

## Отзыв научного консультанта

на диссертационную работу **Калачевой Елены Геннадьевны**

«Ультракислые сульфатно-хлоридные воды вулcano-гидротермальные систем Курильских островов», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых»

Диссертационная работа Калачевой Елены Геннадьевны сконцентрирована на изучении условий формирования, разгрузки и геохимических особенностях одного из наиболее специфических типов термальных вод, встречающихся в областях активного вулканизма. Это ультракислые ( $\text{pH} < 3$ )  $\text{SO}_4\text{-Cl}$  или  $\text{Cl-SO}_4$  (в зависимости от мольного отношения сульфат/хлор) воды, разгружающиеся вблизи эруптивных центров активных вулканов с фреатическим/фреато-магматическим типом извержений.

Эта работа явилась достойным завершением многолетнего труда автора, который можно разделить на несколько основных составляющих. Самое важное, это понимание автором научных задач, способность их решать и непрерывная работа по воплощению результатов в законченные публикации. Кроме того, это ежегодные интенсивные полевые работы в труднодоступных местах. Средние Курильские острова до сих пор почти недоступны для детальных полевых работ. И, наконец, это организационные усилия, включающие подготовку необходимого оборудования, работа с коллективом помощников, очень непростой выбор средств передвижения по Охотскому морю и Тихому океану, и т.д. Сюда же следует включить ответственность по координации и руководству проектами РНФ и РФФИ.

До работ диссертанта по термальным проявлениям Курильских островов интересующиеся пользовались главным образом, монографией Мархинина и Стратулы (1977), где были скомпилированы почти все данные того времени по гидрохимии термальных вод региона. При этом аналитическая гидрохимия была на уровне того времени (во многих анализах были  $\text{Na}+\text{K}$ ,  $\text{H}_4\text{SiO}_{4\text{колл}}$ ,  $\text{H}_4\text{SiO}_{4\text{раств}}$ ). В те времена в отечественной литературе было достаточно много публикаций по источникам Парамушира, Итурупа и Кунашира - островов, куда можно было добраться общественным транспортом. Это были публикации, носившие преимущественно информационный характер: такие-то источники, находятся там-то, такая температура и такой состав. Иногда с попытками понять, как формируются эти воды. Сюда следует отнести работы Л. П. Никитиной, И. Б. Никитиной, В.С. Знаменского, А.В. Зотова, Ю.А. Тарана и другие. Микроэлементы, если и анализировались в те времена какими-то методами (мокрая химия, нейтронная активация), практически не обсуждались. В работах сибирских коллег (С.Б. Бортникова, Е.П. Шевко), по результатам работ первого десятилетия XXI века появились подробные ИСП анализы кратерных источников вулканов Эбеко (о. Парамушир) и Головина (о. Кунашир) с попытками классификации и статистикой данных по микроэлементам. Сахалинские коллеги (работы Р.В. Жаркова), также приводят ИСП анализы микроэлементов в источниках южных островов, но исключительно в качестве информации. Другими словами, гидротермальная деятельность Курильских островов нуждалась в серьезном обобщении на современном уровне.

Для ультракислых вод, которые составляют большинство термальных проявлений, представленных на склонах активных вулканов на Курильских островах, таким обобщением стала диссертационная работа Е.Г. Калачевой. И не только для данного региона. Ультракислые воды, разгружающиеся в постройках активных вулканов, известны во всем мире. Япония, Индонезия, Латинская Америка. Даже Иран. Крайним членом (endmember) этого типа вод служат кратерные озера, о которых написано много, включая обобщающие работы (Varekamp et al., Rouwet et al.). Однако там, где нет удобных кратеров для создания кратерных озер, ультракислые воды находят себе выход на склонах вулканов в виде источников. Работ по геохимии таких проявлений, их расходам, выносу магматических и породных компонентов, мониторингу вулканической активности, геоэкологии – ни в отечественной, ни в мировой науке практически не было (не считая работ по кратерным озерам) до появления публикаций диссертанта.

Таковыми первыми публикациями в международных журналах (JVGR – Journal of Volcanology and Geothermal Research) стали статьи Е.Г. Калачевой о термопроявлениях островов Шиадокан и Парамушир. После этих публикаций она была приглашена стать одним из редакторов спец. выпуска Journal of Volcanology and Geothermal Research (JVGR) «Volcano-Hydrothermal Systems» (V. 346, 2017 г.). Следует также отметить обобщающие многолетние исследования статьи, написанные исключительно на основе результатов, полученных диссертантом - в Geology и JVGR. Первая «*Role of hydrothermal flux in the volatile budget of subduction zone: Kuril arc, northwest Pacific*» – о вкладе ультракислых вод в вынос магматических летучих (Taran, Kalacheva, 2019), и вторая «*Acid sulfate-chloride volcanic waters; Formation and potential for monitoring of volcanic activity*» - обзор обо всех проявлениях ультракислых вод (кроме кратерных озер) вулканических районов Земли (Taran, Kalacheva, 2020).

То есть актуальность этого исследования предельно ясна: получение новых данных на основе современных методов анализа, получение количественных данных по расходам и потокам, обобщение всех имеющихся материалов на эту тему, и что очень важно – создание единого подхода для классификации и интерпретации геохимических данных этого важного типа вулcano-гидротермальных систем. Это сделано впервые Е.Г. Калачевой.

По крайней мере четыре научно-прикладных аспекта напрямую связаны с этой работой. (1) Кислые воды, образованные за счет растворения магматических летучих в подземных водах – это первый шаг в переносе и перераспределении рудных компонентов и последующего формирования эпитеpmальных рудных месторождений. (2) В работе приводятся результаты прямых измерений выноса кислыми вулканическими водами магматических летучих (хлор, сера) в гидросферу. Он оказался сравним с выносом этих компонентов пассивно дегазирующими вулканами в атмосферу. Это очень важно при оценках глобального баланса летучих. (3) В работе показано, что изменения в составе ультракислых вод могут служить индикаторами активности вулкана-хозяина только, если выполняются соответствующие гидрогеологические условия (расход, время водообмена, расположение источников). (4) Благодаря прямым измерениям расходов большого числа водотоков в работе показано, что эрозионная эффективность кислых вод больше чем на порядок выше, чем пресноводных водотоков. Эти количественные данные важны для оценок прочности вулканических построек, селе-лавиноопасности и для других геоэкологических построений.

Отдельно следует сказать о публикациях Е.Г. Калачевой. Большинство ее статей по теме диссертационной работы опубликовано в профессиональных журналах вулканологов. Это JVGR (Journal of Volcanology and Geothermal Research) и отечественный журнал «Вулканонология и сейсмология». За серию работ «Геохимия ультракислых вулканических вод Курило-Камчатского региона» диссертант в 2024 г. стала лауреатом премии Дальневосточного отделения Российской академии наук имени профессора Софьи Ивановны Набоко. Список конференций, на которых она представляла свои работы перед публикацией, также впечатляет. Это Ассамблея Американского геофизического союза (AGU), Ассамблея Европейского союза наук о Земле (EGU), конференции Гольдшмидта (Goldschmidt), Международный симпозиум «Взаимодействие вода-порода» (WRI), Международный геотермальный конгресс (WGC), а также многочисленные отечественные конференции. Надеюсь, что одной из ближайших публикаций будет монография по теме диссертации.

На основании вышеизложенного, а также являясь непосредственным свидетелем последних десяти лет трудового пути соискательницы, считаю, диссертация, подготовленная Е.Г. Калачевой представляет собой научно-исследовательскую работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Защищаемые положения и выводы диссертации характеризуются высокой достоверностью. По актуальности решенных задач, колоссальному объему выполненных работ, фундаментальной и практической значимости, научной новизне, она, несомненно, соответствует требованиям, установленным в Положении о присуждении ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Соискатель Калачева Елена Геннадьевна заслуживает присуждения ей степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1. 6. 4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Главный научный сотрудник  
лаборатории постмагматических процессов  
Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН  
Доктор геолого-минералогических наук

  
Таран Ю.А.

Адрес:  
Бульвар Б.И. Пийпа, д. 9  
г. Петропавловск-Камчатский, 683006  
Email: yuri.taran@gmail.com

Я, Таран Юрий Александрович., автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.





заслужено.

  
08.11.2024