

**УТВЕРЖДАЮ**  
ВРИО директора федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Институт геологии Карельского научного центра  
Российской академии наук  
доктор г.-м. наук



С.А. Светов

« 8 » июня 2017 года

### ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации

Гордон Фаины Андреевны

на тему **«Поисковые признаки и предпосылки золотого оруденения северо-восточной части Хаутаваарской структуры (Южная Карелия)»**, представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности:  
25.00.11 Геология, поиск и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Диссертационная работа Гордон Фаины Андреевны состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемой литературы (120 наименований), списка иллюстративного материала (39 рисунков), 13 таблиц и 3 табличных приложения, общим объемом 136 страниц.

Начиная с середины прошлого столетия на территории в архейских зеленокаменных поясах Карелии проводились многочисленные геологоразведочные работы, в результате которых в Хаутаваарской структуре (Южная Карелия) были выявлены ряд небольших месторождений (серноколчеданных, никелевых), произведена прогнозная оценка золотоносности и выделены перспективные рудные поля. Несмотря на более чем полувековую историю исследований и высокие оценки перспективности, поиски значимых месторождений золота пока не увенчались успехом, многие вопросы геологического строения структуры и рудоносности остаются дискуссионными.

**Актуальность темы диссертационной работы** Фаины Андреевны Гордон заключается в том, что она направлена на совершенствование методики ведения поисковых работ, решение вопроса о позиции оруденения в пределах СВ части Хаутаваарской архейской зеленокаменной структуры и создание геолого-генетической модели формирования золотого оруденения, что, несомненно, является актуальным для докембрия Карелии.

**Работа выполнялась** в соответствии с направлением развития Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» и выполнена в рамках научной школы «Региональная геология и условия образования месторождений полезных ископаемых» кафедры геологии и разведки геологоразведочного факультета Санкт-Петербургского Горного Университета.

**Научная новизна работы** заключается в том, что автор впервые выявил и охарактеризовал Au-Vi минерализацию, в которой высокопробное золото ассоциирует с минералами висмута и халькопиритом; создал многомерную систематику рудопроявлений и геолого-генетическую модель формирования золотого оруденения орогенного типа с

N 179-11  
от 13.06.2017



атипичной минеральной ассоциацией для северо-восточной части Хаутаваарской структуры, включающую предпосылки и поисковые признаки золотого оруденения.

**Практическая значимость** диссертационной работы заключается в том, что автором определены индикаторные геохимические ассоциации элементов и установлены факторы контроля и поисковые признаки двух основных типов золотого оруденения, которые могут быть использованы при проектировании геолого-разведочных работ на территории Карелии.

**Рекомендации.** Полученные результаты рекомендованы для поисковых работ ООО «Карельской рудной компании» в Хаутаваарской структуре. С результатами диссертационной работы рекомендуется ознакомить геологов, занимающихся геохимическими поисками и разведкой на территории Карелии – ВСЕГЕИ, СПбГУ.

**Обоснованность и достоверность** научных положений, резюме по главам и заключения подтверждаются исследованиями, проведенными автором с использованием широкого комплекса методов исследования (геологических, геохимических, петрографо-минералогических, аналитических для определения состава пород, содержания золота и элементов-спутников). Автором проанализирован значительный объем фондовых и опубликованных данных по району работ и региону, в целом, позволивших дать характеристику золоторудных проявлений Карелии. Комплексное минералогическое петрографическое изучение гидротермально-метасоматических образований и исходных пород северо-восточной части Хаутаваарской структуры проводилось на оптическом микроскопе Leica DM2700 P, химический состав пород определялся рентгеноспектральным флуоресцентным (силикатным) методом (XRF), портативным рентгеноспектральным флуоресцентным анализатором Innov-X Delta, атомно-эмиссионным анализом с индуктивно связанной плазмой на атомно-эмиссионном спектрометре iCap6300duo фирмы Intertech в лаборатории ЗАО «РАЦ МИА» на кафедре геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Горного университета на кафедре геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Горного университета и в ЦАЛ ФГБУ «ВСЕГЕИ». Расчёт баланса вещества для оценки направленности метасоматических процессов проведён с использованием программы MassBalance (Д.В. Доливо - Добровольский, С.А. Бушмин, 2010). Исследования аншлифов для установления последовательности минералообразования, выявления закономерностей распределения и определения состава рудной минерализации проводились на оптическом микроскопе Leica DM2700 P, а также на сканирующем электронном микроскопе TM 3000, оснащённом приставкой энергодисперсионного микроанализа OXFORD в Ресурсном центре микроскопии и микроанализа СПбГУ, микроскопе-микроанализаторе CamScan MV 2300 в ФГБУ «ВСЕГЕИ» и сканирующем электронном микроскопе Hitachi S 3400 N, оснащённом приставкой энергодисперсионного микроанализа OXFORD в ресурсном центре Научного парка СПбГУ «Геомодель». Исследования состава минеральных включений проводились с помощью спектрометра комбинационного рассеяния Renishaw InVia в Горном университете. Содержания благородных металлов в породах исследуемой площади определялись пробирно-атомно-абсорбционным методом в ЗАО «РАЦ МИА». Фактическим материалом диссертационной работы был каменный материал (250 образцов), собранный в 2015-2016 гг. в Хаутаваарской структуре (шлифы и аншлифы по метасоматитам, результаты геохимических определений золота и сопутствующих элементов), полученные при детальном геолого-геохимических поисковых работах.

**Оценка содержания диссертации.** Выставленные для защиты положения доказываются в главах 3-5, в главах 1-2 вырабатывается методический подход к изучению благороднометалльного оруденения и дается общая геологическая характеристика территории и развитых на ней рудопоявлений; материалы главы 2 используются для доказательства 1-ого защищаемого положения, главы 1 – 3-его. Диссертационная работа выглядит цельным и завершённым исследованием. Работа хорошо оформлена, логично построена, каждая из глав заканчивается кратким резюме.



Схемы-иллюстрации по геохимии выполнены с использованием программного обеспечения ArcGis, по метасоматитам - с помощью программного обеспечения Surfer, CorelDraw, для первичной геохимической характеристики пород и выявления возможных геохимических ассоциаций в породах северо-восточной части Хаутаваарской структуры был выполнен факторный анализ методом главных компонент и статистический анализ геохимических данных.

Проведенный литературный обзор по рудно-формационным типам золоторудных объектов Карелии и сравнение их зарубежными месторождениями (глава 1) позволили автору наметить подход для создания собственной геолого-генетической модели. Приводятся общие сведения о геологической позиции, строении и истории геологического развития архейских зеленокаменных поясов Карельского кратона. На основе данных по минерально-сырьевой базе Р. Карелии и публикаций по региону, дается характеристика основных типов золоторудных проявлений оруденения зеленокаменных поясов Карелии. К поисковым признакам вполне закономерно отнесены минерализованные (сульфидизированные) зоны и метасоматически измененные породы, которые могут сопровождаться повышенными концентрациями ряда элементов (As, B, Hg, Sb, Te, Bi, W, Pb, Zn и Cu). Указывается, что определяющими факторами для выявления месторождений орогенного типа и связанных с гранитами, являются наличие гидротермально-метасоматических изменений и геохимической зональности.

К данной обзорной главе, вырабатывающей в целом методический подход к поискам золота, возникли лишь отдельные замечания. Они касаются некоторых неточностей систематизации рудопроявлений Карелии, допущенных в используемой литературе и перенесенных диссертантом в свою работу.

Для раскрытия защищаемых положений в главе 2 приводится характеристика геологического строения Хаутаваарской структуры, участков детальных исследований (Раялампи, Коруд), расположенных в её северо-восточной части и дается характеристика метасоматических изменений в околорудных зонах. Автором делается обзор по основным типам гранитоидных массивов, развитым на площади, выделяются несколько систем тектонических зон (меридиональные, СВ, СЗ и широтные разломы), среди последних намечены структуры наиболее благоприятные для локализации золотого оруденения. С учетом данных предшествующих работ подчеркивается, что рудный контроль проявлений Хаутаваарской структуры осуществляется зонами повышенной трещиноватости и расланцевания, а также поздними внутрискрутурными гранитоидами. Основная рудоконтролирующая роль отводится меридиональным и диагональным зонам.

В тексте возникла некоторая путаница в отдельных описаниях: отнесения массива Коруд, то к Шуйскому, то Виртаойскому комплексу; а также по геологии, со ссылкой на С.А. Светова, в частности - на единство по времени формирования всех обстановок геодинамического развития (из этого вытекает - пород трех свит) Хаутаваарской структуры (стр. 38); по отнесению пород шотозерской свиты (к нижнему лопию-саамию); по выделению свекофеннской орогении на Карельском кратоне. Следует также отметить, что далеко не все низкотемпературные изменения являются свекофеннскими, (стр. 43), а в Хаутаваарском массиве – нет березитов. В резюме фигурирует фраза, что породы Хаутаваарской структуры претерпели метаморфизм, связанный с главной фазой складчатости и гранитизации в течение ребольской орогенической эпохи (2,74-2,68 млрд. л. назад). Однако увеличение метаморфизма в краевых частях структуры указывает на более ранний метаморфизм, оказавший влияние на зеленокаменные породы. Тогда как дислокационные преобразования в субмеридиональных зонах, достигающие амфиболитовой фации и сопровождающие их метасоматиты типа скелей, по Б. Астафьеву, вероятно, как раз и произошли на позднелопийском этапе деформаций. Следует также отметить, что Хаутаваарский массив с возрастом 2,74 млрд. лет сечет уже смятые и метаморфизованные вмещающие породы, а в современных исследованиях не принято выделять ребольскую орогению.



При характеристике особенностей геологического строения северо-восточной части Хаутаваарской структуры (глава 2, раздел 2.2) приведена петрографо-петрохимическая характеристика состава вмещающих пород и прорывающих их интрузий габброидов, описаны особенности строения, деформации, состав и характер их метасоматических изменений, сделан вывод о северо-западной дислокационной зоне в районе оз. Раялампи, деформировавшей дайку габброидов вблизи области влияния Хаутаваарского граносиенитового массива. Вмещающие породы и габбро в этой зоне имеют рассланцевание и деформации с азимутом СЗ 310° и 70°, они сопровождаются окварцеванием, определена мощность (50 м) перспективной зоны рассланцевания и изменения в габброидах. На участке Коруд установлен структурный контроль оруденения зоной меридионального рассланцевания, к ней приурочена сульфидная минерализация. Данный раздел добротнo написан на основе авторских материалов и не вызывает замечаний, доказывает структурную позицию и определяет тип метасоматических изменений в зонах деформаций.

Результаты геологических исследований (главы 2) и выявленные закономерности распределения рудогенных элементов и геохимических аномалий в пределах исследуемой площади (глава 3) позволяют защитить 1-е положение. Автором установлено, что в *северо-восточной части Хаутаваарской структуры наиболее перспективными для обнаружения золотого оруденения являются участки проявления геохимических аномалий Cu, Bi, W, As, Pb, Mo в пределах зон рассланцевания северо-западного и северо-восточного простирания в южном экзоконтакте Хаутаваарского массива и As, Pb, Mo в субмеридиональной зоне рассланцевания вдоль контакта с массивом Коруд*. Сделан вывод о том, что повышенные концентрации благородных металлов (Au и Ag) в породах северо-восточной части Хаутаваарской структуры сопровождаются аномальными содержаниями элементов-индикаторов золотого оруденения, выделены: 1 - крупная комплексная аномалия (Cu, Bi, W, As, Pb, Mo, Au до 5,58 г/т), приурочена к зонам рассланцевания СЗ и СВ простирания в габброидах участка Раялампи (в зоне северо-западного рассланцевания в южном экзоконтакте Хаутаваарского массива); 2 - аномалия As-Mo-Pb приурочена к зоне рассланцевания субмеридионального простирания (прослежена вдоль контакта массива Коруд с породами калаярвинской свиты). Данные результаты имеют большое значение для проводимых на данной территории поисковых работ.

Второе защищаемое положение раскрывается автором в 4-й главе. Гидротермально-метасоматические изменения пород рассматривается в пределах всей северо-восточной части площади Хаутаваарской структуры, где проводилось геохимическое опробование. С использованием оригинальных методик Е.В. Плющева и В.В. Шатова детально описана их зональность и сопутствующая рудная минерализация. Эта глава, как и предыдущая, хорошо оснащена детальными схемами, демонстрирующими развитие различных типов метасоматитов на площади, одновременно дается характеристика минерального состава всех выделяемых изменений пород и градация по степени проявления наложенных метасоматических ассоциаций. Автором рассматриваются и петрохимические изменения пород, а также проведен анализ с использованием программы MassBalance 1.0 (Д.В. Доливо-Добровольский, С.А. Бушмин, 2010), позволяющей оценивать привнос-вынос вещества (основных петрогенных элементов) по составам, нормализованным по инертному компоненту TiO<sub>2</sub>. В этой же главе в зонах выделенных геохимических аномалий дается характеристика 4 типов рудной минерализации, два из которых золотоносны. Автором установлено, что золото ассоциирует с минералами висмута и полиметаллами: 1-ый тип связан с формированием Au-Bi-Cu минерализации в рассланцованных габбро, подвергшихся эпидотовой пропилитизации вблизи южного экзоконтакта Хаутаваарского массива; 2-й - Au-Ag-полиметаллический в районе Коруд. Впервые для данной структуры охарактеризована Au-Bi минерализация, в которой высокопробное золото ассоциирует с минералами



висмута и халькопиритом. Представлен совершенно новый для данной территории материал по рудной минералогии и сделан вывод об атипичной минерализации (по Д. Гровсу). Это бесспорно позволило защитить 2-е положение: ***Выделено два типа золоторудной минерализации: золото-висмут-халькопиритовая в зонах развития эпидот-пропилитовой гидротермально-метасоматической ассоциации; золото-серебро-полиметаллическая, приуроченная к зонам интенсивного проявления гидротермально-метасоматических ассоциаций карбонат-хлорит-кварцевого и карбонат-серицит-кварцевого состава.***

Третье защищаемое положение раскрывается в пятой главе с привлечением материалов обзорной главы 1 и исследовательских 2-4. Автор проводит сравнительную характеристику золотого оруденения орогенного и порфирового типов зеленокаменных поясов и как итог - создает многомерную систематику рудопроявлений и геолого-генетическую модель формирования золотого оруденения орогенного типа с атипичной минеральной ассоциацией для северо-восточной части Хаутаваарской структуры, включающую предпосылки золотого оруденения и поисковые признаки. Проводится оценка условий рудообразования по минеральным ассоциациям и геотермометрам как среднетемпературных. А так как Au-Bi-Cu оруденение в южном экзоконтакте Хаутаваарского массива обнаруживает сходство с оруденением известных порфировых объектов Карелии (в характеристиках структур, контролирующих оруденение; составе вмещающих пород; направленности гидротермально-метасоматических изменений; составе первичных геохимических аномалий и рудно-минеральных ассоциаций) вполне закономерно делается вывод том, что ***«Особенности формирования и размещения золотого оруденения в северо-восточной части Хаутаваарской структуры определяются его генетической связью с дифференцированным санукитоидным массивом, структурной связью с субмеридиональной и диагональной системами рудоконтролирующих разломов и областью развития даек базит-гипербазитового состава.***

**Автореферат** соответствует представленной диссертации.

**По теме диссертации автором опубликовано 4 статьи и тезисы докладов, в том числе 2 статьи в журналах из списка ВАК, работа апробирована на нескольких конференциях разного уровня.**

По мнению ведущей организации федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии Карельского научного центра Российской академии наук, диссертационная работа Фаины Андреевны Гордон «Поисковые признаки и предпосылки золотого оруденения северо-восточной части Хаутаваарской структуры (Южная Карелия)» полностью соответствуют критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, несмотря на сделанные рецензентом замечания, заслуживает присвоения степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиск и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Диссертационная работа и отзыв ведущей организации рассмотрены и утверждены на заседании музея геологии докембрия, с участием отдела минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии Карельского научного центра Российской академии наук (протокол № 2 от 30.05.2017 г.).

Отзыв рассмотрен на заседании Ученого совета Института геологии Карельского научного центра Российской академии наук и одобрен в качестве отзыва ведущей организации (протокол № 5 от 08 июня 2017).

Отзыв составил:

ведущий научный сотрудник ИГ КарНЦ РАН,  
к.г.-м. наук, группы региональной  
минералогии и рудообразования музея  
геологии докембрия, доцент

Руководитель музея геологии докембрия ИГ  
КарНЦ РАН

Кулешевич Людмила  
Владимировна

Лавров Олег Борисович

Заведующий отдела минерального сырья  
ИГ КарНЦ РАН, д.г.-м.н., профессор

Шипцов Владимир  
Владимирович

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Карельского научного центра Российской академии наук (ИГ КарНЦ РАН). Адрес организации: 185911, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, дом 11; телефон (8142) -782753; факс (8142) -780602; e-mail; geolog@krc.karelia.ru

« 8 » июня 2017 г.

ПОДПИСАТЬ ЗАКЛЮЧИТЬ  
СТАРИШЕ ДОКУМЕНТОВ  
Е.С. ПРОТАРСА *Протарса*  
" 09 - 06 " 17

