

На правах рукописи



Межубовский Владимир Владимирович

**ГЕОЛОГИЯ И ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ
РУДНОЙ ЗОНЫ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)**

25.00.11 – Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Красноярск - 2017

Работа выполнена на кафедре геологии месторождений и методики разведки ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук, профессор
Михеев Владимир Георгиевич

Официальные оппоненты: *Проскурнин Василий Федорович,*

Доктор геолого-минералогических наук, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского», отдел региональной геологии и полезных ископаемых Восточных районов России, заведующий

Наумов Владимир Александрович,

доктор геолого-минералогических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», кафедра поисков и разведки полезных ископаемых, профессор

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск

Защита диссертации состоится «11» мая 2017 года в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.099.23 при ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» по адресу: 660025, г. Красноярск, пр-т им. газеты «Красноярский рабочий», 95, ауд. 200.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» и на сайте университета: www.sfu-kras.ru.

Автореферат разослан « » марта 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Бондина Светлана Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Герфед-Николаевская золоторудная зона, протяженностью 25 км в субмеридиональном направлении (ширина до 1,5 км) располагается на территории Партизанского золоторудного узла в южной части Центрального золотоносного пояса Енисейского кряжа и приурочена к зоне разлома Мейстера, который трассирует контакт кординской и пенченгинской свит. В ее пределах располагаются золоторудные месторождения Герфед, Николаевское, Партизанское и рудопроявления Верхне-Удерейское, Дорожное, Боровое. Ведущие эксплуатационные работы в северной части рудной зоны (месторождение Николаевское) и начавшаяся эксплуатация в ее центральной части (месторождение Герфед) позволили на основе обработки новых материалов по вещественному составу, золотоносности, зональности и геохимическим особенностям пород и руд реально оценить перспективы реализации еще не раскрытого ее потенциала. Необходимость комплексного изучения жильных образований и связанных с ними золотоносных метасоматитов определила актуальность результатов проведенных исследований.

Уточнение, на основе данной работы, имеющихся геолого-генетических моделей формирования коренных золоторудных объектов в регионе позволяют предложить рекомендации для дальнейших прогнозно-поисковых работ.

Цель работы и задачи исследования. Цель работы – определить условия формирования золоторудных месторождений Герфед-Николаевской рудной зоны и особенности эндогенной зональности оруденения для более эффективного ведения в ее пределах геолого-поисковых и разведочных работ.

Для реализации этой цели были решены следующие задачи:

- 1) выявлены основные типы рудоносных образований, степень их золотоносности, особенности морфологии и характер изменчивости рудных тел по простиранию Герфед-Николаевской зоны;
- 2) определен вещественный состав рудных образований и вмещающих оруденение пород, их текстурно-структурные особенности и характер изменчивости по мере удаления от центральных частей рудной зоны к периферии;
- 3) выявлены основные эндогенные парагенетические ассоциации золоторудных месторождений Герфед-Николаевской рудной зоны;
- 4) установлена геохимическая изменчивость в пределах отдельных золоторудных месторождений и всей Герфед-Николаевской зоны в целом;
- 5) выявлены элементы-индикаторы золоторудного процесса, а также породные и рудные геохимические ассоциации.

Фактический материал и методы исследования. Работа выполнена на основе материала, собранного и проанализированного автором за период 2010-2013 гг. при выполнении работ по контракту с ЗАО «Васильевский рудник». Кроме того, при обработке результатов исследований был использован обширный материал, полученный ЗАО «Васильевский рудник» в процессе геологораз-

ведочных работ 2005-2010 годов, по трем месторождениям – Николаевское, Герфед и Партизанское, а также более ранние опубликованные и фондовые материалы.

Анализ вещественного состава пород и руд проведен на базе изучения автором 140 прозрачных шлифов и 160 полированных шлифов. Проведены силикатные анализы 40 рудных образцов (лаборатория ОАО «Красноярскгеология»), термический, рентгенофазовый и рентгенофлуоресцентный анализы 30 рудных образцов (Лаборатория рентгеновских методов исследований и анализа СФУ), микронзондовые исследования золота и рудных минералов – 50 определений, (Лаборатория электронной микроскопии СФУ), изучены температурные условия формирования рудного кварца и состав минералообразующих флюидов (лаборатория ИТМ СОРАН) – 6 образцов.

Геохимическая специализация пород и руд изучена автором на основании анализа групповых и керновых проб из разведочных выработок. В пределах Герфедского рудного поля отобрано и проанализировано в 2010-2011 гг. полуколичественным атомно-эмиссионным анализом на 30 элементов (лаборатория ЦГИ «Прогноз») 4643 групповые пробы по вмещающим породам (отобраны в ходе разведочных работ), 568 керновых и 79 бороздовых проб по руде (дополнительно отобраны автором). По Николаевскому рудному полю групповые пробы по вмещающим породам в количестве 624 штуки проанализированы в 2007 г спектральным анализом (лаборатория Минусинской ГРЭ), плюс 163 навески из керновых проб по руде и околорудным породам (отобраны автором) проанализированы в лаборатории ЦГИ «Прогноз» атомно-эмиссионным анализом в 2011 г.

При характеристике золотоносности использованы данные пробирного анализа лаборатории ЗАО «Васильевский рудник», выполненного в ходе производства разведочных работ – Герфед (2933 пробы), Партизанское (1326 проб), Николаевское (1506 проб).

Научная новизна работы. Впервые детально изучен вещественный состав и характер золотоносности всех золоторудных образований (рудные метасоматиты, метасоматические кварциты, кварцевые жилы) Герфед-Николаевской зоны в комплексе, выявлены закономерности его изменения в пространстве и во времени. На базе значительной геохимической выборки (свыше 6 500 проб), охватившей все разности пород и руд, определена геохимическая изменчивость Герфед-Николаевской рудной зоны и выявлены элементы-индикаторы золоторудной минерализации. Определен генезис и условия формирования золотого оруденения Герфед-Николаевской рудной зоны.

Практическая значимость работы. Полученные результаты позволяют прогнозировать возможность обнаружения в пределах мало изученной части Герфед-Николаевской зоны золоторудных объектов с параметрами оруденения близкими к месторождениям Николаевское и Герфед. Изученные особенности изменчивости вещественного и геохимического состава пород будут способство-

вать более эффективному проведению геолого-поисковых и разведочных работ в пределах Енисейского кряжа.

Защищаемые положения:

1. Месторождения Герфед-Николаевской рудной зоны имеют гидротермально-метасоматическое происхождение, сформированы на относительно больших глубинах в довольно непродолжительный промежуток времени в результате кристаллизации единой порции среднетемпературных гидротерм экранированных сланцами кординской свиты в условиях тектонических деформаций среды. Все они относятся к золото кварцевой малосульфидной формации, пирит-арсенопиритовому (Герфед, Партизанское) и пирротин-магнетитовому (Николаевское, Верхне-Удере́йское) минеральным типам и в своем строении характеризуются комбинацией процессов раннего метасоматического замещения и более позднего выполнения пустот.

2. Эндогенная зональность Герфед-Николаевской рудной зоны определяется пологим понижением эрозионного среза рудной зоны в северном направлении, что проявляется в расширении на юг зоны гидротермального метасоматоза, при снижении его интенсивности и степени золотоносности рудных тел, постепенном удалении кварцевых жил выполнения пустот от метасоматических кварцитов, а так же в геохимической изменчивости.

3. Рудоносные гидротермальные растворы Герфед-Николаевской рудной зоны имеют состав близкий к березитам. Они характеризуются привнесением в область рудолокализации из глубинных источников Au, As, Ag, Cu, Fe, Mo, W, Bi, S, переносом в рудную зону из вмещающих пород Cr, Fe, Ba, Be, Sb и выносом в надрудные горизонты Ti, V, Zr, Sr, Pb, Zn, Cd, Co, Ni.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Она изложена на 170 страницах текста и сопровождается 105 иллюстрациями, 35 таблицами и 21 текстовым приложением. Список литературы включает 130 наименований.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на 5 Международных и Всероссийских конференциях и форумах: II Всероссийская конференция по прикладной геохимии «Поисковые геолого-геохимические модели рудных месторождений» (Воронеж, 2009); VII Международная научно-техническая конференция «Современные технологии освоения минеральных ресурсов» (СФУ, Красноярск, 2009); Научно-практическая конференция «Научно-методические основы прогноза поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых – состояние и перспективы» (памяти Анатолия Ивановича Кривцова) (ФГУП ЦНИГРИ, Москва, 2011); III Международный конгресс Цветные металлы-2011 (Красноярск, 2011); VII Международный симпозиум «Фундаментальные и прикладные проблемы науки» (МСНТ, Челябинская обл., 2012).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 работ, 3 из них в изданиях, входящих в перечень ВАК. По теме диссертации опубликована монография.

Благодарности. Работа выполнена под руководством к. г-м. н., профессора В.Г. Михеева, которому автор выражает свою признательность. В процессе выполнения работы ценную помощь автору оказали сотрудники кафедры ГМ и МР и ЦГИ «Прогноз» П.Н. Самородский, М.А. Самородская, А.А. Белозерова, которым автор благодарен за помощь при выполнении исследований. Автор также благодарен геологам ЗАО «Васильевский рудник» М.П. Кривопуску, А.А. Гуриновичу, И.П. Мацкевич, С.Д. Гарькавенко, Е.А. Созько за помощь в сборе материалов для данной работы.

Особую благодарность автор выражает заведующему кафедрой ГМиМР доктору геолого-минералогических наук профессору В.А. Макарову за всестороннюю помощь при выполнении работы.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАБОТ И ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Партизанский золоторудный узел расположен в пределах Южно-Енисейского золотоносного района в южной части Центрального золотоносного пояса Енисейского кряжа. В структурно-тектоническом плане он представляет собой структуру общего брахиантиклинального характера, в формировании и металлогении, которой ведущую роль играет Татарский гранитоидный массив.

В геологическом строении рудного узла принимают участие, в разной степени метаморфизованные, образования от архейского до средне-рифейского возраста. Во впадинах широко развиты коры выветривания и рыхлые отложения мел-палеогенового возраста, а в долинах водотоков – аллювиальные образования.

Интрузивные породы представлены гранитоидами Татарского массива (верхний рифей) и амфиболитизированными основными субвулканическими породами индиглинского комплекса (дайки, силлы, покровы) раннего протерозоя.

Метаморфизм пород района чаще дозеленосланцевый (филлитоидный), пенченгинская свита метаморфизована в условиях зеленосланцевой и амфиболитовой фаций. Широко и повсеместно проявился метасоматоз различного состава.

Основным полезным ископаемым является коренное и россыпное золото.

Герфед-Николаевская рудная зона, протяженностью 25 км в субмеридиональном направлении (ширина до 1,5 км), расположена в восточном крыле Татарского куполовидного поднятия. Она соответствует зоне разлома Мейстера и трассирует контакт кординской и пенченгинской свит, являющийся структурно-литологическим и геохимическим барьером на пути золотоносных гидротерм. В Герфед-Николаевскую зону входят месторождения Герфед, Николаевское, Партизанское, проявления Верхне-Удерейское, Дорожное, Боровое (рис. 1).

Структура Герфедского и Николаевского рудных полей определяется моноклинальным залеганием пород, падающих на восток (30-60°). Рудовмещающие толщи слабо дислоцированы, смяты в дисгармоничные складки. Сланцеватость проявляется во всех разностях пород и имеет СВ ориентировку близкую к слоистости. Высокая тектоническая активность зоны способствовала образованию мощных зон дробления, смятия и рассланцевания, ориентированных по напластованию пород и благоприятных для проникновения рудоносных растворов.

Золотое оруденение Герфед-Николаевской рудной зоны локализовано в трех разновидностях пород: рудных метасоматитах, метасоматических кварцитах (жила Магистральная, Николаевская) и секущих оперяющих кварцевых жилах.

Жила Магистральная – главное рудное тело месторождения Герфед, локализована в зоне контакта пенченгинской и кординской свит. Протяженность жилы по простиранию (СВ 10-20°) – 5 км. По падению (30-85° на ВЮВ) она прослежена на 430 м от поверхности. По особенностям морфологии жила подразделяется на две части – Северную (Герфед) и Южную (Партизанское). На месторождение Герфед жила представлена единым линзовидным телом большой (до 60 м) мощности с мелкими апофизами и линзовидными включениями метасоматитов. На месторождении Партизанском жила распадается на серию маломощных (первые метры) прерывистых сближенных линзовидных тел.

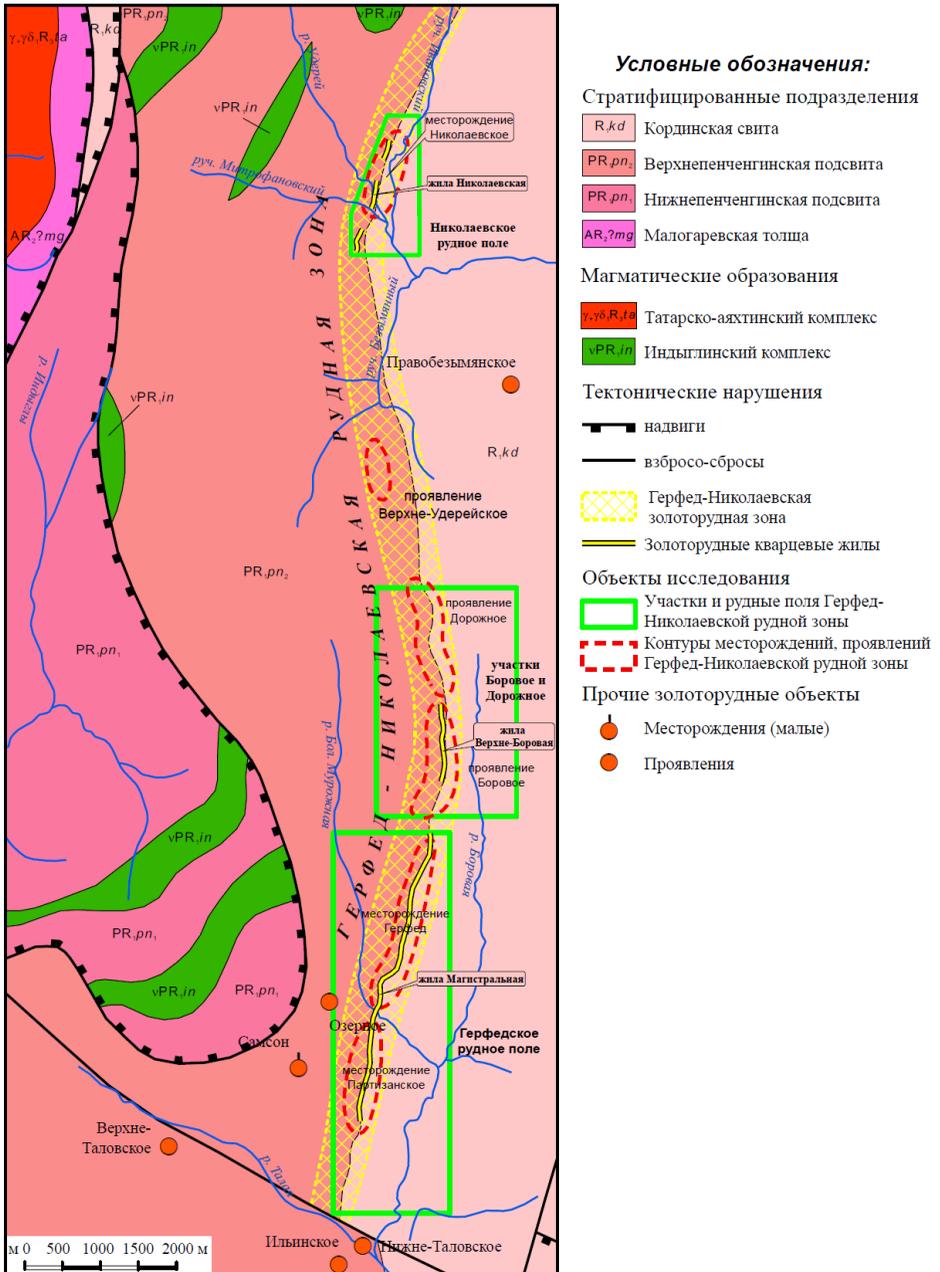


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Герфед-Николаевской рудной зоны

Оперяющие кварцевые жилы расположены в породах лежащего бока жилы Магистральной на всем ее протяжении и примыкают к ней под различными углами. Ширина зоны оперяющих жил на месторождении Герфед – 100-200 м, на месторождении Партизанское – до 300 м. Протяженность не превышает 70 м.

Жила Николаевская – основное рудное тело Николаевского рудного поля протяженностью по простиранию 1700 м в СВ (10-20°) направлении, по падению изучена на глубину 350 м от поверхности. Падение ВЮВ (угол 30-70°) согласно с вмещающими породами. Жила Николаевская локализована в породах пенченгинской свиты, однако, в отличие от жилы Магистральной, она расположена в 10-40 м ниже по разрезу от контакта с кординской свитой. Это объясняется наличием на этом уровне, литологически наиболее благоприятной для метасоматических преобразований, пачки пород. Петрографический анализ показал приуроченность жилы к контактам филлитов (висячий бок) и карбонатизированных метазфизивов основного состава (лежащий бок).

Внутри Николаевской жилы отмечаются многочисленные мелкие жильные образования, сложенные сахаровидным кварцем более поздней генерации. Эти, так называемые «лестничные» жилы, по составу и времени формирования являются аналогами оперяющих жил Герфедского рудного поля.

Рудные метасоматиты – это участки интенсивного окварцевания и сульфидизации филлитов и метавулканитов. Окварцевание проявлено развитием разнонаправленных секущих кварцевых прожилков различной мощности. Сульфидная минерализация представлена пиритом, пирротинном, редко халькопиритом и арсенопиритом в виде мелко рассеянной вкрапленности, реже гнезд и прожилков.

Золотоносность жил Магистральная и Николаевская, а так же оперяющих и «лестничных» жил крайне неравномерная линзовидно-гнездовая. Повышенные концентрации золота приурочены, как правило, к раздувам и коленообразным изгибам жил и участкам сопряжения оперяющих жил с метасоматическими кварцитами. Отмечается не очень отчетливая, но прямая зависимость между мощностью, крутизной изгиба и продуктивностью жил. Это говорит о том, что золотоносность напрямую связана со степенью тектонических деформаций вмещающих пород.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИХ ОБОСНОВАНИЕ

1. Месторождения Герфед-Николаевской рудной зоны имеют гидротермально-метасоматическое происхождение, сформированы на относительно больших глубинах в довольно непродолжительный промежуток времени в результате кристаллизации единой порции среднетемпературных гидротерм экранированных сланцами кординской свиты в условиях тектонических деформаций среды. Все они относятся к золотокварцевой малосульфидной формации, пирит-арсенопиритовому (Герфед, Партизанское) и пирротин-магнетитовому (Николаевское, Верхне-Удерейское) минеральному типу и в своем строении характеризуется комбинацией процессов раннего метасоматического замещения и более позднего выполнения пустот.

Жилы Магистральная и Николаевская сложены двумя генерациями кварца: 1) мелкозернистым светло-серым до медово-желтого катаклазированным кварцито-видным кварцем; 2) крупно-среднезернистым грязно-белым массивным полупрозрачным кварцем. Количество карбонатов от 1-2% до 30%, включения серицита, альбита, турмалина и рудных минералов – первые проценты. Гетеробластовые и гранобластовые структуры, унаследованные сланцеватые, полосчатые и такситовые текстуры, наличие реликтовых ксенолитов позволяет предположить, что жила Магистральная образовалась на месте линз кварц-серицитовых сланцев, песчаников и известняков среди более пластичных филлитов. Характерными для нее являются гранобластовые структуры, мозаичное строение агрегата полигональных мелких (0,1-0,5 мм) зерен кварца и кальцита. Зоны катаклаза и милонитизации субсогласные напластованию пород, являлись структурами удобными для проникновения гидротерм, метасоматически изменивших облик первичных пород. Пропитывание тектонически нарушенных компетентных линз кремнистыми растворами создало кварцито-подобный облик пород, а последующее открывание трещин привело к образованию оперяющих и «лестничных» жил.

Оперяющие и «лестничные» жилы сложены только полупрозрачным пятнисто-серо-белым крупно-среднезернистым кварцем. Эта вторая генерация кварца, наряду с первой кварцито-видной, слагает руды месторождений Герфед и Николаевское. Вблизи контактов жильный кварц более насыщен включениями пород, которые в рудных телах проявляются по направлениям теневой сланцеватости и характеризуются рассеянной вкрапленностью пирита и арсенопирита вдоль ее плоскостей.

Месторождения Герфед-Николаевской зоны представляет собой яркий пример проявления метасоматической деятельности гидротерм по мере нарастания интенсивности тектонической деформации пород. Постепенность смены режимов метасоматического замещения и выполнения пустот хорошо проявляется при текстурном анализе руд. Наиболее ранними текстурами являются полосчатые и вкрапленные (рис. 2), возникшие в результате замещения вмещающих пород метасоматическими прожилками и метазернами пирита, пирротина, магнетита, распределение которых контролируется направлениями слоистости и сланцеватости пород (рис. 2). Нарастание процесса метасоматоза привело к преобразованию пород в карбонатно-кварцевые метасоматиты (жилы Магистральная и Николаевская) с распределением метасоматических сульфидных прожилков также согласно теневой сланцеватости. Усиление кварцевого метасоматоза способствовало дальнейшему изменению рисунка метасоматитов – мелкие метазерна сульфидов, укрупняясь в размерах, создают пятна и цепочки (рис. 3). Линейность в их распределении утрачивается и становится реликтовой. Последующие тектонические подвижки обусловили повышенную трещиноватость метасоматитов и обеспечили более интенсивное проникновение в них обогащенных кремнеземом и серой растворов. Проявление таких подвижек в метасоматитах фиксируется появлением брекчиевидных текстур (рис. 4) и более широким развитием процессов замещения.

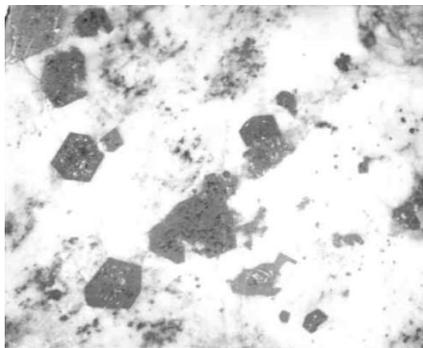


Рис. 2. Цепочки метакристаллов пирита (серое) в кварце (белое), распределенные согласно теневой сланцеватости. Вкрапленная текстура. Жила Магистральная. Герфед. Полированный штуф.

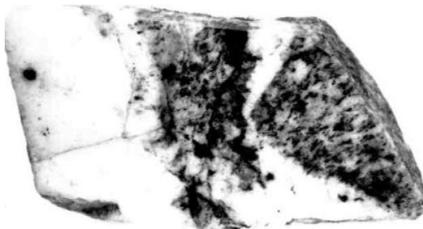


Рис. 5. Прожилки белого кварца в метасоматите. Черное – сульфиды. Магистральная жила. Полированный штуф.

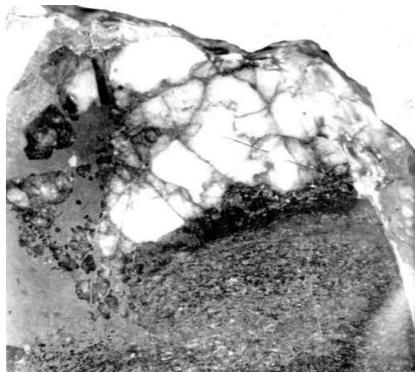


Рис. 3. Собирательная перекристаллизация пирротина II (слева серое), укрупнение агрегата на границе жилы с филлитом (темное). Пирротин I внизу и в центре серое. Герфед. Полированный штуф.



Рис. 6. Прожилок, белого кварца в углеродистом филлите. Герфед. Полированный штуф.

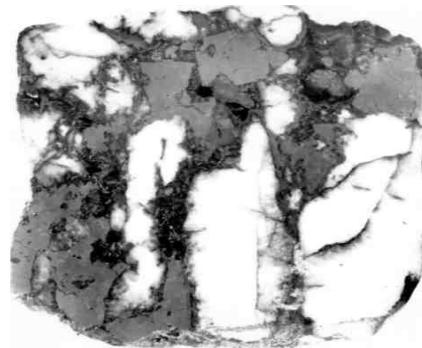


Рис. 4. Брекчиевидная текстура руды секущей жилы. Кварц – белое, раздроблен и сцементирован пиритом – серое и переложенным прозрачным кварцем – темно-серое. Герфед. Полированный штуф.

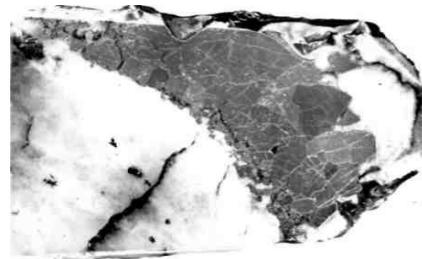


Рис. 7. Прожилковая текстура секущей жилы. Кварц (белое), пирит (светло-серое). Герфед. Полированный штуф.

Таким образом, текстурный анализ руд Герфедского месторождения позволяет прийти к заключению об образовании руд в процессе эволюции рудовмещающих структур **в условиях тектонической деформации среды.**

Контакты более поздних (оперяющих и лестничных) кварцевых жил и прожилков, часто постепенные с метасоматитами (рис. 5), всегда имеют секущий характер по отношению к филлитам (рис. 6). В сторону контакта с метасоматическими кварцитами величина зерен позднего кварца в оперяющих жилах уменьшается, и он становится сливным кварцитовидным гранобластовым, лишь прозрачностью отличаясь от мутно-белого метасоматического кварца.

Мозаичность проявления тектонического воздействия на формирование руд выразилась в появлении полостей самого разного размера и протяженности, что обусловило резкую разницу в росте зерен кварца, слагающего кварцевые жилы и прожилки, которыми секутся более ранние метасоматические тела. Мелкозернистый серо-белый кварц в них свидетельствует о дефиците свободного пространства и преобладании метасоматических процессов замещения, грубозернистый кварц образовался при наличии полостей, причем между указанными разновидностями часто устанавливаются постепенные переходы.

Подобное сочетание генераций кварца свидетельствует о том, что золотое оруденение **образовано комбинация процессов раннего метасоматического замещения и более позднего выполнения пустот.** Преобладание же процессов метасоматоза над процессами выполнения пустот при формировании рудных тел свидетельствует об **относительно больших глубинах образования месторождений** Герфед-Николаевской рудной зоны.

Для оперяющих жил характерен состав рудных минералов, аналогичный составу их в карбонат-кварцевых метасоматитах. Однако размеры минеральных выделений сульфидов и золота в кварце становятся в десятки раз больше и соответственно, встречаемость их в десятки раз реже. Этим обстоятельством объясняется и резко неравномерное, часто ураганное содержание золота в секущих кварцевых жилах. Поведение рудных минералов в процессе выполнения пустот ничем не отличается от поведения нерудных, поскольку мы имеем дело с перекристаллизованным и переотложенным веществом, а не с возникшим путем кристаллизации его из новой порции растворов. Текстуры руд становятся прожилково-вкрапленными, пятнистыми и комбинированными (рис. 7).

Таким образом, при меняющемся плане деформаций на границе двух рудных стадий минеральный состав парагенетических ассоциаций в них оказался совершенно однотипным, а границы разновременных и разноориентированных рудных тел (жилы Магистральной и секущих жил) оказались часто постепенными. Эти обстоятельства указывают, во-первых, на **образование руд из единой порции раствора** и, во-вторых, на **сближенность во времени рудных стадий, проявляющихся в процессе развития тектонической структуры месторождения.**

Температурные условия формирования рудного кварца и состав минералообразующих флюидов свидетельствуют о том, что жила Магистральная и оперяющие ее кварцевые жилы сформированы двумя типами флюидов.

1. Существенно водный, гомогенный, низко соленый (t^0 образования не более 325°C) тип, на что указывают первичные флюидные включения в кварце.

2. Гетерогенный тип, который в виде вторичных включений присутствует в кварце и отличается от первого более высокими температурами ($370\text{--}400^{\circ}\text{C}$), более высокой соленостью (до 30 мас.%) и повышенными содержаниями углекислоты, азота и метана.

Вариации плотности CO_2 ($0,17\text{--}0,86\text{ г/см}^3$), указывают на то, что в процессе эволюции рудоносного раствора, давление колебалось в диапазоне $0,39\text{--}2,94$ кбар

Исследования состава и температуры гомогенизации газовой-жидких включений в кварце позволяют сделать заключение, что температура рудоносных гидротермальных растворов находилась в диапазоне $325\text{--}400^{\circ}\text{C}$, то есть их следует относить к **среднетемпературным флюидам**.

Минеральный состав руд месторождения Герфед типичен для месторождений Енисейского кряжа золото-кварцевой формации.

Наибольшим распространением среди рудных минералов месторождения Герфед пользуется пирит (до 1,5-2%), который представлен тремя генерациями:

1) Пирит-I (в виде прожилково-вкрапленных скоплений) наиболее развит в околорудных метасоматитах и представлен метакристаллами кубической формы размером до 1,5 см.;

2) Пирит-II чаще встречается в виде каемок по зернам пирита-I за счет его перекристаллизации в продуктивную стадию. В некоторых случаях пирит-II нацело заместил пирит-I и приобрел кубические или пентагондодекаэдрические, реже октаэдрические формы;

3) Пирит-III, сформирован в заключительную стадию рудного процесса связан с карбонатами и имеет метаколлоидное строение.

Арсенопирит распространен гораздо меньше пирита ($0,2\text{--}0,6\%$), редко на некоторых участках, превалируя над ним ($\sim 2\%$). Он в основном развит в пределах жилы Магистральной, где встречается в небольшом количестве, в виде единичных, иногда крупных (до 2 см) деформированных кристаллов среди сахаровидного кварца. Арсенопирит ассоциирует с пиритом-II и пирротин. Его возрастные отношения свидетельствуют о близко одновременном его образовании с пиритом-II. Трещины дробления и включения в арсенопирите выполнены сахаровидным кварцем или карбонатом, реже пирротин, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, золотом. Реже в рудах встречается полосчатое распределение игольчатого арсенопирита совместно с пирротин в мелкозернистом кварците. Кристаллы арсенопирита при структурном травлении, повсеместно обнаруживают зональность роста, идиоморфнометазернистую и идиоморфнозернистую первичные структуры.

Рудная минерализация Николаевского месторождения представлена пирротин, магнетитом, пиритом, ильменитом, рутилом, анатазом, марказитом, мельниковитом, халькопиритом, арсенопиритом, гетитом и золотом. Среди рудных минералов преобладают пирротин, ильменит, рутил, магнетит и пирит. Редко в руде встречаются арсенопирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит. В единичных случаях – висмутин и самородный висмут. Общее количество сульфидов в среднем не превышает 2%.

Пирротин распространен во внутренних зонах метасоматоза и эндоконтактах жилы. В метасоматитах пирротин-I встречается в форме резко вытянутых сближенных овалоподобных обособлений размером до 1,8 мм с гранобластовыми структурами. В жильном и метасоматическом кварце распространен пирротин-II, который встречается в виде гнездобразных агрегатов, замещающих пирит-I и арсенопирит. Концентрация пирротина в руде от единичных выделений до 3%. Характерны сростания пирротина с рутилом, магнетитом и халькопиритом, а также замещение пирротина марказитом и мельниковитом, вплоть до полных. Редки сростания пирротина с арсенопиритом.

Магнетит присутствует в руде в количествах от 0,1 до 12%, являясь наиболее распространенным минералом в породах и рудах со значительным содержанием карбонатов (около 40%) и пониженным содержанием кварца (около 50%). Сульфиды при этом играют второстепенную роль. Наряду с правильными октаэдрическими метакристаллами магнетита наблюдаются его аллотриоморфные выделения, в связи с чем, структура его определяется как гипидиоморфнометазернистая. Характерны его сростания с ильменитом. Обособления магнетита в виде сростков достигают 2,8 мм. Чаще же он встречается в виде рассеянной вкрапленности мелких зерен (0,12-0,25 мм). Более крупные зерна его, иногда содержат включения пирротина и халькопирита.

Золото в рудах в основном свободное. Наиболее часто оно встречается в ассоциации с арсенопиритом, пирротином, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, кварцем и карбонатами. Размеры золотинок, также как и размеры других сульфидов, зависят от условий роста – метасоматического, или выполнения полостей. Наиболее крупные выделения, достигающие 1,5 мм. Наряду с этим золото встречается и в тонкодисперсном виде в сульфидах, преимущественно пирите, арсенопирите и халькопирите (1,6-3,5 массовых %). Пробность золота 872-928. Основной примесью является серебро 7-13%.

Присутствие в рудах преимущественно свободного золота в ассоциации, главным образом, с кварцем, при низких (2-3%) содержаниях сульфидной составляющей, позволяет относить золоторудные объекты Герфед-Николаевской зоны к **золото-кварцевой малосульфидной формации**. По преобладающим в рудах рудным минералам **Николаевское месторождение следует относить к пирротин-магнетитовому минеральному типу, а месторождения Герфед и Партизанское к пирит-арсенопиритовому типу.**

2. Эндогенная зональность Герфед-Николаевской рудной зоны определяется пологим понижением эрозионного среза рудной зоны в северном направлении, что проявляется в расширении на юг зоны гидротермального метасоматоза, при снижении его интенсивности и степени золотоносности рудных тел, постепенном удалении кварцевых жил выполнения пустот от метасоматических кварцитов, а так же в геохимической изменчивости.

По классификации П.Ф. Иванкина (1970) золоторудные месторождения Енисейского кряжа принадлежат к рудным полям плоского морфологического типа, корни которых располагаются в глубинных частях региональных разломов линейных

интрузивных поясов, в связи с чем, эндогенная зональность таких месторождений проявляется лишь на значительном расстоянии по склонению рудных зон.

Если рассматривать структуру Герфед-Николаевской рудной зоны в целом, необходимо отметить многочисленность оперяющих жил в ее южной части (месторождения Герфед и Партизанское) и отсутствие таковых в ее северной части (месторождение Николаевское). В пределах северной части рудной зоны секущие жилы не выходят за пределы метасоматических «кварцитов» Николаевской жилы, обуславливая «лестничное» строение рудного тела. На месторождение Герфед оперяющие жилы широко развиты и встречаются как в теле самой жилы Магистральной, так и (в значительно большем количестве) в ее лежащем боку. Далее в южном направлении (месторождение Партизанское) оперяющие жилы становятся еще более многочисленными и уже практически не связаны с жилой Магистральной, удаляясь от нее на 300 м и более (рис. 8).

То же отмечается и в отношении рудных метасоматитов. На Николаевском месторождении они развиты в экзоконтактах Николаевской жилы на удалении до 0,5-1,5 м, реже – 2-3 м от нее. Содержания золота в основном до 3 г/т. На месторождении Герфед рудные метасоматиты развиты в основном вдоль лежащего бока жилы Магистральной и удалены на расстояние не более 5 м от него. Реже они проявляются в экзоконтактах оперяющих жил. Содержания золота находятся, преимущественно, в диапазоне 1-4 г/т. На месторождении Партизанском рудные метасоматиты, в отличие от месторождений Герфед и Николаевское, приурочены преимущественно к оперяющим жилам (до 10 м от контакта), либо образуют самостоятельные зоны золоторудной минерализации мощностью до 40-50 м. Содержание золота в основном 1-4 г/т, реже до 7-8 г/т.

Рассматривая особенности поведения оперяющих жил по мере погружения на глубину, можно отметить:

1. уменьшение количества секущих жил,
2. тяготение их к непосредственному контакту с жилой Магистральной,
3. снижение золотоносности и мощности секущих жил.

Тенденция секущих рудных тел конически собираться в пределы тела метасоматических кварцитов, проявляющаяся, как в северном направлении рудной зоны, так и с погружением ее на глубину, может быть истолкована как пологое склонение рудного «пучка» в северном направлении. Не противоречат подобному положению факты резко повышенного метаморфизма вмещающих пород Николаевского рудного поля (появление гранатов, биотита, актинолита), мощные зоны альбитизации на контактах Магистральной жилы и др. Понижение эрозионного среза в направлении с севера на юг подтверждается и изменчивостью вещественного состава руд – изменением количественной роли отдельных минералов в составе парагенетических ассоциаций. Магнетит наиболее развит именно в пределах Николаевского месторождения, также как пирротин и ильменит. В пределах Герфедского месторождения среди нерудных минералов резко преобладают серицит и хлорит, среди рудных – пирит, арсенопирит, рутил и анатаз, тогда как пирротин и, особенно магнетит, встречаются гораздо реже. **Таким образом, можно говорить об увеличении глубины эрозионного среза в северном направлении.**

Схематический разрез Николаевского месторождения

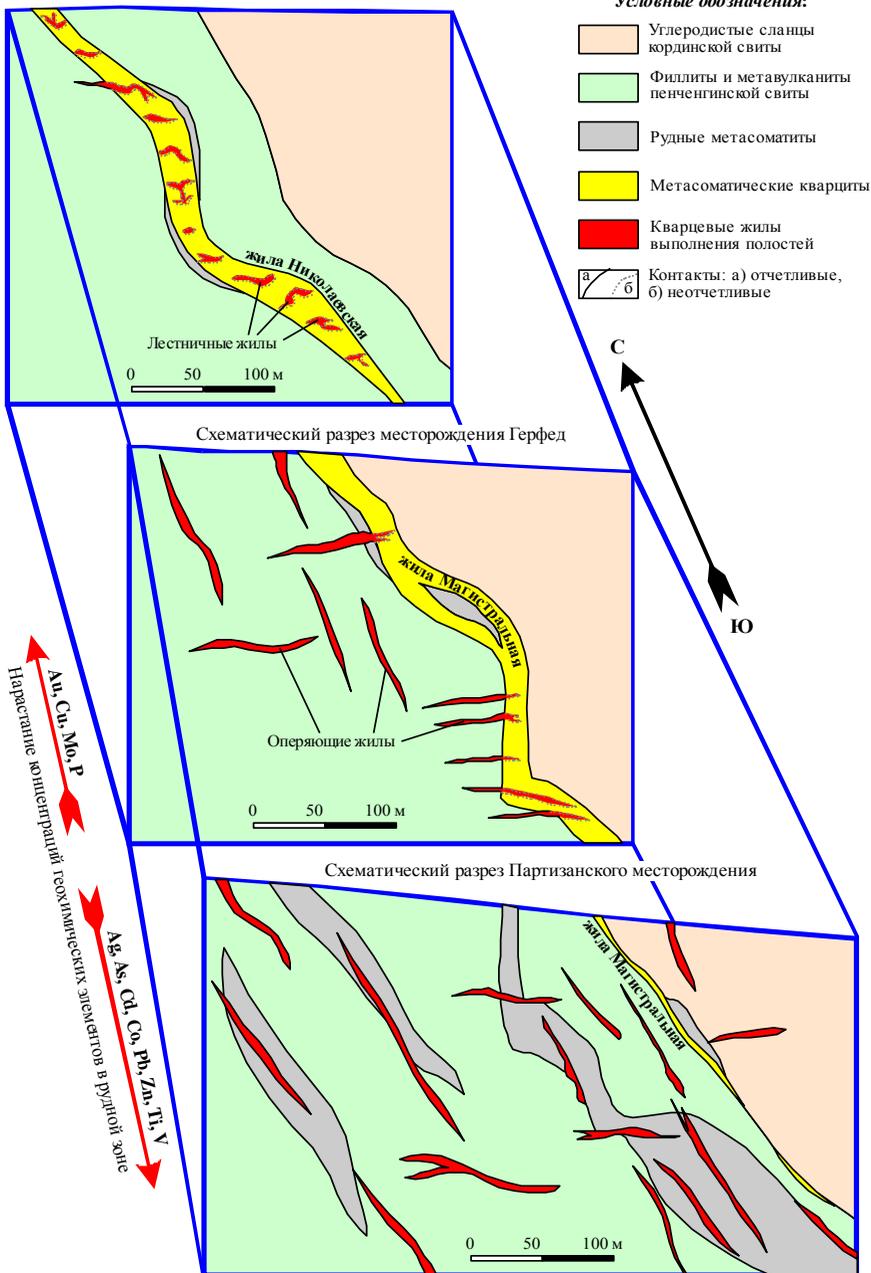


Рис. 8 Схематическая модель Герфед-Николаевской золоторудной зоны

Анализируя распределение золота в метасоматических кварцитах Герфед-Николаевской рудной зоны (табл. 1), следует отметить **снижение степени их золотоносности с севера на юг**. В южном направлении (Николаевское – Герфед – Партизанское) снижается доля проб с высокими (более 2,4 г/т) содержаниями металла (34,9 – 9,2 – 8,1%), и возрастает доля проб с низкими (до 0,8 г/т) его концентрациями (46,5 – 80 – 82,6%). Та же тенденция прослеживается и для оперяющих жил (табл. 2).

Таблица 1

Процентное соотношение проб по классам содержания в метасоматических кварцитах

Классы содержания, г/т	Николаевское (177 выработок)		Герфед (157 выработок)		Партизанское (75 выработок)	
	кол-во проб	%	кол-во проб	%	кол-во проб	%
	<0,8	701	46,5	1927	80	347
0,8-2,4	279	18,6	260	10,8	39	9,3
более 2,4	526	34,9	223	9,2	34	8,1
ИТОГО	1506	100	2410	100	420	100

Таблица 2

Процентное соотношение проб по классам содержания в оперяющих жилах

Классы содержания (г/т)	Герфед (114 скважин)		Партизанское (131 скважина)	
	кол-во проб	%	кол-во проб	%
	<0,8	483	92,4	719
0,8-2,4	23	4,4	93	10,3
более 2,4	17	3,2	94	10,4
ИТОГО	523	100	906	100

Таким образом, можно говорить о **расширении на юг зоны гидротермального метасоматоза, при снижении его интенсивности и степени золотоносности рудных тел**.

Увеличение глубины эрозионного среза в северном направлении подтверждается и геохимической латеральной изменчивостью Герфед-Николаевской рудной зоны. Концентрации основных элементов, отражающих такую изменчивость, приведены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что в южном направлении, по мере удаления от предполагаемого источника золотоносных гидротерм, в рудах снижаются концентрации Au, Cu, Mo, P и нарастают содержания Ag, As, Cd, Co, Pb, Zn, Ti, V.

Снижение насыщенности гидротермальных растворов золотом, по мере их продвижения от источника, обусловлено его осаждением в рудах на более глубоких (Николаевское) горизонтах. Концентрации меди, снижаясь от Николаевского к Герфедскому месторождению, несколько возрастают в рудах Партизанского месторождения. Это происходит вследствие того, что в рудах месторождений Герфед и Николаевское основным медьсодержащим минералом является (более

высокотемпературный) халькопирит, а в рудах Партизанского месторождения, наряду с ним, присутствуют (более низкотемпературные) блеклые руды (тетраэдрит). Снижение концентраций молибдена и фосфора так же объясняются их выпадением из растворов на более глубоких горизонтах.

Таблица 3

Характеристика латеральной геохимической изменчивости Герфед-Николаевской рудной зоны

Элемент	Кларк в сланцах	Николаевское (131 проба)		Герфед (180 проб)		Партизанское (493 пробы)	
		С	Кк	С	Кк	С	Кк
Снижаются в южном направлении							
Au	0,001	5,2	5200	4,1	4100	3,1	3100
Cu	4,2*	33,5	8,0	20,5	4,9	23,3	5,5
Mo	0,2	0,25	1,3	0,36	1,8	0,15	0,8
P	77	170	2,2	77	1,0	54	0,7
Возрастают в южном направлении							
Ag	0,08*	0,27	3,4	0,22	2,8	0,66	8,3
As	2,9*	68	23,4	110	37,9	364	125,5
Cd	0,003	0,11	36,7	0,18	60,0	0,22	73,3
Co	2	3,1	1,6	2,3	1,2	4,4	2,2
Pb	2,5*	0,95	0,4	0,72	0,3	1,75	0,7
Ti	450	270	0,6	330	0,7	345	0,8
V	13	13,80	1,1	16,90	1,3	17,6	1,4
Zn	7,7*	10,40	1,4	14,10	1,8	17,6	2,3

С – среднее содержание (для серебра и золота в г/т, для других элементов в $n \cdot 10^{-3}\%$)

Кк – коэффициент концентрации к кларковым значениям для сланцев

Такие элементы, как серебро, кадмий, свинец и цинк, являясь наиболее летучими и низкотемпературными, в золоторудных системах формируют наиболее удаленные от источника области. Из таблицы 3 видно, что концентрации их возрастают в южном направлении. Кобальт, титан, ванадий выносятся гидротермами из областей рудолокализации более глубоких горизонтов и, вследствие снижения активности гидротерм, осаждаются в более удаленных от источника областях.

Таким образом, выявленная латеральная геохимическая изменчивость Герфед-Николаевской золоторудной зоны свидетельствует о **снижении интенсивности гидротермально-метасоматической деятельности в направлении с севера на юг**. При этом область гидротермального метасоматоза конически расширяется в южном направлении.

3. Рудоносные гидротермальные растворы Герфед-Николаевской рудной зоны имеют парагенетическую связь с Татарским гранитоидным массивом и отличаются составом близким к березитам. Они характеризуются привнесом в область рудолокализации из глубинных источников Au, As, Ag, Cu, Fe, Mo, W, Bi, S, переносом в рудную зону из вмещающих пород Cr, Fe, Ba, Be, Sb и выносом в надрудные горизонты Ti, V, Zr, Sr, Pb, Zn, Cd, Co, Ni.

Известно, что гидротермально-метасоматические формации это совокупность пород, слагающих наиболее проработанные гидротермальными растворами внутренние и промежуточные зоны метасоматоза, устойчивого состава, в значительно меньшей степени зависящего от состава исходных пород.

Результаты химических анализов рудных метасоматитов вынесены на треугольную диаграмму для определения их формационной принадлежности (рис. 9)

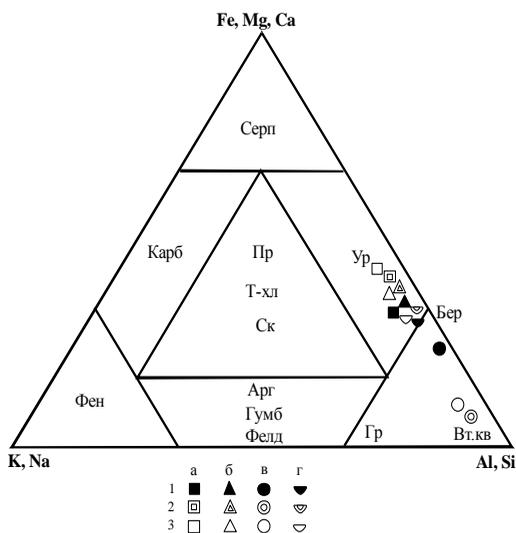


Рис. 9. Положение рудных метасоматитов Герфед-Николаевской рудной зоны на диаграмме (Д.В. Рундквист, И.Г. Павлова, 1975) гидротермально-метасоматических формаций. Формации: Арг - аргиллизиты, Бер - березиты, Вт.кв - вторичные кварциты, Гр - грейзены, Гумб - гумбеиты, Карб - карбонатиты, Пр - пропилиты, Серп - серпентиниты, Ск - скарны магнезиальные и известковые, Т-хл - турмалин-хлоритовые метасоматиты, Фелд - фельдшпатолиты, Фен - фениты, Ур - уралиты (метасоматические амфиболиты); Рудные метасоматиты: а) пенченгинской свиты в экзоконтактах жилы Магистральной, б) то-же в экзоконтактах оперяющей жилы, в) кординской свиты в экзоконтактах жилы Магистральная г) пенченгинской свиты в экзоконтактах жилы Николаевской; Расстояние от контакта с жилой: 1) до 0,5 м, 2) 0,5-2 м, 3) 2-10 м.

Результаты анализов метасоматитов из кординской свиты располагаются между формациями березитов и вторичных кварцитов, причем метасоматиты внутренних зон явно тяготеют к березитам. Действительно, набор минералов хлорит-серицит-кварц-карбонат-пирит более соответствует типичным березитам.

Метасоматиты пенченгинской свиты имеют несколько иной химический состав. Область их расположения соответствует формации уралитов. Их характерной особенностью для этой формации является преобладание в них хлоритовой составляющей, вместо амфиболовой. Амфибол здесь представлен актинолитом, изредка встречающимся во внутренних зонах метасоматоза. Для внутренних зон метасоматитов пенченгинской свиты так же заметен тренд в сторону березитовой формации (рис. 9). Минералогически это выражается в некотором выравнивании минеральных составов метасоматитов в их приконтактных частях с жилой Магистральной – наличие существенного альбит-хлорит-карбонатного состава со стороны висячего и лежачего боков жилы (табл. 4).

Аналогичная картина наблюдается и для метасоматитов Николаевского месторождения – результаты анализов располагаются в поле развития метасоматических амфиболитов (уралитов), тяготея к березитам (рис. 9).

Таблица 4.

Минеральный состав жилы Магистральной и ее околожильного пространства по результатам рентгенофазового анализа.

Расстояние от контакта	№ пробы	Кварц	Мусковит	Клинохлор	Альбит	Пирит	Анаказ	Ильменит	Рутил	Доломит	Сидерит	Магнетит	Каолинит	Гётит
5 м	Г-7	60,3	33,1						0,6		1,5		3,7	0,6
4 м	Г-6	61,3	33,5						0,6		0,9		2,1	1,6
3 м	Г-5	58,8	35,9						0,6		1,2		2,0	1,5
2 м	Г-4	62,4	30,8						0,6		0,5		3,8	1,7
1 м	Г-3	57,1	32,8						1,1		2,1		6,8	
0,5 м	Г-2	14,0	10,0	44,4	16,4				2,4		0,7	0,6	3,8	6,0
контакт	Г-1	39,7	11,2	20,6	13,9				0,4				12,4	1,5
жила	Г-15	97,5			1,8	0,7								
контакт	Г-8	9,6	10,2	11,1	42,6	2,0			2,0	18,0	3,2		1,1	
0,5 м	Г-9	25,5	6,1	24,8	33,5	1,7			1,0	4,7	2,6			
1 м	Г-10	11,5	9,8	54,6	16,0	0,8		1,0	1,5	3,2	1,5			
2 м	Г-11	10,7		45,2	26,0		2,4	2,2	1,6	8,1				
3 м	Г-12	10,5		34,8	36,3		2,2	2,3	1,3	9,9				
4 м	Г-13	17,4	6,9	27,1	30,1		2,1	0,8	1,2	14,3				
10 м	Г-14	18,3	17,3	31,3	12,8		2,2		1,1	16,7				

Согласно петрографическому кодексу химический и минеральный составы внутренних зон метасоматоза Герфед-Николаевской зоны соответствуют:

- для метасоматитов кординской свиты низкотемпературному классу, кислотному отряду, кремнеземистому подотряду, семейству березитов с парагенезом кварц, пирит ± серицит, анкерит, доломит.

- для метасоматитов пенченгинской свиты среднетемпературному классу, отряду основных пород, подотряду кальциевых пород, семейству актинолитовых амфиболов с парагенезом актинолит, олигоклаз-андезин ± эпидот, цоизит.

Если рассматривать формационную принадлежность метасоматитов с точки зрения связи их с магматическими породами различного состава и с глубинами их формирования, то, по мнению Л.М. Лурье, метасоматиты пенченгинской свиты следует связывать с глубинными основными породами, а березиты кординской свиты – с эффузивами среднего состава. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что **золотоносные флюиды имели березитовую направленность, а различия химического состава метасоматитов обусловлены исходным составом пород.**

Исследования первичных геохимических ореолов пород и руд Герфед-Николаевской рудной зоны позволяют установить характер миграции микроэлементов в ее пределах, отраженный в таблице 5 и на рисунке 10.

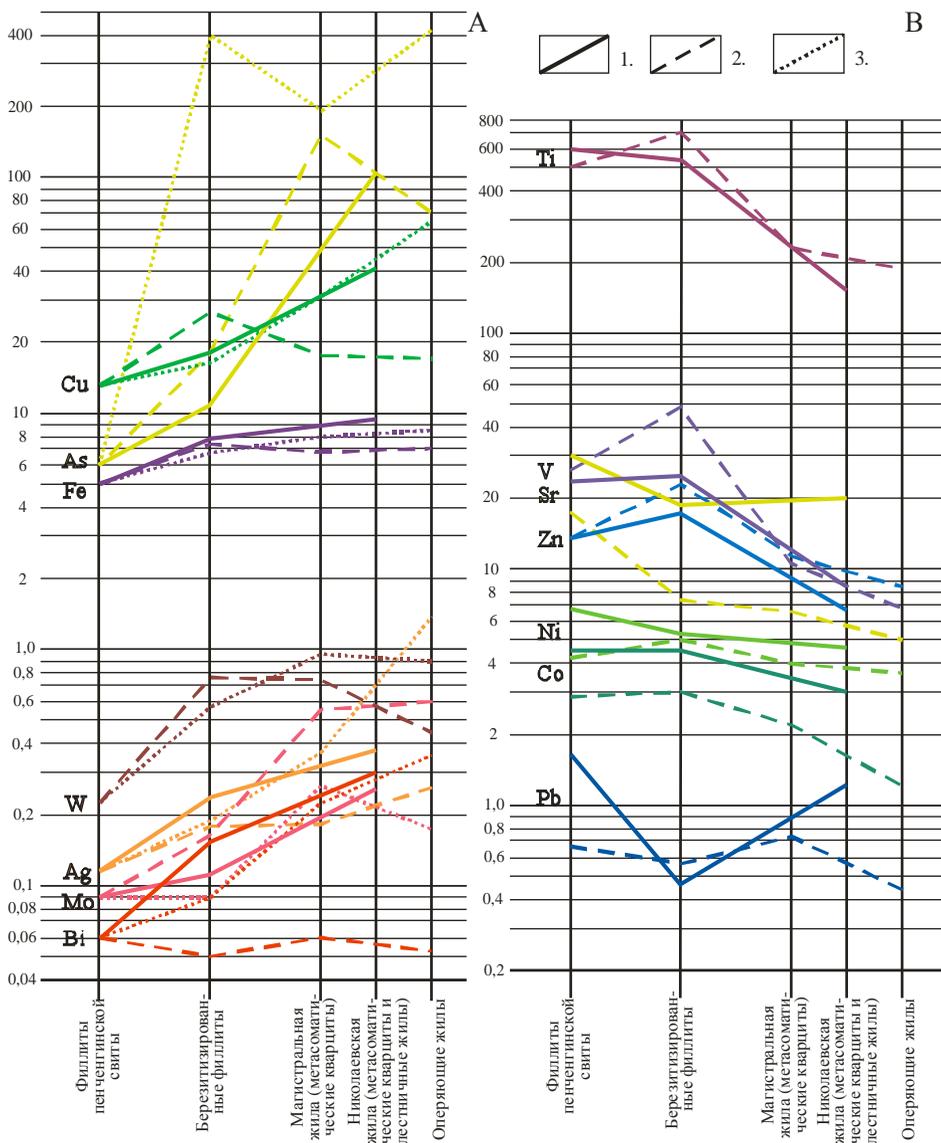


Рис. 10. Графики распределения микроэлементов, привносимых (А) в область рудолокализации и выносимых (Б) из нее: 1 – на Николаевском месторождении, 2 – на месторождении Герфед, 3 – на Партизанском месторождении

Таблица 5

Характер миграции геохимических элементов в пределах Герфед-Николаевской рудной зоны

	Месторождение Николаевское	Месторождение Герфед	Месторождение Партизанское
Геохимические элементы, приносимые в область рудолокализации из глубинных источников	Au-As-Cu-Fe-P-Mo-Bi-Sn-W	Au-Ag-As-Bi-Cu-Fe-W	Au-Ag-As-Bi-Cu-Fe-W
Геохимические элементы, переносимые в область рудолокализации из вмещающих пород	Ag-Cr-Fe	Ba-Be-Cr-Fe-Mo-Sb	Ba-Be-Cr-Mo-Sb-Co-Pb-Zn
Геохимические элементы, выносимые из области рудолокализации в надрудные горизонты	B-Pb-Zn-Ti-V-Sr-Cd-Co-Ni	P-Sr-Ti-V-Zr-Co-Cd-Mn-Ni-Zn	P-Sr-Ti-V-Zr
Геохимические элементы, накапливающиеся в глинистых и углеродистых сланцах кординской свиты в ходе их привноса, или перераспределения и благодаря сорбционным свойствам углеродистого вещества	Cd-Cu-Mo-Zn-V-(Pb-B)	B-Ag-Cd-Mo-Pb-(Cu-Zn-V)	B-Ag-Cd-Mo-Pb-(Cu-Zn-V)

Из графиков и таблицы видно, что с гидротермальными растворами от глубинного рудоносного источника в область рудолокализации приносились Au, As, Ag, Cu, Fe, Mo, W, Bi, S. Такие микроэлементы, как As, Fe, Cu и S, соединяясь, образовывали сульфидную (пирит, пирротин, арсенопирит, халькопирит) и магнетитовую минерализацию. Самостоятельные минералы вольфрама и висмута в рудах Герфед-Николаевской зоны встречаются лишь в единичных мелких выделениях (висмутин, теллуристый висмут, шеелит). Вероятно, эти элементы входят в кристаллическую решетку других минералов. Так, например, незначительные примеси висмута установлены в золоте. Золото из растворов осаждалось, как в свободной форме, так и в составе сульфидов. Серебро, является главным примесным элементом в золоте, самостоятельных минералов не образует, изоморфно входит в состав пирита и арсенопирита.

Интересно поведение молибдена. В руды и околорудные породы Николаевского месторождения он приносится из глубинного источника, в рудные образования месторождения Герфед заимствуется из вмещающих оруденение филлитов и метавулканитов, а в рудах Партизанского месторождения содержится в значенных ниже кларковых (табл. 5). Молибден так же не образует самостоятельных минералов, являясь примесью в других минералах.

Вторая группа микроэлементов это элементы, переносимые в область рудолокализации из вмещающих пород. К ним относятся – Cr и Fe, а в пределах Герфедского рудного поля еще и Ba, Be, Sb. Железо заимствуется преимущественно из метавулканитов пенченгинской свиты, и переходит в сульфидную форму, как в рудах, так и в околорудных породах. Самостоятельных минералов хрома в породах и рудах Герфед-Николаевской зоны не установлено. Барий, бериллий и сурьма присутствуют в рудах в незначительных количествах (на уровне кларка, или немного выше) и не образуют собственных минералов.

Однозначно выносятся из области рудолокализации всех изученных золоторудных объектов литофильные (породные) элементы – Ti, V, Zr, Sr. Титан во вмещающих оруденение породах присутствует преимущественно в виде ильменита, который в околожильных метасоматитах замещается рутилом, лейкоксемом, анатазом. В жильном кварце эти минералы присутствуют в значительно меньшем количестве.

Наиболее интересно в этом отношении поведение халькофилов Pb, Zn, Cd и сидерофилов Co, Ni. Эти элементы активно выносятся из руд Николаевского месторождения, несколько в меньшей степени – из руд месторождения Герфед и накапливаются в рудах и окolorудных породах Партизанского месторождения. Свинец, цинк образуют как собственные минералы (галенит, сфалерит), так и являются примесью в пиритах, где их концентрация может достигать 0,5%. Кобальт и никель присутствуют в рудах преимущественно в виде примесей в сульфидах (пирит, пирротин, арсенопирит), где их концентрация может достигать 0,033 и 0,13% соответственно. Пентландит в рудах встречается спорадически.

Характерной особенностью строения золоторудных месторождений Герфед-Николаевской рудной зоны является наличие в всячем боку оруденения мощной сланцевой толщи с высокой концентрацией углеродистого вещества. Благодаря высоким сорбционным свойствам углеродистого вещества, в этой толще происходит накопление микроэлементов участвующих в рудном процессе, таких, как Ag, Cd, Cu, Mo, Zn, V, Pb, B, причем концентрация этих элементов в всячем боку рудной зоны значительно превосходит их содержание в самих рудах. Этот фактор надо учитывать при поисках золотого оруденения в пределах Герфед-Николаевской зоны и на других участках, где широко развиты углеродистые образования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе впервые изучен вещественный состав и характер золотоносности всех золоторудных образований (рудные метасоматиты, метасоматические кварциты, кварцевые жилы) Герфед-Николаевской зоны в комплексе, выявлены закономерности его изменения в пространстве и во времени. На базе значительной геохимической выборки по первичным ореолам (свыше 6 500 проб), охватившей все разности пород рудной, подрудной и надрудной частей оруденения, определена геохимическая зональность Герфед-Николаевской рудной зоны и выявлены элементы-индикаторы золоторудной минерализации. Определен генезис и условия формирования золотого оруденения Герфед-Николаевской рудной зоны.

Полученные результаты позволяют прогнозировать возможность обнаружения в пределах мало изученной части Герфед-Николаевской зоны золоторудных объектов с параметрами оруденения близкими к месторождениям Николаевское и Герфед. Изученные особенности изменчивости вещественного и геохимического состава пород будут способствовать более эффективному проведению геолого-поисковых работ.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в научных изданиях перечня аннотированных ВАК:

1. Макаров В.А., Макеев С.М., **Межубовский В.В.**, Фисенко В.Г., Самородская М.А. Опыт применения технологии компьютерного прогнозирования золоторудных объектов в Заангарской части Енисейского кряжа // Руды и металлы. №3. – Москва, 2012. с. 50-57.

2. **Межубовский В.В.**, Самородская М.А., Кривопуск М.П., Мацкевич И.П. Геохимические особенности золоторудного месторождения Герфед // Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 4. Материалы VII Международного симпозиума. – Москва, 2012 г., с. 28-40

3. Макаров В.А., Михеев В.Г., **Межубовский В.В.**, Кривопуск М.П., Мацкевич И.П. Гидротермалиты и золотоносность Герфедского золоторудного месторождения // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. № 5 (4). – Красноярск, 2012, с. 368-381.

Публикации в прочих научных изданиях:

4. Геология и золотоносность Герфед-Николаевской рудной зоны (Енисейский кряж): Монография / В.А. Макаров и др. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 204 с.

5. Макаров В.А., **Межубовский В.В.**, Макеев С.М., Хмель Е.В., Нелюбин Н.В., Зверев В.В. Рудные тела, первичные ореолы, вторичные ореолы и потоки рассеяния Нойбинской золотоносной площади Енисейского кряжа // Поискные геолого-геохимические модели рудных месторождений. – Воронеж, 2009 г. с. 197

6. Макаров В.А., Макеев С.М., Беговатов С.С., Шрайнер А.Д., **Межубовский В.В.**, Хмель Е.В. Перспективы золотоносности северо-западного фланга центральной золотоносной зоны Енисейского кряжа // Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Выпуск 7 (часть I). Материалы 7-й Международной научно-технической конференции. – Красноярск, ИПК СФУ, 2009 г. с.31-40

7. **Межубовский В.В.**, Самородская М.А., Кривопуск М.П., Мацкевич И.П. Геохимические особенности золоторудного месторождения Герфед // Руды и металлы. № 3-4. Тезисы Научно-практической конференции «Научно-методические основы прогноза поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых – состояние и перспективы» ФГУП ЦНИГРИ, Москва, 2011, с. 120.

8. Макаров В.А., Михеев В.Г., **Межубовский В.В.**, Кривопуск М.П., Мацкевич И.П. Гидротермалиты и золотоносность Герфедского золоторудного месторождения // Сборник докладов третьего международного конгресса Цветные металлы-2011. – Красноярск, 2011.