

ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертационную работу Кох Светланы Николаевны «МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩАЯ И ТРАНСПОРТНАЯ ФУНКЦИИ ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ», представленной к защите на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых»

Диссертационная работа Кох С.Н. главным образом посвящена всесторонней характеристике минерального вещества грязевулканических систем и реконструкции генеральных трендов его эволюции. Выбор темы диссертационной работы в значительной мере был обусловлен текущим состоянием исследований минерального вещества грязевулканических систем. До последнего времени оно оставалось охарактеризованным на уровне подходов и представлений 1920 - 1980-х лет и, таким образом, данная отрасль геологических знаний существенно отставала от таких интенсивно развивающихся направлений как гидрогеохимия, геохимия углеводородных и сопутствующих им газов, геофизические исследования (главным образом сейсмика). На материале четырех крупных территорий развития грязевого вулканизма (объекты Керченско-Таманской, Сахалинской, Каспийской и Илийской провинций, с главным акцентом на первых двух) диссертантом были выявлены тенденции фракционирования элементов в ходе развития грязевулканических систем, установлены геохимическая специализация и интенсивность микроэлементной нагрузки в пределах отдельных объектов и территорий и впервые высказаны обоснованные суждения о минералообразующем потенциале данного геологического явления.

С.Н. Кох работает в ИГМ СО РАН с 2002 года, за это время она была ответственным исполнителем серии базовых проектов НИР, руководителем трех грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и двух грантов РФФИ, а также основным исполнителем двух проектов РНФ и двух интеграционных проектов Президиума СО РАН (рук. Э.В. Сокол). Большинство этих проектов были непосредственно посвящено исследованию минералого-геохимических аспектов грязевого вулканизма, а также явлению пирогенного метаморфизма, генетически связанного с горением природного газа. За прошедшее время ею был приобретен большой практический опыт как лабораторных, так и полевых исследований. Девять полевых сезонов (в период 2008-2021 гг.) были непосредственно посвящены работе на различных территориях развития грязевого вулканизма, что позволило создать без преувеличения огромную базу фактического материала. В нее вошли оригинальные результаты полевого обследования объектов Керченско-Таманской, Сахалинской, Каспийской и Илийской провинций грязевого вулканизма и минералого-геохимического изучения всех типов продуктов их выбросов. В общей сложности соискателем самостоятельно и в составе команды коллег было обследовано более 40 грязевых вулканов, выполнено опробование твердых выбросов (450 проб), солей (100 проб) и ореолов пирогенных пород (150 проб), отмыты шлихи из сопочной брекчии (45 проб), отобраны пробы газов (100 проб) и воды (100 проб), определены *in situ* нестабильные параметры вод и выполнена газортутная съемка (12 площадей, 900 замеров).

В результате этой работы, пожалуй, впервые не только в отечественной, но и в мировой практике исследования грязевулканических систем, для нескольких десятков объектов, расположенных в регионах, контрастных по строению осадочного чехла и тектонической позиции, был получен массив аналитических данных и созданы взаимосогласованные базы изотопных, геохимических и минералогических характеристик сосуществующих грязевулканических продуктов. На этом основании выполнен анализ минералообразующих процессов в рамках явления грязевого вулканизма, выявлены минералы-индикаторы различных его этапов и охарактеризованы тренды минералогическо-геохимической эволюции вещества газо- и водонасыщенных осадков, перемещенных из глубин осадочного разреза на дневную поверхность. Это в итоге позволило обобщить громадный объем фактического материала и, выйдя на новый уровень осмысления генетических сторон данного геологического явления, подготовить и представить к защите докторскую диссертацию.

Цели работы – реконструкция источников вещества, задействованных в процессах грязевого вулканизма, механизмов его перераспределения и транспортировки к поверхности, фракционирования и избирательного концентрирования элементов и их соединений в различных средах (жидкость, газ и твердые фазы, включая минеральные новообразования).

Среди главных задач этой работы хочу выделить те, которые, по моему убеждению, являются новаторскими, определяют ее научную значимость и в самом ближайшем будущем наверняка будут иметь развитие. Это:

- реконструкция источников вещества, вовлеченного в процессы грязевого вулканизма на различных территориях;
- определение геохимической специализации грязевых вулканов различных регионов и присущих им геохимических «меток» и аномалий;
- оценка микроэлементной нагрузки на сопредельные ландшафты, созданной грязевыми вулканами;
- реконструкция режимов разгрузки флюидопотоков при извержениях грязевых вулканов, завершившихся воспламенением углеводородных газов, и режимов пирогенного метаморфизма, связанного с этими событиями;
- создание алгоритма оценки объемов газовой эмиссии для случаев катастрофических извержений грязевых вулканов;
- анализ минералообразующих процессов и характеристика минералообразующей функции грязевого вулканизма.

С.Н. Кох в ее работе был использован беспрецедентно широкий набор современных методов анализа вещества (минерального, жидкости и газа): количественный рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, локальный рентгеноспектральный анализ, Рамановская и ИК-спектроскопия, масс-спектрометрия и атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, беспирилизная газовая хромато-масс-спектрометрия и другие. Они были дополнены высокотемпературными экспериментами и построением математических моделей газовых факелов и созданных ими метаморфических ореолов. На этой основе был обоснован комплекс генетически-значимых критериев, позволяющих распознавать продукты и

производные грязевого вулканизма, в том числе и древние (например, палеофокусы горения газа).

Все принципиально важные результаты и выводы исследования поведения минерального вещества в связи с различными процессами в рамках явления грязевого вулканизма прошли апробацию и компетентное рецензирование. Они опубликованы соискателем в соавторстве с коллегами в ведущих международных журналах: Геология и геофизика, Литология и полезные ископаемые, Доклады Академии Наук, Science of the Total Environment, Chemical Geology, Sedimentary Geology, Environmental Earth Sciences, Contribution to Mineralogy and Petrology, Lithos, American Mineralogist, Basin Research, Minerals, Mineralogical Magazine, Energy Exploration and Exploitation. Особенно хочется отметить оригинальные циклы работ, посвященные впервые разработанным проблематикам поведения ртути в грязевулканических системах и ландшафтах (Kokh et al., 2021a,b; Sokol et al., 2021); режимам горения газовых факелов (Grapes et al., 2013; Кох и др., 2015a,б, Kokh et al., 2016; 2017; Kokh, Sokol, 2023) и реконструкции условий образования травертинов с уникальными изотопно-геохимическими характеристиками (Kokh et al., 2015, Кох и др., 2015в).

Несомненным достоинством работы являются перспективы применения ее результатов в практической сфере и, прежде всего, это геоэкологическая составляющая. Соискателем было доказано, что в грязевулканических ландшафтах геохимические аномалии формируют элементы, фракционирующие во флюидную фазу (В, Li, Hg, As, Na, Cl, Br, С, Са, Mg, Sr). Из этого широкого спектра элементов значительные минеральные аккумуляции образует только бор, однако такого рода ресурсы континентальных боратов являются возобновляемыми. Это впервые было доказано соискателем на примере боратных скоплений Булганакского грязевулканического очага (Керченский полуостров) (Sokol, Kokh et al., 2019). С.Н. Кох впервые было установлено, что грязевые вулканы являются самостоятельным геологическим источником ртути (Kokh et al., 2021a,b). На Керченском полуострове оцененные объемы ее эмиссии сопоставимы с таковой на площадях геотермальной и вулканической активности. Соискателем также был разработан не имеющий аналогов подход к количественной оценке объема метана, поставляемого в атмосферу в ходе катастрофических извержений грязевых вулканов. Впервые было показано, что разовый выброс метана в ходе сильного извержения по объему сопоставим с годовой эмиссией большинства построек в фазе спокойных эманаций (а в ряде случаев на порядок ее превышает) (Kokh, Sokol, 2023). Полученные данные могут быть использованы для оценки экологических рисков, обусловленных влиянием грязевого вулканизма на сопредельные ландшафты.

Основные результаты соискателя по проблематике диссертационной работой опубликованы в 25 статьях в ведущих отечественных и зарубежных журналах из перечня ВАК, а также были представлены лично автором на российских и международных конференциях и совещаниях. Резюмируя сказанное выше и используя необходимые формулировки ВАК, можно заключить, что диссертация, подготовленная к защите С.Н. Кох, представляет собой научно-исследовательскую работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Выводы этой работы базируются на представительном массиве согласованных геохимических, минералогических,

