

ЗАКЛЮЧЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.050.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ. В.С. СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ КОХ СВЕТЛАНЫ НИКОЛАЕВНЫ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 15 ноября 2024 г. № 02/24

О присуждении **Кох Светлане Николаевне**, гражданке Российской Федерации, учёной степени доктора геолого-минералогических наук.

Диссертация **«Минералообразующая и транспортная функции грязевулканических систем»** по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» принята к защите 24.07.2024 г., протокол № 02/14, диссертационным советом 24.1.050.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук ИГМ СО РАН (630090, г. Новосибирск, просп. акад. Коптюга, 3), приказ МИНОБРНАУКИ России № 1113/нк от 23.05.2023 г.

Соискатель: Кох Светлана Николаевна, 1982 года рождения, гражданство РФ, окончила в 2006 году с отличием магистратуру геолого-геофизического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по специальности «геология» со специализацией «петрология». В 2009 году в диссертационном совете, созданном на базе ИГМ СО РАН, защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «Минералогия, кристаллография» на тему «Минералогия и условия образования пирогенных пород комплекса Наби Муса, западный берег р. Иордан». Соискатель работает старшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, в лаборатории метаморфизма и метасоматоза (№ 440).

Научный консультант:

Сокол Эллина Владимировна, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории метаморфизма и метасоматоза Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Официальные оппоненты:

Пеков Игорь Викторович, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент РАН, профессор, главный научный сотрудник Московского государственного

ного университета имени М.В. Ломоносова (кафедра минералогии, геологический факультет).

Брусницын Алексей Ильич, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой минералогии Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета.

Скляров Евгений Викторович, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник лаборатории палеогеодинамики Института земной коры СО РАН

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Геологический институт Российской академии наук (ГИН РАН) (г. Москва), в своем положительном заключении, подписанном **Хуторским Михаилом Давыдовичем**, доктором геолого-минералогических наук, указала, что представленная диссертация является законченным трудом, который можно рассматривать в качестве крупного научного обобщения по минералого-геохимическим особенностям грязевулканических систем. Диссертация соответствует паспорту специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» по п.1, п. 3, п. 13, п.14, п.18. Кох Светлана Николаевна заслуживает присуждения ей искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Соискателем С.Н. Кох заявлено 25 статей по теме диссертации, опубликованных с 2008 по 2023 г. в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК и международные базы данных WoS и Scopus:

1. **Kokh S.N.**, Sokol E.V. Combustion metamorphism in mud volcanic events: a case study of the 6 May 2000 fire eruption of Karabetova Gora mud volcano // *Minerals*. – 2023. – Vol. 13. – Art. 355.

2. Deev, E.V., **Kokh, S.N.**, Dublyansky, Y., Sokol, E.V., Scholz, D., Rusanov, G.G., Reutsky, V.N. Travertines of the South-Eastern Gorny Altai (Russia): implications for paleoseismology and paleoenvironmental conditions // *Minerals*. – 2023. – Vol. 13. – Art. 259.

3. Deev, E., Dublyansky, Y., **Kokh, S.**, Scholz, D., Rusanov, G., Sokol, E., Khvorov, P., Reutsky, V., Panin, A. Large Holocene paleoseismic events and synchronized travertine formation: a case study of the Kurai fault zone (Gorny Altai, Russia) // *International Geology Review*. – 2022. – Vol. 65(15). – P. 2426–2446.

4. **Kokh, S.N.**, Sokol, E.V., Gustaytis, M.A., Sokol, I.A., Deviatiiarova, A.S. Onshore mud volcanoes as a geological source of mercury: case study from the Kerch Peninsula, Caucasus continental collision zone // *Science of the Total Environment*. – 2021. – Vol. 751. – Art. 141806.

5. Sokol E.V., **Kokh S.N.**, Nekipelova A.V., Abersteiner A., Seryotkin Yu.V., Ershov V.V., Nikitenko O.A., Deviatiiarova A.S. Ge-Hg-rich sphalerite and Pb, Sb, As, Hg, and Ag sulfide assemblages in mud volcanoes of Sakhalin Island, Russia: an insight into possible origin // *Minerals*. – 2021. – Vol. 11. – Art. 1186.
6. **Kokh S.N.**, Sokol E.V., Gustaytis M.A. Mercury anomaly in Oligocene-Miocene Maykop Group sediments (Caucasus continental collision zone): mercury hosts, distribution, and sources // *Minerals*. – 2021. – Vol. 11. – Art. 751.
7. Sokol E.V., **Kokh S.N.**, Sharygin V.V., Danilovsky V.A., Seryotkin Yu.V., Liferovich R., Deviatiiarova A.S., Nigmatulina E.N., Karmanov N.S. Mineralogical diversity of Ca₂SiO₄-bearing combustion metamorphic rocks in the Hatrurim Basin: implications for storage and partitioning of elements in oil shale clinkering // *Minerals*. – 2019. – Vol. 9. – Art. 465.
8. Sokol E.V., **Kokh S.N.**, Kozmenko O.A., Lavrushin V.Yu., Belogub E.V., Khvorov P.V., Kikvadze O.A. Boron in an onshore mud volcanic environment: Case study from the Kerch Peninsula, the Caucasus continental collision zone // *Chemical Geology*. – 2019. – Vol. 525. – P. 58–81.
9. Rashchenko, S.V., Seryotkin, Y.V., Sokol, E.V., **Kokh, S.N.** Incommensurately modulated crystal structure of flamite - natural analogue of α' -H-Ca₂SiO₄ // *Acta Crystallographica Section B: Structural Science, Crystal Engineering and Materials*. – 2019. – Vol. 75. – P. 1137–1143.
10. **Кох С.Н.**, Сокол Э.В., Деев Е.В., Ряполова Ю.М., Русанов Г.Г. Индикаторные характеристики современных и палеотравертинов Горного Алтая // *Доклады Академии Наук*. – 2018. – Т. 483. – № 2. – С. 180–185.
11. Sokol, E., **Kokh, S.**, Kozmenko, O., Novikova, S., Khvorov, P., Nigmatulina, E., Belogub, E., Kirillov, M. Mineralogy and geochemistry of mud volcanic ejecta: a new look at old issues (a case study from the Bulganak Field, Northern Black Sea) // *Minerals*. – 2018. – Vol. 8. – Art. 344.
12. **Kokh S.N.**, Sokol E.V., Dekterev A.A., Kokh K.A., Rashidov T.M., Tomilenko A.A., Bul'bak T.A., Khasaeva A., Guseinov A. The 2011 strong fire eruption of Shikhzarli mud volcano, Azerbaijan: a case study with Implications for methane flux estimation // *Environmental Earth Sciences*. – 2017. – Vol. 76. – Art. 701.
13. Алиев Ад.А., Лаврушин В.Ю., **Кох С.Н.**, Сокол Э.В., Петров О.Л. Изотопный состав серы пирита из выбросов грязевых вулканов Азербайджана // *Литология и полезные ископаемые*. – 2017. – № 5. – С. 409–419.
14. **Kokh S.N.**, Sokol E.V., Deev E.V., Ryapolova Y.M., Rusanov G.G., Tomilenko A.A., Bul'bak T.A. Post-Late Glacial calcareous tufas from the Kurai Fault Zone (Southeastern Gorny Altai, Russia) // *Sedimentary Geology*. – 2017. – Vol. 355. – P. 1–19.
15. **Kokh S.**, Dekterev A., Sokol E., Potapov S. Numerical simulation of an oil-gas fire: a case study of a technological accident at Tengiz oilfield, Kazakhstan (06.1985-07.1986) // *Energy Exploration and Exploitation*. – 2016. – Vol. 34(1). – P. 77–98.

16. **Kokh S.N.**, Shnyukov Y.F., Sokol E.V., Novikova S.A., Kozmenko O.A., Semenova D.V., Rybak E.N. Heavy carbon travertine related to methane generation: a case study of the Big Tarkhan cold spring, Kerch Peninsula, Crimea // *Sedimentary Geology*. – 2015. – Vol. 325. – P. 26–40.
17. Sokol, E.V., Seryotkin, Y.V., **Kokh, S.N.**, Vapnik, Y., Nigmatulina, E.N., Goryainov, S.V., Belogub, E.V. and Sharygin, V.V. Flamite, $(Ca,Na,K)_2(Si,P)O_4$, a new mineral from ultra-high-temperature combustion metamorphic rocks, Hatrurim Basin, Negev Desert, Israel // *Mineralogical Magazine*. – 2015. – Vol. 79(3). – P. 583–596.
18. Оленченко В.В., Шнюков Е.Ф., Гаськова О.Л., **Кох С.Н.**, Сокол Э.В., Бортникова С.Б., Ельцов И.Н. Динамика извержения грязевого вулкана на примере сопки Андрусова (Булганакский грязевулканический очаг, Керченский полуостров) // *ДАН*. – 2015. – Т. 464. – №2. – С. 214–219.
19. Sokol E.V., **Kokh S.N.**, Vapnik Ye., Thiéry V., Korzhova S.A. Natural analogues of belite sulfoaluminate cement clinkers from Negev desert, Israel // *American Mineralogist*. – 2014. – Vol. 99. – P. 1471–1487.
20. Деев Е.В., **Кох С.Н.**, Сокол Э.В., Зольников И.Д., Панов В.С. Грязевый вулканизм как показатель позднеплейстоцен-голоценовой активности северо-восточного окончания Чилик-Кеминского разлома (Илийская впадина, Северный Тянь-Шань) // *Доклады РАН*. – 2014. – Т. 459. – №3. – С. 321–326.
21. Grapes R., Sokol E., **Kokh S.**, Fishman I., Kozmenko O. Petrogenesis of unusual Na-rich paralavas during flame eruptions of mud volcanoes, Altyn-Emel National Park, Kazakhstan // *Contribution to Mineralogy and Petrology*. – 2013. – Vol. 165. – P. 781–803.
22. Seryotkin Yu.V., Sokol E.V., **Kokh S.N.** Natural pseudowollastonite: crystal structure, associated minerals, and geological context // *Lithos*. – 2012. – Vol. 133-135. – P.75–90.
23. Сокол Э.В., Козьменко О.А., **Кох С.Н.**, Вапник Е. Газовые коллекторы района Мертвого моря – реконструкция на базе геохимических характеристик паралав // *Геология и геофизика*. – 2012. – Т. 53. – №8. – С. 975–997.
24. Sokol E., Novikov I., **Zateeva (Kokh) S.**, Vapnik Ye., Shagam R., Kozmenko O. Combustion metamorphism in Nabi Musa dome: new implications for a mud volcanic origin of the Mottled Zone, Dead Sea area // *Basin Research*. – 2010. – Vol. 22. – P. 414–438.
25. Сокол Э.В., Новиков И.С., **Затеева (Кох) С.Н.**, Шарыгин В.В., Вапник Е. Пирометаморфические породы спуррит-мервинитовой фации как индикаторы зон разгрузки залежей углеводородов (на примере формации Хатрурим, Израиль) // *Доклады РАН*. – 2008. – Т. 420. – №1. – С. 104–110.

На диссертацию поступило 11 отзывов (все положительные, из них 4 без замечаний) от: 1) д.г.-м.н., профессора отделения геологии Национального исследовательского Томского политехнического университета Арбузова Сергея Ивановича; 2) д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника, и.о. заведующего лабораторией геохимии и рудообразующих про-

цессов Института геологии и геохимии имени акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН Кисина Александра Юрьевича; 3) д.г.-м.н., зав. лабораторией геологии месторождений полезных ископаемых Горного института УрО РАН Чайковского Ильи Ивановича; 4) к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника, врио директора Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН Шевченко Владимира Петровича; 5) д.г.-м.н., главного научного сотрудника, руководителя лаборатории генетической минералогии и петрологии ФГБУН Дальневосточного геологического института ДВО РАН Высоцкого Сергея Викторовича; 6) д.г.-м.н., профессора, академика НАНА, руководителя отдела «Геохимии и флюидодинамики осадочных бассейнов» Института геологии и геофизики Министерства науки и образования Азербайджанской Республики Фейзуллаева Акпера Акперовича; 7) вице-президента Национальной Академии Наук Азербайджана (НАНА), действительного члена НАНА Гулиева Ибрагима Саид оглы; доктора философии по наукам о Земле, ведущего научного сотрудника отдела «Бассейнового моделирования и геотехнологий» Института геологии и геофизики Министерства науки и образования Азербайджанской Республики Рашидова Тофига Мирзага оглы; 8) д.г.-м.н., руководителя лаборатории физико-химической петрологии и генетической минералогии Института Геохимии СО РАН Перетяжко Игоря Сергеевича; к.г.-м.н., младшего научного сотрудника лаборатории физико-химической петрологии и генетической минералогии Института Геохимии СО РАН Глушковой Вероники Евгеньевны; 9) д.г.-м.н., профессора, заслуженного деятеля науки РФ, заведующего лабораторией гидрогеологии и геоэкологии Института геологии – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН Абдрахманова Рафила Фазыловича; 10) д.г.-м.н., главного научного сотрудника лаборатории «Геодинамики и палеомагнетизма» Федерального бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН Деева Евгения Викторовича; 11) д.г.-м.н., члена-корреспондента РАН, главного научного сотрудника Геологического института РАН Маслова Андрея Викторовича.

В отзывах отмечено, что диссертационная работа является серьёзным научным исследованием, решающим крупную научную проблему и вносящим вклад в теорию и практику исследования минералогии и геохимии грязевулканических систем. Подчеркивается значительный объем фактического материала, применение широкого круга современных аналитических методов исследования. Полученные соискателем результаты признаны мировым сообществом, что подтверждается их опубликованием в высокорейтинговых журналах. Основные защищаемые положения достоверны и обоснованы.

Основные замечания и предложения по диссертации касаются следующего:

1) роли грязевых вулканов в создании воздушных аномалий ртути (Арбузов С.И., Маслов А.В.) и природы Hg^0 воздушной аномалии над Солдатско-Слободским грязевым вулканом (ведущая организация),

- 2) определения терминов «диагенез» (Фейзуллаев А.А.), «грязевый вулканизм» и «эруптивная брекчия» (Кисин А.Ю.), «паралава» и «клинкер» (Перетяжко И.С., Глушкова В.Е.), «анкерит» и «Mn-кальцит» (официальный оппонент Пеков И.В.),
- 3) причин утяжеления изотопного состава кислорода и углерода в грязевулканических водах (Арбузов С.И.) и изотопного состава серы сульфидов (официальный оппонент Брусницын А.И., ведущая организация),
- 4) причин возникновения аномально высокого пластового давления и его роли в грязевулканическом процессе (Фейзуллаев А.А., Кисин А.Ю.),
- 5) формулировки 1 защищаемого положения (ведущая организация, Маслов А.В., Арбузов С.И., Фейзуллаев А.А.) и 4 защищаемого положения (официальный оппонент Пеков И.В.),
- 6) методов оценки глубин расположения корней грязевых вулканов (Фейзуллаев А.А., Гулиев И.С., Рашидов Т.М.) и обоснованию уровней выноса вещества грязевыми вулканами о. Сахалин (ведущая организация),
- 7) выбора объектов сравнения для травертинов и аутигенных карбонатов (ведущая организация, Чайковский И.И.), грязевулканических вод (официальный оппонент Брусницын А.И.), глинистых выбросов (ведущая организация),
- 8) роли грязевых вулканов в переносе тепловой энергии через подводящие каналы (Гулиев И.С., Рашидов Т.М.),
- 9) обоснованности и причин геохимической специфики продуктов грязевулканической деятельности (Гулиев И.С., Рашидов Т.М., Чайковский И.И.),
- 10) методов оценки метановой эмиссии грязевыми вулканами (Фейзуллаев А.А.),
- 11) детализации информации о Mg/Li геотермометре (официальный оппонент Брусницын А.И.),
- 12) методов идентификации слоистых силикатов и сульфосолей (официальный оппонент Пеков И.В.), водных сульфатов магния и боратов (официальный оппонент Брусницын А.И.),
- 13) изложения в диссертации материалов, характеризующих пирогенные породы аварийной скважины Тенгиз и формации Хатрурим (официальный оппонент Брусницын А.И.),
- 14) итоговой схемы минералообразующих процессов грязевулканических систем (официальный оппонент Брусницын А.И.)
- 15) оценки ресурсов рудных элементов в грязевулканических системах (официальный оппонент Брусницын А.И.)
- 16) формы представления минералогических (официальный оппонент Пеков И.В., Перетяжко И.С., Глушкова В.Е.) и петрологических (ведущая организация) данных,
- 17) генезиса микрокомпонентов в составе грязевулканических газов текущего выхода, и природы газов, законсервированных в порах паралав (ведущая организация),

18) методики отбора принудительных прокачек грязевулканических газов (ведущая организация),

19) генетического отнесения минералов грязевулканических систем (ведущая организация),

20) генезиса высоконатровых паралав грязевулканического поля Алтын-Эмель (ведущая организация).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Пеков Игорь Викторович, Брусницын Алексей Ильич, Скляр Евгений Викторович, являются высококвалифицированными специалистами в области общей минералогии, кристаллохимии, минералогии и геохимии осадков. Оппоненты имеют многочисленные публикации в высокорейтинговых изданиях в области исследования, соответствующей тематике диссертации, и способны объективно оценить данную диссертационную работу.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что направление ее научно-исследовательской деятельности полностью соответствует тематике диссертации, а специалисты могут объективно и аргументированно оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненным соискателем исследований выполнен анализ минералообразующих процессов в рамках явления грязевого вулканизма, выявлены минералы-индикаторы различных его этапов и охарактеризованы тренды минералого-геохимической эволюции вещества газо- и водонасыщенных осадков, перемещенных из глубин осадочного разреза на дневную поверхность. Суммированы изотопные, геохимические и минералогические характеристики грязевулканических выбросов вулканов нескольких регионов, контрастных по строению осадочного чехла и тектонической позиции. Впервые оценен вклад грязевых вулканов в микроэлементный баланс сопредельных ландшафтов. Выявлены факторы, контролирующие формирование аккумуляций континентальных боратов, генетически связанных с процессом грязевого вулканизма. Доказано, что грязевые вулканы являются геологическим источником атмосферной ртути.

Создан алгоритм количественной оценки дебита метановых факелов, построена серия их теплофизических моделей, что позволило впервые определить объем метановой эмиссии в ходе катастрофических извержений. Впервые выполнены количественные оценки теплового воздействия прямоточных факелов на окружающие породы. Реконструированы режимы генерации и кристаллизации пирогенных расплавов.

Доказано, что минералообразующая функция грязевого вулканизма реализуется при разгрузке на поверхность минерализованных вод и газовых струй. Обоснованы минералого-геохимические критерии распознавания минералов, являющихся производными грязевулканического процесса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что обобщены и проанализированы закономерности минералого-геохимической эволюции вещества грязевулканических систем на примере объектов четырех регионов.

Доказаны следующие положения:

- Грязевые вулканы Кавказской коллизионной зоны, о. Сахалин и Илийской впадины в составе глинистых выбросов, вод и газов транспортируют с глубин 1-3.5 км на земную поверхность колоссальные объемы макро- и микроэлементов, изначально сосредоточенных в питающих их материнских толщах. Геохимическую специфику продуктов грязевого вулканизма определяют: тектоническая позиция вулканических аппаратов, глубина расположения их корней и набор пород в этой зоне, а также характер взаимодействия грязевулканических вод с транспортируемым материалом. В грязевулканических ландшафтах происходит аккумуляция элементов, фракционирующих в водную и газовую фазы (B, Li, Hg, As, Na, Cl, C, Br, Ca, Mg, Sr); большинство из них образует здесь самостоятельную минерализацию.
- Грязевые вулканы являются автономным геологическим источником атмосферной ртути. Устойчивые высокоградиентные атмосферные аномалии Hg^0 (50-520 нг/м³, при фоновых значениях ≤ 3 нг/м³) существуют над грязевулканическими каналами и разломными зонами, контролирующими их расположение. В глинистых выбросах аномалии Hg локальны (валовое содержание Hg до 920 нг/г; превышение относительно регионального фона до 8-крат) и обусловлены присутствием Hg-содержащих сульфидов (киновари, метациннабарита, Hg-сфалерита, пирита и сульфосолей). Инертное поведение ртути в зоне гипергенеза обеспечивают доминирование в выбросах ее сульфидной формы (до 70 %) и щелочная реакция грязевулканических вод (pH=7.5-9.5).
- По отношению к минеральному веществу грязевые вулканы главным образом осуществляют транспортную функцию. Основу их твердых выбросов составляют минералы дезинтегрированных материнских осадков (слоистые силикаты и материал песчаной фракции, включая акцессории). Сосредоточенные в них карбонаты, сульфиды, сульфаты, фосфаты и самородные вещества преимущественно имеют диагенетическую природу. Минералообразующая функция грязевого вулканизма реализуется при разгрузке на поверхность минерализованных вод и газовых струй (с преобладанием метана и CO₂).
- Гидрогеохимические особенности грязевулканических вод (HCO₃-Cl/Na – Cl-HCO₃/Na типов) определяют состав кристаллизующихся солей, среди которых преобладают карбонаты, гидрокарбонаты, хлориды и сульфаты Na, Na-Ca, Na-Mg, Ca и Mg. Карбонаты наследуют свойственный грязевулканическим водам изотопно-тяжелый состав кислорода и углерода, вследствие чего являются индикаторами

палеофокусов разгрузки таких вод на поверхность. С ландшафтами грязевого вулканизма связан самостоятельный генетический тип аккумуляций континентальных боратов (бура, тинкалконит, улуксит). Их формирование обеспечивают физико-химические и ландшафтно-климатические факторы: рН вод = 8.5-9.5, содержание В > 400 ppm; наличие бессточных котловин и водоупорного слоя глин; высокая степень инсоляции и испарения.

- Тепловая энергия газовых факелов, сопровождающих извержения грязевых вулканов, преобразует материал осадков в пирогенные породы. Вертикальный прямоточный газовый факел с точкой выхода пламени над поверхностью земли в зоне своей вертикальной проекции обеспечивает прогрев осадков до $T \leq 400^\circ\text{C}$. Генерация пирогенных расплавов локальна и реализуется: (i) в связи с заглубленными очагами горения метана ($T=1200-1400^\circ\text{C}$) и (ii) при обжиге фрагментов осадков непосредственно в ядре газового факела ($T \geq 1400^\circ\text{C}$). Продуктами этих процессов являются клинкеры и специфические алюмосиликатные паралавы, состоящие из стекол (до 90 об.%) и ограниченного числа новообразованных минералов: оксидов Si, Fe, Mg, Ti, безводных силикатов Ca, Na, Al, Mg, Fe при резко подчиненном количестве сульфидов, фосфидов и самородных элементов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные минералого-геохимические данные могут быть использованы для оценки экологических рисков, обусловленных воздействием грязевых вулканов на сопредельные ландшафты. Были даны количественные оценки эмиссии Hg^0 грязевыми вулканами в атмосферу. Был разработан авторский подход к количественной оценке объема метана, поставляемого в атмосферу в ходе катастрофических извержений грязевых вулканов. Результаты исследований пирогенных пород могут быть востребованы при оптимизации технологий производства огнеупорных керамик.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в основу диссертации легла представительная выборка фактического материала, полученного с применением комплексного подхода к изучению выбранных объектов и взаимопроверкой полученных результатов несколькими независимыми методами. Он включал экспедиционные работы, лабораторные исследования, выполненные с использованием современных прецизионных методов анализа, а также экспериментальные работы и математическое моделирование. Были использованы: количественный рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, локальный рентгеноспектральный анализ, Рамановская спектроскопия, лазерная дифракция, рентгенофлуоресцентный анализ, масс-спектрометрия и атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, атомная абсорбция, беспламенная атомно-абсорбционная фотометрия, термический анализ с электро-термическим атомно-абсорбционным детектированием, газовая хроматография и беспи-ролизная газовая хромато-масс-спектрометрия. Использовано высокоточное оборудование: микроанализаторы Camebax-Micro JXA-8100 и JXA-8230 (JEOL); растровый скани-

рующий электронный микроскоп MIRA3-LMU (Tescan Orsay Holding) с энергодисперсионной системой микроанализа AZtec Energy XMax-50 (Oxford Instruments Nanoanalysis Ltd); дифрактометр SHIMADZU XRD-6000; рамановский спектрометр Horiba Jobin Yvon LabRAM HR800; рентгеновского спектрометра ARL-9900-XP (Thermo Fisher Scientific Ltd); масс-спектрометры Agilent 7700x, NexION 300D PekinElmer, Delta-V-Advantage, Finnigan-MAT Delta и MAT 253 Thermo FinniganTM; анализатор «РА-915М» с приставкой «РП-92» (Люмэкс); анализатора ртути Lumex RA-915+ (Россия) с пиролитической приставкой РП-91С; газовые хроматографы Кристалл 2000м и Кристалл5000; хромато-масс-спектрометр Thermo Scientific (USA) DSQ II MS/Focus GC. Теплофизическое моделирование реализовано в программном комплексе SigmaFlow.

Личный вклад соискателя состоит в обобщении результатов собственных многолетних исследований, полученных в лаборатории 440 ИГМ СО РАН. Автором были сформулированы научные задачи исследования, основанного на полевом материале, отбор которого был выполнен с 2008 по 2021 гг. при ее личном участии. Выполнен комплекс аналитических исследований продуктов выбросов грязевых вулканов; созданы взаимосогласованные базы данных и подготовлены графические материалы; сформулированы граничные условия для построения теплофизических моделей; дана генетическая интерпретация всего комплекса полученной информации. Результаты исследований доложены и апробированы на российских и зарубежных конференциях.

На заседании 15 ноября 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Кох Светлане Николаевне учёную степень доктора геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 17 докторов наук по специальности 1.6.4, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 18, «против» - 0, «недействительных бюллетеней» - 0.

Зам. председателя диссертационного совета,
академик РАН



В.С. Шацкий

В.С. Шацкий

Ученый секретарь диссертационного
совета, д.г.-м.н.

О.Л. Гаськова

О.Л. Гаськова

19.11.2024 г.