ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.053.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОХИМИИ ИМ. А. П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.10.2026 г. № 6

О присуждении Зеленскому Михаилу Евгеньевичу учёной степени доктора геолого-минералогических наук.

Диссертация «Редокс-условия как фактор рудоносности, метасоматоза и фракционирования элементов в мантии и надсубдукционных магмах» по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых принята к защите 29 июня 2026 г. (протокол № 4) диссертационным советом 24.1.053.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, стр. 1А, согласно приказу Минобрнауки РФ № 93/нк от 26 января 2023 г.

Соискатель Зеленский Михаил Евгеньевич, 26 сентября 1961 года рождения, в 1983 году окончил Новосибирский государственный университет по специальности «Геохимия». В 2003 году защитил кандидатскую диссертацию «Транспорт элементов и условия минералообразования в зонах разгрузки высокотемпературных фумарол на вулкане Мутновский (Камчатка)» по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. В настоящее время работает в должности ведущего научного сотрудника в лаборатории физико-химических проблем магматизма Федерального государственного бюджетного учреждении науки Институте экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского Российской академии наук (ИЭМ РАН, г. Черноголовка). Диссертация была подготовлена вне докторантуры. Диссертация выполнена в лаборатории физико-химических проблем магматизма ИЭМ РАН.

Официальные оппоненты:

Савельев Дмитрий Евгеньевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института геологии – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа;

Тагиров Борис Робертович, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук (ИГЕМ РАН), г. Москва;

Толстых Надежда Дмитриевна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской Академии наук (ИГМ СО РАН), г. Новосибирск,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВиС ДВО РАН), г. Петропавловск-Камчатский, **в своем положительном отзыве**, подписанном членом-корреспондентом РАН, директором Алексеем Юрьевичем Озеровым, доктором геолого-минералогических наук, главным научным сотрудником лаборатории постмагматических процессов Тараном Юрием Александровичем и кандидатом геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудником лаборатории петрологии и геохимии Савельевым Дмитрием Павловичем, указала, что диссертация является научным трудом высокого уровня, как по постановке задач, так и по решению этих задач. Работа вносит значительный вклад в понимание процессов мантийного метасоматоза с участием оливина и водно-серного флюида, а также миграции и накопления элементов платиновой группы и золота в мантийном клине и надсубдукционных магмах. Полученные автором результаты могут быть применены также в прикладных целях, для совершенствования критериев поиска и оценки перспектив магматических и гидротермальных месторождений Ni, Cu, Au и ЭПГ. Представленная диссертация является завершенным научно-квалификационным исследованием и соответствует критериям, установленным в пп. 9-11, 13-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842. Отзыв ведущей организации утвержден директором, членом-корреспондентом РАН, д.г.-м.н. Алексеем Юрьевичем Озеровым.

По теме диссертации опубликовано 25 работ, из них 16 – в рецензируемых научных изданиях ВАК, WOS, Scopus. 14 из них опубликованы в журналах первого квартиля (Q1) по Web of Science на дату публикации. Результаты отражены в изданиях: Earth and Planetary Science Letters, Geology, Geochimica et Cosmochimica Acta, Contributions to Mineralogy and Petrology, Chemical Geology, Lithos, American Mineralogist. Работы выполнены при поддержке грантов Российского научного фонда и в рамках государственных заданий ИЭМ РАН. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. **Zelenski M.**, Kamenetsky V. S., Nekrylov N. et al. Sulfide–sulfate metasomatism and nickel release in the suprasubduction mantle // Earth and Planetary Science Letters. 2024. 626. 118500.
2. **Zelenski M.**, Plyasunov A. V., Kamenetsky V. S., Nekrylov N., Korneeva A. High–temperature water–olivine interaction and hydrogen liberation in the subarc mantle // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2022. 177. 47.
3. **Zelenski M.**, Kamenetsky V. S., Nekrylov N., Kontonikas–Charos A. High Sulfur in Primitive Arc Magmas, Its Origin and Implications // Minerals. 2021. 12. 37.
4. Kamenetsky V. S., **Zelenski M.** Origin of noble–metal nuggets in sulfide–saturated arc magmas: A case study of olivine–hosted sulfide melt inclusions from the Tolbachik volcano // Geology. 2020. 48. 620–624.

5. **Zelenski M.**, Kamenetsky V. S., Mavrogenes J. A. et al. Silicate–sulfide liquid immiscibility in modern arc basalt (Tolbachik volcano, Kamchatka): Part I. Occurrence and compositions of sulfide melts // Chemical Geology. 2018. 478. 102–111.
6. **Zelenski M.**, Kamenetsky V. S., Mavrogenes J. A. et al. Platinum–group elements and gold in sulfide melts from modern arc basalt (Tolbachik volcano, Kamchatka) // Lithos. 2017. 290–291. 172–188.
7. **Zelenski M.**, Kamenetsky V. S., Hedenquist J. Gold recycling and enrichment beneath volcanoes: A case study of Tolbachik, Kamchatka // Earth and Planetary Science Letters. 2016. 437. 35–46.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: д.г.-м.н., академика РАН **Арановича** Леонида Яковлевича и д.г.-м.н. **Расс** Ирины Теодоровны (совместный отзыв), сотрудников ФГБУН Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН), г. Москва; к.г.-м.н. **Бровченко** Валерии Дмитриевны, старшего научного сотрудника лаборатории геохимии, и к.г.-м.н. **Юдовской** Марины Александровны, ведущего научного сотрудника лаборатории геохимии ИГЕМ РАН, г. Москва (совместный отзыв); д.г.-м.н. **Силаева** Валерия Ивановича, главного научного сотрудника лаборатории петрографии Института геологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар; д.г.-м.н. **Перцева** Алексея Николаевича, зав. лабораторией минералогии ИГЕМ РАН, г. Москва; к.г.-м.н. **Полозова** Александра Георгиевича, старшего научного сотрудника Лаборатории геохимии ИГЕМ РАН, г. Москва; д.г.-м.н. **Сокола** Александра Григорьевича, главного научного сотрудника ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (ИГМ СО РАН), г. Новосибирск; д.г.-м.н., члена-корреспондента РАН **Маслова** Андрея Викторовича, главного научного сотрудника лаборатории стратиграфии верхнего докембрия Геологического института РАН, г. Москва; д.г.-м.н. **Баталевой** Юлии Владиславовны, ведущего научного сотрудника, и д.г.-м.н., члена-корреспондента РАН **Пальянова** Юрия Николаевича, зав. лабораторией №453 ИГМ СО РАН, г. Новосибирск (совместный отзыв); д.г.-м.н. **Смирнова** Сергея Захаровича, зам. директора по научной работе ИГМ СО РАН, г. Новосибирск; д.г.-м.н., профессора РАН **Реутского** Вадима Николаевича, ведущего научного сотрудника лаборатории изотопно-аналитической геохимии ИГМ СО РАН г. Новосибирск; к.г.-м.н. **Горбач** Натальи Владимировны, ведущего научного сотрудника Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВиС ДВО РАН), г. Петропавловск-Камчатский; д.г.-м.н. **Гаськовой** Ольги Лукиничны, ведущего научного сотрудника лаборатории рудообразующих систем ИГМ СО РАН г. Новосибирск.

Всего поступило двенадцать отзывов на автореферат, в том числе три совместных отзыва, подписанных двумя авторами каждый (всего пятнадцать подписантов). Во всех отзывах на автореферат работа характеризуется положительно, отрицательных отзывов нет. Отмечаются актуальность исследования роли окислительно-восстановительных процессов в эволюции вещества надсубдукционной мантии и магматических систем, оригинальность и редкость природного материала из мантийных ксенолитов и вулканических пород Камчатки и Курильских островов, большой объём экспериментальных исследований при высоких температурах и давлениях, применение широкого комплекса современных минералого-геохимических методов и сопоставление

природных наблюдений с результатами экспериментов и термодинамических расчётов. Высоко оценены установление высокотемпературных реакций в системе «оливин–водный флюид», результаты по взаимодействию оливина с окисленными серосодержащими флюидами, мобилизации никеля с образованием Fe-Ni-сульфидов, обнаружение сульфатов в мантийных ксенолитах, исследования сульфидной ликвации в надсубдукционных магмах и закономерностей распределения элементов платиновой группы и золота между силикатными, сульфидными и оксидными фазами. Рецензенты подчёркивают научную новизну, достоверность полученных результатов и значимость диссертации для понимания процессов мантийного метасоматоза и рудообразования.

В отзывах на автореферат имеются критические замечания и вопросы, которые сводятся к следующему:

в отзыве *В. И. Силаева* высказаны рекомендации: для высокомагнезиальных оливинов и шпинелидов было бы полезно привести не только принятые минеральные названия, но и рассчитанные эмпирические и минальные формулы, дополнить обсуждение геохимической классификацией Ю.Г. Щербакова. Рецензент также выражает неудовлетворение тем, что в перечне основных публикаций автореферата не представлены работы в российских научных журналах;

замечания из отзыва *Арановича Л. Я. и Расс И. Т.*: в автореферате недостаточно полно представлены число и состав изученных образцов, а также объём аналитических исследований; поставлены вопросы о происхождении флюидных включений в оливине и возможном участии CO_2 в окислительных реакциях с учётом присутствия карбонатных фаз. Уточняется различие между абсолютной фугитивностью H_2 и отношением fH_2/fH_2O. Авторы считают необходимым более осторожно характеризовать устойчивость гидратированных Mg-силикатов при высоких давлениях и температурах, в частности талька, и указывают на ограничения термодинамической модели, использующей конечные члены минералов и приближение идеальности для флюидной фазы;

вопросы из отзыва *Бровченко В. Д. и Юдовской М. А.:* чем обусловлено различие состава сульфидных глобул в оливине Толбачика: крупные глобулы преимущественно обогащены Cu, а мелкие – Ni? Может ли степень насыщения сульфидных капель медью и никелем зависеть от их размеров, времени и механизма взаимодействия с окружающим силикатным расплавом? При этом рецензенты особо отмечают новизну модели ранней сульфидной ликвации в окисленных, богатых серой магмах;

замечания *Перцева А. Н.:* требуется количественно сопоставить отношение объёма дочерних шпинелидов к объёму флюидной полости в природных и экспериментальных включениях в оливине, в том числе для включений, где после охлаждения вода не обнаруживается. В связи с третьим защищаемым положением предлагается чётче обосновать дунитовый протолит гарцбургитов вулкана Шивелуч и разделить вопросы происхождения исходной ультраосновной породы и её последующего метасоматического взаимодействия с богатым SiO_2 надсубдукционным расплавом;

рекомендации и замечания Полозова А. Г.: при обсуждении окисления Fe^{2+} в оливине следует рассмотреть альтернативный механизм диспропорционирования железа с образованием металлического Fe и Fe^{3+}-содержащих фаз, не требующий удаления водорода из реакционной зоны; обратить внимание на различие окраски природного серого и экспериментального коричневого оливина. Предложено сопоставить составы

шпинелидов с «кимберлитовым трендом», уточнить прямые свидетельства присутствия щелочных сульфатов в мантийных ксенолитах и улучшить представление данных на диаграммах распределения металлов;

дискуссионные замечания *Сокола А. Г.*: насколько эффективно взаимодействие водного флюида с Fe^{2+} оливина может обеспечивать окисление мантийных перидотитов и генерацию H_2, если равновесия и отношение H_2/H_2O контролируются породными редокс-буферами, а значительный сдвиг степени окисления железа предполагает удаление образующегося водорода? Второй вопрос относится к возможности диспропорционирования SO_2 в высокобарных слэб-флюидах при мантийных температурах и давлениях, с учётом опубликованных термодинамических оценок форм нахождения серы;

замечания *Маслова А. В.*: в автореферате недостаточно подробно приведены сведения об апробации основных результатов диссертации на научных конференциях, симпозиумах и других научных форумах. Кроме того, в представленном перечне публикаций по теме диссертации отсутствуют русскоязычные статьи в отечественных рецензируемых журналах;

вопросы из совместного отзыва *Баталевой Ю. В. и Пальянова Ю. Н.:* чем обусловлен выбор для экспериментального и термодинамического рассмотрения системы H–O–S без углерода, который может присутствовать в природных глубинных флюидах в существенных количествах? Насколько однозначно совместное образование сульфидных и сульфатных фаз доказывает диспропорционирование SO_2, если их сосуществование возможно и при соответствующих равновесных редокс-условиях? При описании мобилизации никеля предлагается также отразить переход железа из оливина в Fe–Ni-сульфидную фазу;

замечания *Смирнова С. З.*: в формулировке первого защищаемого положения акцент сделан на выделении водорода при окислении Fe^{2+} силикатов, тогда как основная научная новизна, по мнению рецензента, связана с высокотемпературной реализацией данной реакции за пределами устойчивости серпентина, условиями удаления H_2 и её влиянием на поведение соединений серы. Кроме того, требуется более определённо обосновать, почему метасоматические гарцбургиты Шивелуча рассматриваются как продукты изменения дунита, а не первично гарцбургитового мантийного материала;

вопрос из отзыва *Реутского В. Н.*: при объяснении значительных вариаций содержания элементов платиновой группы в сульфидных глобулах автор предполагает их диффузионное перераспределение из силикатного расплава и захват микровключений ЭПГ сульфидными каплями. Насколько эффективно этот механизм может действовать в отношении микровключений ЭПГ, обладающих низкой вероятностью случайного контакта с относительно неподвижной сульфидной каплей? Если такой захват является существенным фактором накопления ЭПГ, должны ли сходные микровключения быть широко распространены в силикатных расплавах надсубдукционных магм и имеются ли для этого фактические свидетельства;

замечания и вопросы *Гаськовой О. Л.*: раздел 2.5 автореферата, посвящённый термодинамическому моделированию системы H-O-S, изложен чрезмерно кратко. Рекомендуется привести полное название использованного комплекса HSC Chemistry 7.0 и пояснить выбор допущений, поскольку программный комплекс позволяет учитывать

твёрдые растворы и неидеальность газов. Почему при характеристике системы названы только H, O и S, без C и других компонентов, если далее указано, что газовая фаза состоит из девяти компонентов? При этом рецензент подчёркивает, что работоспособность даже упрощённой модели подтверждается её согласованием с экспериментальными данными, а серьёзных замечаний к автореферату нет.

Несмотря на представленные замечания и вопросы, в отзывах отмечено, что они не затрагивают сути выносимых на защиту положений, имеют уточняющий или рекомендательный характер и не снижают достоинства диссертационной работы.

В отзыве **ведущей организации** диссертация охарактеризована положительно. Особо отмечены уникальность и высокая информативность природного материала, убедительное сочетание полевых наблюдений, высокобарных экспериментов и современных аналитических исследований, достоверность основных защищаемых положений и значение результатов для изучения геохимических процессов в мантийном клине и магматических системах зон субдукции. При этом высказан ряд критических замечаний и вопросов, касающихся определения понятия «глубинный флюид» и соотношения буферирующего действия флюидной фазы и Fe^{2+}/Fe^{3+}-содержащих минералов мантийной породы на фугитивность водорода. Уточняется использование соотношения H_2/H_2O в расчётах и его сопоставление с условиями редокс-буферов.

Ведущая организация указывает на недостаточную обоснованность утверждения о малом количестве HCl в надсубдукционных магматических флюидах, предлагает рассмотреть влияние хлоридного компонента на результаты опытов. Поставлены вопросы о происхождении, глубине и температурах образования пироксеновых и амфибол-флогопитовых прожилков в мантийных ксенолитах Шивелуча и интерпретации температур 680-860 °C; о термодинамических предпосылках высвобождения Ni из оливина и роли водного и кремнезёмсодержащего компонентов флюида. Отмечается необходимость разграничивать изотопный состав сульфидной и общей серы и объяснить сходство состава сульфидных глобул Толбачика с аналогичными образованиями других вулканических провинций. Приведённые замечания не меняют общего положительного заключения ведущей организации о научной значимости и законченности диссертации.

В отзыве **официального оппонента Савельева Дмитрия Евгеньевича** в качестве критических замечаний указаны: необходимость дополнительного подтверждения единой кристаллографической ориентировки дочерних зёрен оливина методами дифракционного или электронно-микроскопического анализа; неоднозначность отнесения некоторых оливинов и хромшпинелидов к магматическим, либо реститовым образованиям только на основании наличия расплавных или минеральных включений; необходимость рассмотреть дополнительные текстурные и минералогические критерии для установления происхождения отдельных фаз. В связи с интерпретацией распределения элементов платиновой группы Д.Е. Савельев ставит вопросы о возможности перераспределения металлов в полностью кристаллическом перидотите, о сохранении части тугоплавких ЭПГ в реститовом материале и происхождении обогащения Ir-ЭПГ в окисленных хромшпинелидах. Указано на необходимость сопоставления этих результатов с известными высокими концентрациями ЭПГ в хромититах некоторых более восстановленных офиолитовых комплексов.

В отзыве **официального оппонента Тагирова Бориса Робертовича** в качестве критических замечаний указаны: необходимость точнее излагать химическую природу редокс-процессов при образовании H_2 и различать водород в составе H_2O и молекулярный водород, уточнить термин «двухфазный водный флюид» применительно к флюидным включениям. Значительная часть замечаний относится к термодинамической интерпретации экспериментов с H–O–S-флюидом: оппонент обращает внимание на использование чистых конечных членов минералов вместо твёрдых растворов, приближение идеального поведения флюидных компонентов при высоких давлениях, выбор редокс-буферов и необходимость различать частные реакции окисления и восстановления SO_2 и результирующее диспропорционирование серы. Б.Р. Тагиров предлагает учитывать возможность закалочной кристаллизации и дополнить обсуждение реакций высвобождения Ni участием H_2S, а в некоторых диаграммах использовать логарифмические шкалы для повышения наглядности.

В отзыве **официального оппонента Толстых Надежды Дмитриевны** в качестве критических замечаний указаны: необходимость более точного определения используемых в работе понятий и объяснения технологии получения объёмных микрофотографий. Поставлены вопросы об определении H–O–S-флюида, возможности образования талька и других фаз при высоких температурах, либо при закалке экспериментальных продуктов. По четвёртому и пятому защищаемым положениям Н.Д. Толстых рекомендует отчётливее разграничить понятия насыщения и пересыщения расплава по FeS, обсудить причины неоднородности состава сульфидных глобул, а также подробнее обосновать связь содержаний Ir и Os с Cr в хромшпинели. Высказаны замечания к трактовке роли Fe^{3+} в шпинелидах и к сопоставлению полученных данных с опубликованными коэффициентами распределения элементов платиновой группы.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что д.г.-м.н. Н.Д. Толстых является высококвалифицированным специалистом в области минералогии рудных минералов и элементов платиновой группы, д.г.-м.н. Б.Р. Тагиров – в области физической химии и геохимии высокотемпературных флюидов и минералообразующих систем, а д.г.-м.н. Д.Е. Савельев – в области петрологии ультраосновных пород, мантийных комплексов и рудной минералогии. Их исследования непосредственно связаны с основными проблемами представленной работы, а высокий профессиональный уровень подтверждается публикациями в российских и зарубежных научных изданиях.

Выбор ведущей организации обусловлен тем, что специалисты ИВиС ДВО РАН обладают значительным опытом изучения геологии и геохимии вулканических систем Камчатки и Курильских островов, магматических и мантийных процессов, состава глубинных флюидов и эволюции рудообразующих сред в зонах субдукции.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны принципы комплексного подхода к изучению редокс–метасоматических преобразований в верхней мантии и нижней коре, объединяющего наблюдения за природными мантийными ксенолитами и оливиновыми фенокристаллами, высокобарные эксперименты в системах «оливин–вода» и «оливин–H-O-S-флюид» и физико-химическое описание условий протекания реакций;

предложены механизмы перераспределения Ni, Fe и S в ходе взаимодействия оливина с окисленными водными флюидами и кремнезёмсодержащими надсубдукционными расплавами, сопровождающегося образованием Fe-Ni-сульфидов, сульфатов и вторичных силикатных минералов;

доказано, что при температурах выше поля устойчивости серпентина взаимодействие оливина с водным флюидом сопровождается изменением магнезиальности оливина, образованием Fe^{3+}-содержащего магнезиального магнетита и генерацией молекулярного водорода при наличии путей его удаления или расходования в сопряжённых реакциях;

установлено, что окисленный H-O-S-флюид в реакциях с оливином способен образовывать Fe-Ni-сульфиды и H_2S-содержащий флюид, способствуя переносу никеля из тугоплавкой силикатной фазы в легкоплавкую сульфидную и формированию восстановленных серосодержащих минералообразующих сред;

обосновано, что богатые SiO_2 надсубдукционные расплавы могут вызывать метасоматическое замещение дунитовых пород с образованием ортопироксенсодержащих гарцбургитов, в том числе с характерными сульфидно-сульфатными ассоциациями;

выявлено, что серообогащённые примитивные надсубдукционные магмы способны достигать сульфидного насыщения даже при окислительных условиях порядка QFM+1,5 и что свойства ранних сульфидных жидкостей определяют эффективность извлечения Ni и Cu;

получены новые данные о формах присутствия благородных металлов, включая их локализацию в хромшпинели, сульфидных глобулах и самостоятельных микрофазах, и о зависимости этого распределения от фугитивности кислорода и серы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

проведено системное исследование высокотемпературных взаимодействий оливина с водными и серосодержащими флюидами в интервале давлений, достигающих 2,8 ГПа, с сопоставлением результатов природных наблюдений, экспериментов и термодинамических расчётов;

изложены новые сведения о физико–химических механизмах изменения валентного состояния железа и образования высокомагнезиального оливина, магнезиального магнетита и H_2 в условиях вне поля устойчивости серпентиновых минералов;

доказано, что окислительно–восстановительные реакции с участием силикатных минералов могут существенно менять распределение соединений серы между сульфидными, сульфатными и флюидными формами, а также обеспечивать высвобождение Ni и Fe из кристаллической решётки оливина;

раскрыта взаимосвязь метасоматоза перидотитов и последующего поведения серы и рудных компонентов при частичном плавлении и эволюции надсубдукционных магматических систем, в том числе при сульфидно-силикатной жидкостной несмесимости;

изучены минералогические и геохимические закономерности поведения Ir, Os, Ru, Rh, Pt, Pd и Au в природных магматических и мантийных системах с выделением роли

окисленной хромшпинели, сульфидных глобул и Fe-Cu-Au-S-Se-Te-содержащих жидкостей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны минералого-геохимические предпосылки для диагностики окислительно-восстановительных преобразований в надсубдукционной мантии по ассоциациям высокомагнезиального оливина, магнезиального магнетита, сульфидов и сульфатов;

определены природные и экспериментально подтверждённые условия перераспределения никеля, меди и благородных металлов между силикатными минералами, флюидом, сульфидной жидкостью и самостоятельными рудными фазами;

созданы основания для совершенствования поисковых и генетических критериев оценки потенциальной рудоносности мафит-ультрамафитовых комплексов и надсубдукционных магматических систем на Ni, Cu, Au и элементы платиновой группы;

представлены результаты химического, минералогического и изотопного изучения мантийных ксенолитов и оливин-содержащих пород Камчатки и Курильских островов, представляющие самостоятельный интерес для реконструкции источников рудного вещества и эволюции магматических систем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

экспериментальные исследования основаны на более чем 100 опытах с использованием высокобарных установок при температурах 900–1250 °C и давлениях до 2,8 ГПа, включавших контроль окислительно-восстановительных условий, систематическое варьирование состава исходных смесей и комплексное исследование твёрдых и флюидных продуктов;

теоретические положения сформулированы на основе согласования независимых наблюдений за природными минеральными ассоциациями с экспериментальными закономерностями и с термодинамическими расчётами, выполненными с учётом принятых модельных допущений;

идея диссертационной работы базируется на многолетних полевых и лабораторных исследованиях пород вулканов Камчатки и Курильских островов, в том числе редких флюидно-шпинелевых, сульфидных и расплавных включений в оливине;

использованы современные взаимодополняющие методы изучения вещества: оптическая и сканирующая электронная микроскопия, электронно-зондовый анализ, спектроскопия комбинационного рассеяния, рентгенофазовый и рентгенофлуоресцентный анализы, ICP–MS, LA–ICP–MS, SIMS, разделение сульфидной и сульфатной серы, определение её изотопного состава и минералого-петрографические методы;

установлено, что основные результаты подтверждены воспроизводимыми экспериментальными наблюдениями, независимыми аналитическими исследованиями и данными опубликованных работ; результаты получили положительные оценки официальных оппонентов, ведущей организации и специалистов, приславших отзывы на автореферат.

Личный вклад соискателя состоит в постановке научной проблемы и выборе объекта исследований, формулировании цели и задач, многолетней организации и

проведении полевых работ на Камчатке и Курильских островах, самостоятельном изучении образцов, планировании и выполнении высокотемпературных экспериментов и совершенствовании экспериментальных и аналитических приёмов. Соискатель участвовал в выборе аналитических методов, обработке и интерпретации результатов, термодинамических расчётах, сравнении экспериментальных данных с природными минералогическими наблюдениями, в обобщении материала и подготовке публикаций. Им сформулированы выносимые на защиту положения и основные выводы работы.

В ходе защиты диссертации не было высказано существенных критических замечаний со стороны членов диссертационного совета. Замечания носили рекомендательный и технический характер, соискатель с ними согласился. Соискатель Зеленский М.Е. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 27 октября 2026 года диссертационный совет принял решение за вклад в изучение редокс-метасоматических процессов в надсубдукционной мантии и механизмов перераспределения серы, никеля, меди, золота и элементов платиновой группы в магматических расплавах, имеющих высокую значимость для развития геолого-минералогических наук и смежных отраслей, присудить Зеленскому Михаилу Евгеньевичу учёную степень доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них докторов наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых – 7 человек, участвовавших в заседании; из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек; результаты голосования: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0 (ученый секретарь, к.г.-м.н. Тарасова Ю.И. не голосовала).

Заместитель председателя
диссертационного совета, д.г.-м.н. Александр Александрович Воронцов

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.г.-м.н. Юлия Игоревна Тарасова

29 октября 2026 г.

Подпись Воронцова А.А. Тарасовой Ю.И.
ЗАВЕРЯЮ 29.10.2026.
Зав. канцелярией ИГХ СО РАН Порошина И.С.