

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию Ивановой Екатерина Сергеевны на тему: «(U,Th)-He датирование пирита для определения возраста сульфидной минерализации на примере Тоупугол-Ханмейшорского золоторудного района, Полярный Урал», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по научной специальности

1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа Е.С. Ивановой посвящена развитию и апробации метода (U,Th)-He датирования пирита для уточнения этапов сульфидной минерализации на примере нескольких рудопроявлений золота в Тоупугол-Ханмейшорском районе Полярного Урала. Определение возраста сульфидной минерализации имеет важное геолого-поисковое значение и является сложной изотопно-геохимической задачей ввиду отсутствия надежных минералов-геохронометров на геологических объектах этого типа.

В работе Е.С. Ивановой применен новый подход для определения возраста пирита – (U,Th)-He метод изотопного датирования. В основе этого подхода лежит эмпирическое знание о термической сохранности радиогенного гелия в пирите. Особая актуальность исследования заключается в отсутствии систематических работ, посвященных использованию (U,Th)-He метода применительно к пириту. Этот факт определил методические сложности в постановке работы и необходимость оценки надежности метода. Практическая значимость в развитии этого метода востребована в связи с широким распространением пирита во многих рудных месторождениях.

Работа основана на большом фактическом материале, собранном в том числе, лично автором в ходе полевых работ в северной части Войкарской зоны. Выбранный район исследования находится на продолжении главных рудоносных вулканогенно-осадочных структур Урала, при этом район отличается малой изученностью из-за плохой обнаженности территории. Материал представляет три рудопроявления золота, открытых совсем недавно, три десятилетия назад.

Особое внимание в диссертации уделено описанию основ (U,Th)-He изотопной системы и ее поведению в пирите, которым посвящены первые две главы работы. Эти главы представляют собой подробное обобщение современного состояния (U,Th)-He изотопного датирования в форме содержательного справочного пособия.

Методика исследования в главе 3 отражает постановку всех этапов работы, включая полевой, петрографический, минералогический, и изотопно-масс-спектрометрический. Однако, подраздел 3.4.1, посвященный подготовке проб к (U,Th)-He датированию чрезвычайно краток и не позволяет понять параметры образца пирита, пригодного для успешного измерения, что очень важно, учитывая сложность и минералогическую неоднородность материала. В 4 главе сделан подробный геологический обзор района исследования, затронуты геодинамические модели его формирования и указаны особенности размещения сульфидной минерализации. Результаты исследований приведены в главах 5–7 и включают минералого-петрографическую характеристику вмещающих оруденение пород, сведения о минеральных включениях в пирите и результаты его датирования. Глава 6 представляет результаты химического анализа пирита, выполненного на микрозонде, однако не содержит таблиц с определением химического состава индивидуальных зерен.

Наиболее объемная глава 7 представляет главный по значимости результат диссертационной работы - результаты исследования (U,Th)-He изотопной системы большого количества пирита из нескольких рудных объектов. На сегодня это наиболее крупное исследование (U,Th)-He изотопной системы в пиритах, выполненное среди российских ученых. Диссертантом проводится аргументированная обработка изотопных данных и объясняются вариации полученных возрастных значений. Автор сопоставляет полученные

датировки с крупными вулканогенными и магматическими событиями и выделяет новый этап сульфидобразования в регионе.

Рассматривая работу как одну из пионерских в области (U,Th)-Не датирования пирита, заключение диссертации выглядит слишком кратким на фоне масштабных проведенных минералогических и изотопно-геохимических работ. Логичным был бы вывод об ограничениях и возможностях этого метода применительно к пириту для геологов и геохимиков. В заключении отсутствуют выводы о роли силикатных и фосфатных включений, не указаны минералогические и геохимические параметры пирита, пригодного для датирования. В методическом разделе и разделе 6.5 не показаны результаты эксперимента по подбору условий разложения пирита с минеральными примесями, а также отсутствуют иллюстрации о контроле за полнотой разложения.

Предложенная формулировка первого защищаемого положения не содержит пояснения о составе и количестве минеральных включений в пирите, необходимых для надежного датирования. В целом, применимость (U,Th)-Не метода для определения возраста пирита не вызывает возражений, а новые данные о возрасте сульфидной минерализации Тоупугол-Ханмейшорского золоторудного района, полученные на основе (U,Th)-Не датирования пирита, могут считаться доказанными.

Сделанные замечания не снижают значимости работы и высокого уровня проведенного Е.С. Ивановой исследования. Работа написана грамотным языком, хорошо оформлена и содержит большой фактический материал. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи для развития соответствующей отрасли знаний. Научные результаты, полученные диссертантом, соответствуют выбранной специальности и вносят существенный вклад в развитие методов датирования рудообразующих процессов, что определяет ее научно-практическую значимость. Результаты исследования опубликованы в трех статьях баз цитирования Web of Science и Scopus и представлены в докладах на международных и российских конференциях.

Диссертация Ивановой Екатерины Сергеевны на тему: «(U,Th)-Не датирование пирита для определения возраста сульфидной минерализации на примере Тоупугол-Ханмейшорского золоторудного района, Полярный Урал» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Иванова Екатерина Сергеевна **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по научной специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Председатель диссертационного совета  
член-корреспондент РАН  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор СПбГУ

2 ноября 2023 г.

Кузнецов Антон Борисович