).

Глава 2 включает описание методов на всех этапах исследования. Использование традиционные полевых методов опробования (геохимические, петрологические) позволяют предполагать, что работа выполнена на основе надежного фактического материала. Применение параллельно с опробованием электроразведки дает возможность

зафиксировать и описать структуры подводящих каналов газогидротерм. Широкий круг химико-аналитических методов, в том числе петрофизический анализ образцов вулканогенных пород позволили автору получить достоверные данные для построения количественных моделей (Глава 6). Большая часть главы посвящена описанию разработанного Елизаветой Павловной подхода, совмещающего физико-химическую и гидродинамическую модели. Представлены как концептуальные модели, так и уравнения, позволяющие понять принципы сопряжения программных комплексов (ПК). В диссертационной работе обсуждаются равновесно-динамические модели, построенные с помощью ПК Селектор. От своих многочисленных аналогов они отличаются учетом строения флюидопроводника и переходу от условного времени к реальному (за счет вычисления соотношения вступивших во взаимодействие вода/порода).

Глава 3 посвящена географическому и геолого-петрологическому описанию объектов исследования и объединяет в себе как литературные, так и оригинальные авторские данные по строению и составу вулканических построек. Собран обширный материал, который при участии Е.П. Шевко был опубликован в нескольких базах данных. Сделан подробный анализ вулканогенных пород, выделены некоторые интересные особенности (повышенное содержание ряда микроэлементов), изучен состав включений в минералах, что позволило автору делать предположение о составе глубинных магм и флюидов при построении моделей. Однако, данные в работе по составу пород несколько не структурированы, отсутствует единая схема описания объектов исследования, не хватает обобщающих графиков, схематических карт фактического материала. Лучшим решением было бы вынесение всех таблиц, содержащих результаты химических анализов, в отдельное приложение.

В Главе 4, посвященной геохимии термальных вод и вопросам генезиса элементов в их составе, Елизавета Павловна обосновывает первое защищаемое положение. В главе приведен большой спектр гидрогеохимических анализов, представляющих неоспоримую ценность. К таблицам и к структуре описания термальных полей, отдельных групп источников замечания те же, что и в Главе 3. Для каждого из вулканов выделены несколько характерных типов вод, происхождение каждого из типов описывается и делается попытка его обосновать. При выделении отдельных типов (классов), к сожалению, не приведены критерии их выделения. Нет обоснования, в чем преимущество данной классификации, по отношению к уже существующим для термальных вод Курило-Камчатского региона. Следует заметить, что вывод автора о том, что низкие значения pH термальных вод обусловлены, главным образом, поступлением из магматических очагов

по жерлам вулканов газообразных кислот HCl и/или H_2SO_4 не совсем корректен. Серная кислота не может идти из магмы, с флюидом поступает SO_2 , который при растворении в воде рекомбинирует с образованием SO_4 -ионов, H_2S , элементарной серы. В сульфатных водах с низкими значениями или отсутствием хлорид-ионов сульфат-ионы формируются, в основном, за счет окисления сероводорода. В англоязычной литературе существует термин – «нагретые паром, steam-heated» воды, или по классификации Иванова (Иванов, 1956) - фумарольные термы поверхностного формирования.

Убедительно показано, что контрастный состав вод термальных источников на одном сольфатарном поле не может определяться только лишь различными глубинами и условиями формирования, а зависит часто от путей миграции растворов от водоносного горизонта к поверхности. Это защищаемое положение также подтверждается физико-химическими моделями в Главе 6.

В качестве замечания, также необходимо отметить отсутствие обобщающего текста в конце главы, связывающего выбор исследуемых объектов общими процессами, типами вод и т.д. Подобное обобщение, приведено в автореферате при обосновании защищаемого положения.

В Глава 5 дается описание строения приповерхностного пространства термальных полей и раскрывается второе защищаемое положение. Именно методами малоглубинной электроразведки верифицируются результаты моделей, которые доказывают значимую роль приповерхностных фазовых барьеров. На разрезах электротомографии видны разнообразные формы флюидопроводников, содержащих несколько фазовых переходов.

Кроме того, в главе представлены и проанализированы результаты магнитотеллурического зондирования. С помощью данных, полученных на профиле между вулканами Мутновский и Горелый, обосновывается наличие малоглубинных магматических камер.

Глава 6 является систематизацией всех приведенных в работе фактических данных. Представлено несколько физико-химических моделей функционирования вулканогидротермальных систем, которые имеют как описательные, так и предсказательные свойства. Основная цель применения моделирования, продемонстрировать различие состава флюида от строения флюидопроводника, автору удалось в полной мере. Елизавете Павловне удалось показать это, прежде всего, на фазовом составе. Во всех моделях видна миграция фазовых барьеров в зависимости от возраста и строения гидротермальной системы. Хорошо продемонстрировано изменение химического состава раствора в зависимости от степени взаимодействия вода/порода и формирование осадка в

зависимости от РТ-параметров флюида. Однако, в работе не прослеживается верификация формирования зон отложения рудных компонентов с реальными объектами.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства.

Защищаемые положения сформулированы по существу и отображают научные и практические результаты диссертационной работы. Изложенный материал соответствует целевой установке и задачам диссертационного исследования. Полученные научные результаты и выводы являются обоснованными и достоверными.

Основные научные результаты, полученные автором:

- На основе фактических данных, собранных лично автором и при её участии, были сделаны предположения о генезисе термальных водах и источниках химических элементов в их составе для некоторых вулcano-гидротермальных систем Камчатки и Курильских островов.
- На базе термодинамического моделирования взаимодействия вода/порода в приложении к магматическому флюиду и вмещающим породам вулканической постройки объяснены процессы формирования контрастных типов термальных источников и дана количественная оценка перераспределения химических элементов на пути подъёма флюида.
- С помощью геофизического исследования термальных полей получена геоэлектрическая зональность приповерхностного пространства, отражающая пути миграции и фазовых превращений гидротермальных растворов.

Значимость для науки результатов исследований заключается в том, что теоретические выводы дают ответы на некоторые вопросы происхождения, трансформации и функционирования термальных проявлений на активных вулканах, определили круг задач, решение которых будет осуществлено при будущих исследованиях.

Общие замечания. В название работы определены активные газогидротермы Камчатки и Курильских островов. На Камчатке, помимо Мутновского, есть еще несколько вулканов, характеризующихся активной сольфатарной и гидротермальной деятельностью (Кошелев, Камбальный, Дзензур, кальдера Узон и т.д.). Такая же ситуация на Курильских островах. В диссертационной работе, этот факт упускается. Возможно, название стоило более конкретизировать. Кроме того, вулcano - гидротермальные системы имеют сложное строение. Помимо зоны восходящего потока глубинного флюида, существуют латеральные гидротермальные потоки, разгружающиеся у подножия вулканических построек, которые также в работе не рассматриваются, и при построении моделей не

учитываются. Есть замечания по структуре диссертации. Геолого-петрологическое описание не выдержано для отдельных объектов исследования. Нет четких критериев для описания и выделения отдельных типов термопроявлений. Неполно представлен литературный обзор геолого-геофизических и гидрогеохимических работ на объектах исследования.

Заключение. Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Работа обладает научной и теоретической значимостью, что подтверждается доказательствами защищаемых положений, апробацией результатов на международных и всероссийских конференциях, публикацией материалов в рецензируемых журналах и монографиях. Она вносит вклад в решении проблем связанных с определением генезиса различных типов термальных вод, разгружающихся в пределах одного сольфатарного поля. Вносит ясность в вопросы миграции с флюидом, перераспределения и накопления химических элементов. Автореферат и опубликованные работы всесторонне отражают основные положения диссертации. Автореферат и текст диссертации оформлены согласно требованиям нормативно-методических документов. Сделанные замечания не уменьшают научной и практической ценности работы, которая является завершенной на данном этапе исследований. По объему работы, актуальности, новизне и значимости результатов диссертационная работа Е.П. Шевко отвечает критериям "Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям", а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на расширенном заседании лаборатории постмагматических процессов ИВиС ДВО РАН 13.08.2018 г., протокол № 5/18.

Зав. лабораторией постмагматических процессов

ФГБУН Институт вулканологии и

сейсмологии ДВО РАН (ИВиС ДВО РАН)

683006, г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Б.И. Пийпа, 9

keg@kscnet.ru

к.г.-м.н. Калачева Елена Геннадьевна

