

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



Межубовский Владимир Владимирович

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

Специальность 25.00.11

Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель

Кандидат геолого-минералогических
наук, профессор

Михеев Владимир Георгиевич

Красноярск, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ	4
СПИСОК ТАБЛИЦ	11
ВВЕДЕНИЕ	15
1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ	19
1.1. Состояние проблемы	19
1.2. История изученности Герфед-Николаевской рудной зоны.....	21
2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРТИЗАНСКОГО РУДНОГО УЗЛА И ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ	24
2.1. Геологическая характеристика Партизанского рудного узла	24
2.2. Геофизическая характеристика Партизанского рудного узла.....	33
2.3. Геологическая характеристика Герфед-Николаевской рудной зоны.....	35
2.3.1. Геологическое строение Герфедского рудного поля.....	35
2.3.2. Геологическое строение Николаевского рудного поля.....	45
2.3.3. Рудопроявления Герфед-Николаевской рудной зоны.....	50
3. ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ	54
3.1. Метасоматические кварциты	54
3.2. Оперяющие и «лестничные» жилы	59
3.3. Рудные метасоматиты	61
4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОРОД И РУД	63
4.1. Вещественный состав и текстурно-структурные особенности гидротермалитов Герфед-Николаевской золоторудной зоны	63
4.2. Особенности минерального состава руд Герфед-Николаевской зоны.....	75
4.2.1. Герфедское рудное поле.....	75
4.2.2. Николаевское месторождение	89
4.3. Вещественный состав рудных метасоматитов.....	97
4.3.1. Герфедское рудное поле.....	97
4.3.2. Николаевское рудное поле	108
4.3.3. Метасоматические формации Герфед-Николаевской зоны.....	112
4.4. Эндогенные парагенетические ассоциации месторождения Герфед	115
4.5. Температурный режим и компонентный состав золотоносных флюидов.....	120
4.6. Химико-минералогическая зональность Герфед-Николаевской рудной зоны.....	122
4.6.1. Сравнительные петрохимические характеристики пород и руд Герфед- Николаевской рудной зоны (месторождения Герфед и Николаевское).....	122

4.6.2. Эндогенная зональность Герфед-Николаевской рудной зоны.....	125
4.7. Выводы.	127
5. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ...	129
5.1. Вмещающие породы.....	129
5.2. Рудные образования	133
5.2.1. Герфедское рудное поле.....	133
5.2.1.1 Геохимическая изменчивость Герфедского рудного поля.....	138
5.2.2. Николаевское рудное поле.....	146
5.2.2.1 Геохимическая изменчивость Николаевского рудного поля.....	149
5.3. Геохимическая изменчивость Герфед-Николаевской рудной зоны.....	152
6. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ.....	159
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	162
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	163

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Рис. 2.1. Геологическая карта Партизанского рудного узла (условные обозначения на рис. 2.2)	25
Рис. 2.2. Условные обозначения к геологической карте Партизанского рудного узла	26
Рис. 2.3. Положение золоторудных месторождений в структурах Заангарской части Енисейского кряжа (по Л.К. Качевскому, 1998).	27
Рис. 2.4. Карта магнитных аномалий Партизанского рудного узла (построена по данным государственной магнитной съемки масштаба 1:200 000).	34
Рис. 2.5. Схематическая геологическая карта Герфед-Николаевской рудной зоны.	36
Рис. 2.6. Геолого-поисковый план Герфедского рудного поля.	37
Рис. 2.7. Прожилок кварца – серо-белое в сериците – пестрое. Черное – рудный минерал. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф. Г 292/43,1. Ник.+. Ув.60 ^x	39
Рис. 2.8. Метакристаллы карбоната (доломит) – порфиновые выделения в серицитолите – основная масса. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 327/78,9. Ник.+. Ув.90 ^x	39
Рис. 2.9. Распределение углеродистого вещества в метакристаллах карбоната и по трещинам – черное, основная масса – серицитолит. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 327/78,9. Ник.П. Ув.60 ^x	39
Рис. 2.10. Реликты альбитового состава порфинового облика в хлоритизированном метавулканите (основная масса) пенченгинской свиты. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 449/36.3. Ник.П. Ув.42 ^x	39
Рис. 2.11. Грубо рассланцеванная существенно альбитовая (серовато-белое) порода (аполава), черное – углеродистое вещество и рудные минералы. Месторождение Герфед. Полированный шлиф Г-8. Ник.П. Ув.25 ^x	39
Рис. 2.12. Обломок сосюритизированного альбита в центре в хлорит-карбонатном агрегате (туфолава). Черное – рудные минералы. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 326/51,2. Ник.П. Ув.85 ^x	39
Рис. 2.13. Тонкослоистый углеродистый микросланец (кординская свита). Углеродистый прослой слева, алевритистый прослой в центре, кварц-хлорит-серицитовый прослой справа внизу. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 291/16. Ник.+. Ув.95 ^x	43
Рис. 2.14. Строение углеродистого прослоя в тонкослоистом микросланце (кординская свита). Углеродистое вещество (черное) равномерно распределено по сланцеватости, но концентрируется в просечках. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 350/82,9. Ник.П. Ув.130 ^x	43
Рис. 2.15. Кварц-альбит-серицитовый сланец (кординская свита). Белое и серое – кварц-альбитовые выделения по сланцеватости. Цветное яркое – серицит. Черное – углеродистое в-во, черное в кварце – рудные минералы. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 292/25,4. Ник.+. Ув.60 ^x	43
Рис. 2.16. Кварц-хлорит-серицитовый филонит с пирит-альбит-кварцевыми линзовидными включениями. Белое и серо-белое – кварц и альбит, черное – пирит. Основная масса – серицит- хлоритовый агрегат с углеродистым веществом. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 661/11. Ник.П. Ув.25 ^x	43

- Рис. 2.17. Альбит-хлорит-серицитовый сланец (кординская свита). Белое – альбит-серицитовые линзовидные по сланцеватости выделения, черное в них – рудный минерал. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 292/25,4. Ник.П. Ув.65^x 43
- Рис. 2.18. Серицитизация углеродистого сланца по микротрещинкам наложенного кливажа – пестрое. Черное – углеродистое вещество, белое кварц и альбит. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 399/91,8. Ник.+ Ув.90^x. 43
- Рис. 2.19. Геологоразведочный план Николаевского золоторудного поля по результатам доразведочных работ (И.П. Еремичев, 2008). 46
- Рис. 2.20. Карбонатизированный метаэффузив (пенченгинская свита). Альбит – серое и белое, карбонат – бурое. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40^x. 49
- Рис. 2.21. Кварц-хлоритовый сланец (пенченгинская свита). Кварц – белое, хлорит – коричневое, рудный минерал – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник П. Ув.40^x. 49
- Рис. 2.22. Метазерна кальцита (в центре) в альбит-кварц-хлоритовом метасоматите (пенченгинская свита). Хлорит – зеленое, альбит и кварц – серо-белое. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40^x 49
- Рис. 2.23. Углеродистый филлит (кординская свита). Углеродистое вещество – черное, кварц – белое, бурое – хлорит. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник П. Ув.40^x. 49
- Рис. 2.24. Геолого-поисковый план и разрезы по проявлениям Боровое и Дорожное. По материалам поисковых работ (Тенешев, 2006 и Шелехов, 1965)..... 51
- Рис. 4.1. Прожилки белого кварца-II в метасоматическом кварце-I. Черное – сульфиды. Жила Магистральная. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 64
- Рис. 4.2. Пятнистая текстура руды. Жила Магистральная. Метакристаллы пирита (вверху) в метасоматите. Полированный штуф. Нат. вел. 64
- Рис. 4.3. Цепочки метакристаллов пирита (серое) в кварце (белое). Зерна пирита распределяются согласно с направлениями теневой сланцеватости. Вкрапленная текстура. Жила Магистральная. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 64
- Рис. 4.4. Пятнистая текстура руды. Обособление сульфидов (серое) в белом кварце. Светло-серое – метасоматит. Жила Магистральная. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 64
- Рис. 4.5. Собирательная перекристаллизация пирротина II – слева серое со значительным укрупнением агрегата на границе кварцевой жилы с сульфидизированным филлитом – темное. Пирротин I внизу и в центре серое. Кварц – белое, в пределах пирротинового агрегата также перекристаллизован – темное слева вверху. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 66
- Рис. 4.6. Метасоматический прожилок белого кварца. Сегрегация углеродистого вещества – черное, в кварце – белое. Жила Магистральная. Полированный штуф. Нат. вел. 66
- Рис. 4.7. Брекчиевидная текстура руды. Белое – кварц, темно-серое - метасоматит. жила Магистральная. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 66

- Рис. 4.8. Брекчиевидная текстура руды секущей жилы. Кварц – белое, раздроблен и сцементирован пиритом – серое и переотложенным прозрачным кварцем - темно-серое. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 66
- Рис. 4.9. Прожилок, белого кварца пересекающий, более ранние прожилки пирита в углеродистом филлите. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 68
- Рис. 4.10. Пятнистая текстура руды секущей жилы. Кварц - белое разбит сетью трещин, по которым проникает пирит - серое. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 68
- Рис. 4.11. Прожилковая текстура секущей жилы. Кварц - белое, пирит – светло–серое, черное - трещины в кварце выполненные углеродистым веществом и хлоритом. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 68
- Рис. 4.12. Прожилковая текстура анкеритовой руды секущей жилы. Анкерит интенсивно раздроблен. В прожилке (в центре) пирит. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел. 68
- Рис. 4.13. Типичный оруденелый кварцит. Гранобластовый мелкозернистый кварц с рудной минерализацией (черное). Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник.+ Ув.35^x. 70
- Рис. 4.14. Карбонатизированный оруденелый кварцит. Мелкие зерна – кварц, более крупные с линейными и решетчатыми плоскостями спайности – кальцит, черное – рудные минералы. М-е Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник.+ Ув.35^x. 70
- Рис. 4.15. Прожилок хлорита в рудном метасоматите. Мелкозернистый кварц – серое и белое, мусковит – цветное пестрое, рудные минералы – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник.+ Ув.35^x. 70
- Рис. 4.16. Прожилок хлорита с рудной минерализацией. Хлорит – пестрое, рудные минералы – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник. + Ув.30^x. 70
- Рис. 4.17. Внутреннее строение метакристалла пирита I (темно-серое), отражает микроплойчатость пород, замещенных пиритом. Белое – пирит II. Светло-серое – вмещающая порода. М-е Герфед. Полированный штуф, протравлено. Ув.8^x. 77
- Рис. 4.18. Внутреннее строение метакристалла пирита I (серое). Пирит II образует зональные каймы и порфиробластические выделения (белое) в пирите I. Месторождение Герфед. Полированный шлиф, протравлено. Ник. II. Ув.6^x. 77
- Рис. 4.19. Внутреннее строение метакристалла пирита I (темно-серое) отражает микроплойчатость пород, замещенных пиритом. Белое – пирит II. Светло-серое – рутил. Темно-серое – кварц. М-е Герфед. Полированный шлиф. Г 350/82.9. Ник.+ Ув.12^x. 77
- Рис. 4.20. Зональность пластинчатого роста граней трещиноватого пирита II - белое, корродируемого карбонатом – слева серое. Месторождение Герфед. Полированный шлиф, протравлено. Ник. II. Ув.45^x. 77
- Рис. 4.21. Трещиноватый пирит II – белое в обрастании агрегатом пирита III. Серое – кварц. М-е Герфед. Полированный шлиф. Г 350/117,6.1. Ник.+ Ув.55^x. 77
- Рис. 4.22. Строения прожилка пирита III. Радиально-лучистые сферические образования сменяются структурой, типа пальмовых листьев. М-е Герфед. Полированный шлиф, протравлено. Ув.520^x. 77

- Рис. 4.23. Идиоморфные выделения пирита (1-3, 5-7) в халькопирите (4, 8, 9). Яркие участки по периферии – кварц. Белые яркие полосы (здесь и далее) – «засветка» от неравномерного стока электронов с поверхности образца..... 80
- Рис. 4.24. Трещиноватый арсенопирит – белое, с включениями золота – желтое. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.160х. 83
- Рис. 4.25 Зональный метакристалл арсенопирита с ситовидным внутренним строением, обрастается карбонатом серое и пиритом III – желтое (вверху). М-е Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.80х..... 83
- Рис. 4.26. Замещение углистого филлита метасоматическими прожилками пирротина в околорудных метасоматитах. Прожилки ориентированы согласно сланцеватости. Полированный штафф. Нат. вел..... 83
- Рис. 4.27. Полисинтетические двойники давления в пирротине II. Белые секущие микропрожилки – марказит. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.92^x. 83
- Рис. 4.28. Структура типа «Птичий глаз» мельниковита - развитие мельниковита по пирротину – белое. М-е Герфед. Полированный шлиф. Г 242/43.1 Ник. II. Ув.92^x. 83
- Рис. 4.29. Пирротин – слева и справа вверху пересекается микропрожилком халькопирита (желтое), сфалерита (серое) и галенита (белое). М-е Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.80^x..... 83
- Рис 4.30. Включения (1, 2) и сростки халькопирита (4) с пиритом (3, 5, 6). 85
- Рис. 4.31. Fe-сфалерит марматит (1-5), самородное золото (8), пирит (9) в арсенопирите (6,7). 85
- Рис 4.32. Самородное золото (2-4) с галенитом (5) в пирите (6) и арсенопирите (1)..... 85
- Рис. 4.33. Двойники роста в агрегате сфалерита. Черное – кварц. Месторождение Герфед. Полированный шлиф, протравлено. Ник. II. Ув.85^x. 86
- Рис. 4.34. Марказит белое, на границе с пирротинном вверху и карбонатом – серое. Черное – кварц. М-е Герфед. Полированный шлиф Г 350/117,6.1. Ник. II. Ув.110^x..... 86
- Рис. 4.35. Рутил (светло-серое) обрастает агрегат пирротина и халькопирита – в центре. Серое - метасоматит с выделениями графита. М-е Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.170^x..... 86
- Рис. 4.36. Выделения рутила (белое) избирательно обрастают линзовидные выделения кварца в метасоматите (серое). Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.85^x..... 86
- Рис. 4.37. Пирит (2) и рутил (1) в кварце (3)..... 86
- Рис. 4.38. Формы включений золота – желтое, в арсенопирите – серое. Левое зерно золота имеет двойниковое строение. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.155^x..... 88
- Рис. 4.39. Прожилкововидные выделения золота в арсенопирите Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.155^x..... 88
- Рис. 4.40. Золото (желтое) в сростании с пирротинном (серовато-белое). Серое – рутил, черное метасоматит. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.165^x. 88
- Рис. 4.41. Мелкое и тонкое свободное золото – желтое, в кварце – черное, белое – арсенопирит. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.150^x..... 88

- Рис. 4.42. Свободное мелкое золото – желтое, кварц – темно-серое внизу, карбонат серый – вверху.
Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.160^x..... 88
- Рис. 4.43. Кулисообразное размещение агрегатов пирротина – желто-белое во внутренних зонах метасоматоза. Темно-серое – нерудные минералы. М-е Николаевское. Полированный шлиф.
Ник. II. Ув.30^x..... 90
- Рис. 4.44. Реликты незамещенного пирротина-II – серое, пиритом-III – белое. Черное – нерудные минералы. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.30^x..... 90
- Рис. 4.45. Обрастание пирротина-I – желто-белое, рутилом – серое, черное – нерудные минералы.
Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.30^x..... 90
- Рис. 4.46. Агрегат мельниковита полностью заместивший пирротин-II, черное – кварц. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Протравлено. Ник. II. Ув.115^x..... 90
- Рис. 4.47. Внутреннее строение пирита-II (протравлено). Черное – кварц. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.30^x..... 90
- Рис. 4.48. Внутреннее строение агрегата зерен пирита-III. Протравлено. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x..... 90
- Рис. 4.49. Идиоморфные метакристаллы магнетита – светлое, темное – нерудные минералы.
Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x..... 93
- Рис. 4.50. Сросток зерен ильменита – серое в центре и магнетита – серо-белое, темно-серое – нерудные минералы. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x..... 93
- Рис. 4.51. Замещение ильменита – серое, рутилом – серо-белое, темно-серое – нерудные минералы.
М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x..... 93
- Рис. 4.52. Обрастание пиритом-III – белое, рутила – серое в центре и пирротина – светло-серое справа и слева. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.280^x..... 93
- Рис. 4.53. Халькопирит – желтое в карбонатном прожилке – темно-серое в центре, серовато-белое – пирротин, черное – кварц. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.130^x..... 93
- Рис. 4.54. Внутреннее строение агрегата халькопирита – желтое, серовато-белое – пирротин II.
Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Протравлено. Ник. II. Ув.120^x..... 93
- Рис. 4.55. Реликты галенита – светло-серое, в пирите-III – желтовато-белое, желтое – халькопирит.
Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Протравлено. Ник. II. Ув.125^x..... 95
- Рис. 4.56. Полисинтетические двойники в сфалерите – серое. Пирит – белое. Халькопирит – желтое вверху слева М-е Николаевское. Полированный шлиф. Протравлено. Ник. II. Ув.130^x..... 95
- Рис. 4.57. Тонкое золото – желтое, с гетитом – белое, в анкерите – черное. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.600^x..... 95
- Рис. 4.58. Сложная форма золота. Кварц в сростке – белое. Месторождение Николаевское. Ув.25^x..... 95
- Рис. 4.59. Золото в концентрате – удлиненная сложная форма (в центре). Белое – сульфиды, серое – магнетит, темно-серое – цемент. М-е Николаевское. Искусственный полированный шлиф.
Ник. II. Ув.35^x..... 95

Рис. 4.60. Неоднородное строение золота – желтое. Белые включения – арсенопирит, черное – цемент. Месторождение Николаевское. Искусственный полированный шлиф. Ник. II. Ув.90 ^x	95
Рис 4.61. Диаграмма распределения рудных и нерудных минералов в околожильном пространстве жилы Магистральная.	98
Рис. 4.62. Рудный метасоматит. Прожилок кальцита (белое) в центре. Агрегат хлорита – слева, рудный минерал – черное. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г-2. Ник. II. Ув.100 ^x	100
Рис. 4.63. Рудный метасоматит. В центре линза мусковита – яркое, карбонаты и хлорит – серое, рудные минералы – черное. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г-3. Ник.+. Ув.100 ^x	100
Рис. 4.64. Рудный метасоматит. Железистые карбонаты – бурое, агрегат мусковита – пестрое, черное – рудные минералы. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 349/84,7. Ник.+. Ув.100 ^x	100
Рис. 4.65. Скопления графита – пестрое в карбонатном метасоматите – серо-белое. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Г 327/101,4. Ник.+. Ув.370 ^x	100
Рис. 4.66. Диаграмма привноса-выноса основных химических компонентов при метасоматозе пород в зависимости от расстояния до жилы Магистральная (линия 23, скважина С-393).	101
Рис. 4.67. Диаграмма привноса-выноса основных химических компонентов при метасоматозе в породах верхнепенченгской подсвиты в зависимости от расстояния до секущей жилы.	107
Рис. 4.68. Метасоматит внутренней зоны метасоматоза. Метакристалл кальцита справа, хлорит и актинолит – зеленое, кварц и альбит – серое и белое, рудный минерал – черное. М-е Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40 ^x	110
Рис. 4.69. Карбонатизированный метаэффузив (пенченгинская свита). Альбит – серое и белое, карбонат – бурое. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40 ^x	110
Рис. 4.70. Рудный метасоматит. Темно-бурое – биотит, зеленое – хлорит, кальцит – вверху справа, кварц – белое, рудный минерал – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник II. Ув.40 ^x	110
Рис. 4.71. Сложный состав околорудного метасоматита. Мусковит – яркие розетки, хлорит – зеленое, альбит и кварц – серо-белое, рудный минерал – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40 ^x	110
Рис. 4.72. Мусковит-кварц-альбитовый рудный метасоматит. Рудный минерал – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40 ^x	110
Рис. 4.73. Диаграмма привноса-выноса основных химических компонентов при метасоматозе пород в зависимости от расстояния до жилы Николаевская.	112
Рис. 4.74. Положение рудных метасоматитов Герфед-Николаевской рудной зоны на диаграмме (Д.В. Рундквист, И.Г. Павлова, 1975) гидротермально-метасоматических формаций.....	113
Рис. 4.75. Диаграммы соотношения петрохимических параметров пород и руд Герфед-Николаевской рудной зоны.....	124
Рис. 4.76. Схематическая модель Герфед-Николаевской рудной зоны	126
Рис 5.1. Распределение породообразующих элементов в околожильном пространстве жилы Магистральная по результатам рентгенофлуоресцентного анализа.	145

Рис 5.2. Распределение индикаторных микроэлементов в околожильном пространстве жилы Магистральной по результатам рентгенофлуоресцентного анализа.	145
Рис 5.3. Графики распределения микроэлементов, приносимых в область рудолокализации: 1 - на Николаевском месторождении, 2 - на месторождении Герфед, 3 - на Партизанском месторождении.	153
Рис 5.4. Графики распределения микроэлементов, выносимых из области рудолокализации: 1 - на Николаевском месторождении, 2 - на месторождении Герфед.	154
Рис 5.5. Латеральная геохимическая изменчивость Герфед-Николаевской рудной зоны. Микроэлементы, концентрации которых возрастают (А) и снижаются (Б) в направлении север- юг.	157

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 2.1 Химический состав метавулканитов.....	40
Таблица 2.2 Средний химический состав пород кординской свиты по Г.А. Середенко, 1987 г.....	44
Таблица 3.1. Процентное соотношение проб по классам содержаний в рудных жилах.....	55
Таблица 3.2. Параметры рудных тел Николаевского месторождения по И.П. Еремечеву, 2008 г.	57
Таблица 3.3. Процентное соотношение проб по классам содержаний в рудных телах жилы Николаевская.....	57
Таблица 4.1. Химический состав руд месторождения Герфед.....	73
Таблица 4.2. Химические анализы руды Николаевского месторождения.....	73
Таблица 4.3. Минеральный состав руд Николаевского месторождения по данным анализа технологических проб.	74
Таблица 4.4. Минералогический состав руд месторождения Герфед.....	75
Таблица 4.5. Особенности состава пиритов различных генераций.....	78
Таблица 4.6. Содержания элементов-примесей в пиритах вмещающих пород.....	79
Таблица 4.7. Результаты спектрального анализа мономинеральной фракции пирита и арсенопирита в технологической пробе ТП-1 месторождения Герфед (ТОМС, 2010 г.).....	81
Таблица 4.8. Результаты хим. анализа монофракций пирита и арсенопирита по Б.Е. Шелехову /130/.	87
Таблица 4.9. Средние содержания элементов-примесей ($n \cdot 10^{-3}\%$) и их отношений в пиритах Николаевского месторождения (54 анализа).	91
Таблица 4.10. Распределение золота Николаевского месторождения по классам крупности по данным анализа технологических проб.	96
Таблица 4.11. Минеральный состав жилы Магистральной и ее околожильного пространства (РЛ 23, скважина С-393) по результатам рентгенофазового анализа.	98
Таблица 4.12. Изменение химического состава метасоматитов кординской свиты по мере приближения к жиле Магистральная.....	99
Таблица 4.13. Изменение состава элементов-примесей в метасоматитах кординской свиты по мере приближения к жиле Магистральная (линия 23, скважина С-393).....	102
Таблица 4.14 Изменение химического состава метасоматитов верхнепенченгинской подсвиты по мере приближения к жиле Магистральная (линия 23, скважина С-393).....	104
Таблица 4.15. Минеральный состав оперяющей жилы и околожильных метасоматически измененных филлитов пенченгинской свиты (РЛ IV, скважина 446) по результатам рентгенофазового анализа.	105
Таблица 4.16 Изменение химического состава метасоматитов пенченгинской свиты по мере приближения к оперяющей жиле (РЛ IV, скважина 446).....	106
Таблица 4.17 Изменение состава элементов-примесей метасоматитов пенченгинской свиты по мере приближения к кварцевым жилам (РЛ IV, скважина 446).....	108
Таблица 4.18. Усредненный химический состав метасоматитов месторождения Николаевское.....	111
Таблица 4.19. Характер изменений при метасоматозе в экзоконтактах жилы Николаевской.....	111

Таблица 4.20. Схема последовательности гидротермального минералообразования месторождения Герфед.....	118
Таблица 4.21. Результаты исследования индивидуальных флюидных включений месторождения Герфед.....	120
Таблица 4.22. Сравнительные петрохимические характеристики вмещающих пород и руд золоторудных месторождений Герфед и Николаевское.....	122
Таблица 5.1 Геохимическая характеристика вмещающих пород пенченгинской свиты Герфед-Николаевской золоторудной зоны.....	129
Таблица 5.2 Геохимическая характеристика углеродистых сланцев кординской свиты Герфед-Николаевской золоторудной зоны.....	130
Таблица 5.3 Сравнительная характеристика микроэлементного состава вмещающих пород и руд Герфедского рудного поля.....	134
Таблица 5.4 Геохимические элементы, образующие корреляционные связи с золотом в различных рудных образованиях Герфед-Николаевской рудной зоны.....	138
Таблица 5.5 Концентрации микроэлементов в околорудных метасоматитах по результатам атомно-эмиссионного анализа в $n \cdot 10^{-3} \%$	144
Таблица 5.6 Геохимическая характеристика пород и руд Николаевского месторождения.....	146
Таблица 5.7 Характер миграции геохимических элементов в пределах Герфед-Николаевской рудной зоны.....	155
Таблица 5.8 Характеристика латеральной геохимической зональности Герфед-Николаевской рудной зоны.....	156

СПИСОК ТЕКСТОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Прил. 1. Диаграммы распределения элементов (Ba, Be, Mo) в рудных образованиях месторождения Герфед (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}\%$).....	173
Прил. 2. Диаграммы распределения элементов (Ag, Cr, Co) в рудных образованиях месторождения Герфед (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}\%$ для кобальта и хрома и в г/т – для серебра).....	174
Прил. 3. Диаграммы распределения элементов (W, As, Cu) в рудных образованиях Партизанского месторождения (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}\%$).....	175
Прил. 4. Диаграммы распределения сурьмы и висмута в рудах Герфедского рудного поля (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}\%$).	176
Прил. 5. Диаграммы распределения серебра и молибдена в рудах Герфедского рудного поля (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}\%$ для молибдена, в г/т для серебра).....	177
Прил. 7. Диаграммы распределения вольфрама и мышьяка в рудах Герфедского рудного поля (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}\%$).	179
Прил. 8. Коэффициенты корреляции микроэлементов в рудных метасоматитах Герфедского месторождения (78 проб)	180
Прил. 9. Коэффициенты корреляции микроэлементов в метасоматических кварцитах (жила Магистральная) месторождения Герфед (74 пробы, симметризованные значения -lg).....	181
Прил. 10. Коэффициенты корреляции микроэлементов в оперяющих жилах Герфедского месторождения (25 проб)	182
Прил. 11. Коэффициенты корреляции микроэлементов в рудных метасоматитах Партизанского месторождения (342 пробы, симметризованные значения -lg)	183
Прил. 12. Коэффициенты корреляции микроэлементов в метасоматических кварцитах (жила Магистральная) Партизанского месторождения (26 проб).....	184
Прил. 13. Коэффициенты корреляции микроэлементов в оперяющих жилах Партизанского месторождения жилы (125 проб, симметризованные значения -lg)	185
Прил. 14. Коэффициенты корреляции микроэлементов в рудных метасоматитах Николаевского рудного поля (45 проб, симметризованные значения -lg).....	186
Прил. 15. Коэффициенты корреляции микроэлементов в метасоматических кварцитах и лестничных жилах (без разделения) Николаевского месторождения (84 пробы, симметризованные значения -lg)	187
Прил. 16. Распределение серебра и титана (А), висмута и сурьмы (Б) в первичных ореолах Герфедского рудного поля.....	188
Прил. 17. Распределение мышьяка, молибдена (А) и вольфрама (Б) в первичных ореолах Герфедского рудного поля.....	189
Прил. 18. Распределение бериллия и цинка (А), бария и свинца (Б) в первичных ореолах Герфедского рудного поля.....	190

Прил. 19. Распределение бора, свинца, молибдена и цинка в первичных ореолах Николаевского месторождения	191
Прил. 20. Распределение марганца, фосфора, титана в первичных ореолах Николаевского месторождения	192
Прил. 21. Распределение марганца, фосфора, титана в первичных ореолах Николаевского месторождения	193

ВВЕДЕНИЕ

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 пенчегинской свит. В ее пределах располагаются золоторудные месторождения Герфед, Николаевское, Партизанское и рудопоявления Верхне-Удереysкое, Дорожное, Боровое. Ведущиеся эксплуатационные работы в северной части рудной зоны (месторождение Николаевское) и 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 предлагаемой работы, имеющихся геолого-генетических моделей формирования коренных золоторудных объектов в регионе позволяет 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 зональность 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, методы исследования, личный вклад автора. Работа выполнена на основе материала, собранного и проанализированного автором за период 2010-2013 гг.

в процессе выполнения работ по контракту с ЗАО «Васильевский рудник». Кроме того, при обработке результатов исследований был использован обширный материал, полученный ЗАО «Васильевский рудник» в процессе геологоразведочных работ 2005-2010 годов, охватывающий все разности пород рудной, подрудной и надрудной частей оруденения по трем месторождениям – Николаевское, Герфед и Партизанское, а также более ранние опубликованные, фондовые и архивные материалы.

При характеристике золотоносности месторождений автором изучены и проинтерпретированы результаты пробирных анализов бороздовых и керновых проб, выполненных в лаборатории ЗАО «Васильевский рудник», – Герфед (2933 пробы), Партизанское (1326 проб), Николаевское (1506 проб).

Анализ вещественного состава пород и руд проведен на базе изучения автором 140 прозрачных шлифов и 160 аншлифов. Для исследования характера изменчивости гидротермально-метасоматических процессов в околожильных породах, по мере удаления от золоторудных жил, эти породы были опробованы автором в интервале 0-10 м (с шагом 0,5-2 м) от контакта жил. Такие профили опробования были проведены для жил Магистральной и Николаевской, а так же для одной из секущих оперяющих жил. Всего было отобрано 40 образцов, которые затем были подвергнуты минералогическому, химическому силикатному, спектральному, рентгенфлуоресцентному, термическому и рентгенофазовому анализам. Проведены силикатные анализы 40 рудных образцов (лаборатория ОАО «Красноярскгеология»), термический, рентгенофазовый и рентгенфлуоресцентный 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. Благодаря применению ИК-спектрометра осуществлено определение состава газов, выделяющихся в процессе термического разложения образца.

Микронзондовые исследования золота и рудных минералов в количестве 50 определений выполнены в лаборатории электронной микроскопии ЦКП СФУ. Для определения химического состава и концентраций золота в различных сульфидах на месторождение Герфед были выполнены электронно-микроскопические исследования образцов (РЭМ-анализ) на растровом электронном микроскопе JEOL JSM-7001F, Япония, с ускоряющим напряжением до 30 кВ. Изучалась морфология, размеры и состав минералов. Состав изучаемых фаз определялся полуколичественно с помощью энергодисперсионной приставки INCA Energy.

Петрохимические пересчеты результатов химических анализов для характеристики привноса-выноса элементов при метасоматозе сделаны по методу Т. Барта.

Геохимическая специализация пород и руд изучена автором на основании анализа групповых и керновых проб из разведочных скважин. В пределах Герфедского рудного поля отобрано и проанализировано в 2010-2011 гг. полуколичественным атомно-эмиссионным анализом (АЭС) 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 (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» АЭС в 2011 г.

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-Удережское) 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 положим 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 привносом 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.

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.

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

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения. Она изложена на 193 страницах текста и сопровождается 105 иллюстрациями, 35 таблицами и 21 текстовым приложением. Список литературы включает 130 наименований.

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 8 работ, 3 из них в изданиях, входящих в перечень ВАК. Результаты исследований докладывались на 5 различных 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» (ФГУП ЦНИГРИ, Москва, 2011); III Международный конгресс Цветные металлы-2011 (Красноярск, 2011); VII Международный симпозиум «фундаментальные и прикладные проблемы науки» (МСНТ, Челябинская обл., 2012).

1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ИСТОРИЯ ИЗУЧЕННОСТИ ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ

1.1. Состояние проблемы

Несмотря на более чем столетнюю историю изучения коренной золотоносности Енисейского кряжа, нет единой точки зрения на генезис золоторудных объектов, по-разному трактуется их связь с теми или иными геологическими процессами и телами. Длительное время коренную и россыпную золотоносность Енисейского кряжа связывали с гидротермальными кварцевыми жилами, которые считали производными крупных гранитоидных массивов. В 70-е гг. XX в., с открытием Олимпиадинского месторождения, наибольший поисковый интерес приобрели крупнообъемные минерализованные зоны в сланцевых толщах, зачастую имеющие субсогласное с вмещающими породами залегание (месторождения Благодатное, Высокое). Обнаружение новых золоторудных объектов золотосульфидного и золотосульфидно-кварцевого формационных типов в минерализованных зонах (Олимпиадинское, Благодатное, Ведугинское), а также крупных золоторудных объектов, пространственно оторванных от гранитоидных массивов (Попутнинское, Благодатное), способствовало формированию новых представлений о генезисе золотого оруденения Енисейского кряжа и факторах их формирования.

На сегодняшний день в этом вопросе сформировалось несколько различных точек зрения.

Часть исследователей (Л.В. Ли, С.С. Сердюк, Г.П. Круглов и др.) по-прежнему связывают образование золоторудных объектов со становлением крупных гранитоидных комплексов. Отсутствие видимой связи золотого оруденения с гранитоидными массивами объясняется наличием «слепых» интрузий, фиксируемых по геофизическим данным. В.И. Смирнов считал, что «для образования многих гидротермальных месторождений недостаточно тепла остывающих гранитоидных массивов, с которыми генетически связывается оруденение, и необходим дополнительный приток тепловой энергии в виде длительно действующих локальных конвективных потоков, поступающих из глубинных зон по разломам высокой проницаемости» /84/. Л.В. Ли указывал, что в Партизанском рудном узле в качестве такого дополнительного источника имеется «слепой» гранитоидный массив, приуроченный к S-образному изгибу Ишимбинского разлома. Аналогичным, не выходящим на дневную поверхность, но отраженным в геофизических полях, глубинным гранитным массивом контролируются и золоторудные объекты Раздолинского рудного узла. Исследователи, разделяющие эту точку зрения, ведущую роль в локализации золотого оруденения придают структурно-тектоническим факторам. Так, по мнению Г.А. Середенко главный контроль локализации золотого оруденения в пределах Партизанского рудного узла принадлежит различным крупным тектоническим нарушениям, для каждого из которых свойственна своя золоторудная формация /84/.

Ряд исследователей (Т.Я. Корнев и др.) связывают золотое оруденение Енисейского кряжа с развитием зеленокаменных поясов архея, раннего протерозоя и рифея /25/. В ходе проведенных ими исследований в ряде стратифицированных подразделений (главным образом в удерейской свите) выявлены метавулканиты коматиит-базальтовой формации, которые вследствие регионального метаморфизма приобретают сланцеватый облик и трудноотличимы от обычных сланцев. Образование стратиформных золоторудных месторождений в вулканогенной толще Т.Я. Корнев связывает с шумихинским комплексом раннего протерозоя и попутнинским комплексом среднего рифея. По его мнению, ведущая роль в локализации золотого оруденения определяется стратиграфическим фактором, т.е. принадлежностью к толще метавулканитов коматиит-базальтовой формации.

Часть исследователей (В.М. Тенешев, А.К. Мкртычян и др.) в своих работах высказывают промежуточную точку зрения на генезис коренных золоторудных объектов, как Партизанского рудного узла, так и всего Енисейского кряжа.. По их мнению, в раннепротерозойское (пенченгинская свита) и раннерифейское (панамбинская толща) время в процессе интенсивного вулканизма основного состава происходило образование мелких стратиформных рудопроявлений золотосульфидного формационного типа. В дальнейшем, в связи с тектономагматической активизацией и формированием крупных гранитоидных массивов татарско-аяхтинского комплекса, происходила транспортировка и переотложение золота, связанного с сульфидами, гидротермальными растворами на более высокие горизонты с образованием кварцевых жил и минерализованных метасоматических зон.

По поводу происхождения гидротермалитов Герфед-Николаевской рудной зоны так же существуют разные точки зрения. Наиболее крайней является точка зрения Б.Е. Шелехова /97/, который считает, что жила Магистральная вместе с опережающими ее жилами являются «типичными жильными образованиями» /84/ и сформированы путем выполнения пустот. Такая точка зрения обосновывается резкими контактами жил с вмещающими породами, их четковидным и кулисообразным строением. Значительная часть других исследователей (Н.В. Петровская, П.С. Бернштейн, А.К. Мейстер и др.) так же относят месторождение Герфед к гидротермально-жильным образованиям, но при этом признают их метасоматическую природу. А.К. Мейстер, один из первых исследователей изучавших жилу Магистральную, считал ее секущей по отношению к вмещающим породам и более молодой по отношению к опережающим жилам. Ф.П. Кренделев и А.Г. Лучко отмечали, что жилы Николаевская и Магистральная «являются типичными пластовыми телами олигомиктового состава» и сравнивали их с сульфидными конгломератами Витватерсранда /84/.

Среди исследователей, относящих жилу Магистральную к метасоматическим образованиям, существуют разногласия по поводу состава исходных пород, подвергшихся метасоматиче-

ской переработке. А.М. Сазонов считает, что таковыми являются кварцевые песчаники, подвергшиеся гидротермальным изменениям. Г.Н. Бровков, Л.В. Ли, Г.П. Круглов исходными породами, служившими субстратом для формирования жилы Магистральной, называли осадочно-метаморфические и вулканогенные образования /84/ на которые со стороны лежачего бока наложилась золото кварцевая минерализация.

Многообразие точек зрения на генезис Герфед-Николаевской рудной зоны определило цель данного исследования – уточнение генезиса и условий формирования локализованных здесь золоторудных объектов, а так же выявление элементов эндогенной зональности.

1.2. История изученности Герфед-Николаевской рудной зоны

История изучения Герфед-Николаевской рудной зоны тесно сопряжена с историей освоения золотоносной тайги и берет начало с середины 19-го века. Первым опытом по изучению золотоносности вмещающих «черных сланцев» стали работы Э. Гофмана (1844). В 1890 г. золотопромышленник Черемных при проведении водоотливной канавы по правому склону р. Боровая в коренном залегании вскрыл кварцевую жилу с видимым золотом, описанную А.К. Мейстером в 1897-98 гг. как «Жила Магистральная» (впоследствии месторождение Герфед). Последующим изучением россыпной и коренной золотоносности территории Партизанского рудного узла занимались: И.А. Молчанов (1925-29 гг.), С.В. Рязанов (1927-30 гг.), Н.Н. Жилин (1932-33 гг.), П.П. Скобичевский (1935-36 гг.), Н.С. Трошков (1937-39 гг.) и др.

Систематические поиски и разведка золоторудных месторождений на территории Партизанского рудного узла начались в 1948 г. вследствие организации Герфедской экспедиции треста «Енисейзолото» под руководством В.Г. Голубева. Экспедиция открыла и разведала Васильевское месторождение (1950), рудопроявление Верхне-Удереysкое (1955), месторождение Николаевское (1957), ряд золотоносных жил в Герфед-Николаевской рудоносной зоне. В 1959 г. На водоразделе рек Бол. Мурожная и Талая был выявлен ряд кварцевых жил с невысокой золотоносностью (жилы Боровая, Березовая, Волчья и др.).

Шестидесятые и семидесятые годы XX века ознаменовались проведением планомерных геолого-съемочных работ масштаба 1:200 000 и 1:50 000 на всем Енисейском кряже и в частности на территории Партизанского рудного узла /99, 112, 126, 127/. В 1975-79 гг. выполняется геологическое доизучение площади Партизанского рудного узла масштаба 1:50 000 /116/. В результате этих работ для Партизанского рудного узла создана единая геологическая основа масштаба 1:50 000, дающая представление о перспективах территории на обнаружение промышленных месторождений золота, сурьмы и других полезных ископаемых.

В 1970-80 гг. в ходе поисково-разведочного бурения на россыпное золото в Мурожнинской депрессии установлено наличие свободного золота в пестроцветных структурных глинах

(корах выветривания), развитых по сланцам и амфиболитам, в последствии, поисковыми работами здесь было выявлено проявление Самсон, на котором в 1984-85 гг. были проведены детальные поиски, а в 1994-95 гг. поисково-оценочные работы.

Из тематических работ, выполненных в 80-90-е годы прошлого столетия, следует отметить работы по составлению прогнозно-металлогенических карт Партизанского рудного узла в масштабе 1:50 000 /119/ и 1:25 000 /115/, и изучение золотоносности кор выветривания /120/. Итогом проведенных в 80-90-х годах работ стало выявление перспектив Партизанского рудного узла на золотое оруденение, в том числе и на легкообогатимые золотые руды в корах выветривания. В начале нашего столетия Партизанский рудный узел был охвачен прогнозно-поисковыми работами на золото /122, 123/. В итоге этих работ было существенно уточнено, в свете последних геологических данных, геологическое строение района, выявлены геологические критерии и признаки золотого оруденения.

Изучение объектов Герфедского и Николаевского рудных полей имеет более чем вековую историю и осуществлялось в несколько этапов.

Этапы изучения Герфедского рудного поля. Месторождение Герфед открыто в 1890 г., разрабатывалось в 1893-1914 гг. За этот период добыто 18,3 кг золота при среднем содержании металла 13 г/т. Разведочные работы на месторождении предпринимались в 1930-36 гг., в 1947 г., в 1943-52 гг., в 1959-64 гг., в 1974-75 гг. и позднее. За это время были детально изучены отдельные кварцевые жилы, но ни разу разведка не была доведена до конца. На 01.01.1981 г. на балансе месторождения числились запасы категории C_1 в количестве 373 кг золота при среднем содержании металла 7,0 г/т. Прогнозные ресурсы золота в кварцевых жилах по категориям P_1+P_2 оценивались разными авторами в количестве от 26,8 т до 35,9 т /107/.

Поисково-оценочными работами 1984-89 гг. /113/ были уточнены параметры оруденения, и его суммарная ресурсная оценка составила 48,5 т при среднем содержании золота около 4 г/т. При этом учитывались только золотокварцевые легкообогатимые руды. Золотосульфидная составляющая оруденения во всех предшествующих работах не изучалась. Работами Ангарской ГРЭ 2000-03 гг. /111/ южнее месторождения Герфед на продолжении той же жильной зоны выявлена зона золото-кварц-сульфидной минерализации субмеридионального простирания протяженностью до 2,5 км (впоследствии месторождение Партизанское). В ее пределах единичными скважинами подсечены рудные интервалы длиной 2-36 м со средним содержанием золота 2,3-3,2 г/т. Поисковыми работами ОАО «Красноярскгеология» на Южно-Герфедской площади (месторождение Партизанское) /125/ были оценены прогнозные ресурсы окисленных и неокисленных руд по категории P_1+P_2 в размере: 44,4 т золота, при среднем содержании 4,2 г/т.

В 2006-2010 гг. в пределах Герфедского рудного поля проведены разведочные работы, охватившие оба месторождения /108/. По обоим месторождениям утверждены постоянные конди-

ции, запасы руды и золота категории C_1 в размере около 10 т по каждому объекту поставлены на баланс предприятия ЗАО «Васильевский рудник». Впервые собран и систематизирован богатый материал по вещественному составу и золотоносности всего рудного поля, а не отдельных его фрагментов.

Этапы изучения Николаевского рудного поля. Николаевское месторождение было открыто в 1957 г. в ходе разведки россыпного золота Герфедской экспедицией Южно-Енисейского приискского управления треста «Енисейзолото». На месте шурфа, вскрывшего рудное золото была пройдена канава, которая вскрыла кварцевую жилу с видимым золотом названную «жила Николаевская». В том же году Николаевская жила на отрезке в 300 м была вскрыта канавами через 10-50 м, и до глубины распространения рыхлого дезинтегрированного материала (2,5 м) была отработана небольшим карьером. В блоке размером 50 х 50 м были подсчитаны запасы золота в количестве 373 кг, при содержании 7,0 г/т и средней горизонтальной мощности жилы 10,2 м /102/. В 1958 г. севернее разведанного участка геофизическими методами выявлена аномалия повышенного сопротивления, при заверке которой канавами было вскрыто северное продолжение жилы Николаевской (в настоящее время – участок Северный).

В 1959-1964 гг. проведена детальная разведка Николаевского месторождения силами Партизанской ГРП Ангарской ГРЭ КГУ /130/. Разведка проведена горно-буровым способом до глубины 200 м (сеть 100х100 и 50х50 м). Кроме открытых горных выработок на месторождение был пройден большой объем подземных выработок (шахты, штошки, квершлагги).

В 1959 г Центральной геофизической партией СЕГФЭ КГУ на месторождении были проведены магнитная съемка М 1:50 000 и электроразведка методом «ИЖ» (выборочно, методом «КП»). В результате была прослежена уже известная Николаевская золотоносная кварцевая жила и выделены несколько аномалий повышенного сопротивления, заверка которых не выявила наличия крупных кварцевых жил. Вблизи Николаевской жилы выявлены разрозненные мелкие оперяющие трещины, заполненные карбонатно-кварцевым материалом.

Дальнейшие геологоразведочные работы на месторождении возобновились в связи с получением 24.06.1998 г. лицензии на отработку месторождения ЗАО «Васильевский рудник». В 2005-2007 гг. ЗАО «Васильевский рудник» произвело доразведку Центрального и Северного участков месторождения, представляющих промышленный интерес /103/. По состоянию на 01.01.2008 г. поставлены на баланс запасы золота по категории C_1+C_2 в размере 6 248 кг со средним содержанием 5,9 г/т.

В настоящее время ведется отработка месторождения двумя карьерами – Центральным и Северный участки.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРТИЗАНСКОГО РУДНОГО УЗЛА И ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ

2.1. Геологическая характеристика Партизанского рудного узла

Партизанский золоторудный узел расположен в пределах Южно-Енисейского золотоносного района в южной части Центрального золотоносного пояса Енисейского кряжа. Основными минерагеническими подразделениями в пределах рудного узла являются Васильевско-Удере́йская, Герфед-Николаевская и Татарская рудоносные зоны (рис. 2.1).

В структурно-тектоническом плане Партизанский рудный узел представляет собой структуру общего брахиантиклинального характера, в формировании и металлогении, которой ведущую роль играет Татарский гранитоидный массив.

В геологическом строении района принимают участие: высокометаморфизованные образования малогаревской метатолщи архейского возраста; вулканогенно-карбонатные метаморфизованные отложения пенченгинской свиты нижнего протерозоя; терригенные отложения кординской свиты нижнего рифея; существенно зеленосланцевые (филлитовидные) отложения горбилоской свиты (средний рифей); терригенные и карбонатно-терригенные филлитизированные отложения удере́йской свиты среднего рифея. Во впадинах широко развиты коры выветривания и аллохтонные рыхлые отложения мел-палеогенового возраста (герфедская толща, мурожнинская свита). В долинах водотоков развиты аллювиальные образования верхнеолейстоцен-голоценового возраста (рис. 2.1).

Интрузивные породы представлены гранитоидами Татарского массива (татарско-аяхтинский и гурахтинский комплексы позднего рифея), амфиболитизированными основными субвулканическими породами индыглинского комплекса (дайки, силлы) раннего протерозоя.

Метаморфизм пород района чаще дозеленосланцевый (филлитовидный), отложения пенченгинской свиты метаморфизованы в условиях зеленосланцевой и амфиболитовой фаций, а малогаревской толщи – гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма. Контактный метаморфизм, связанный с гранитоидами, установлен в зонах ороговикования и скарнирования. Широко и повсеместно проявился метасоматоз различного состава.

Главной тектонической структурой второго порядка в районе является Татарский антиклинорий с Татарским гранитоидным массивом («диапирплутоном») в его ядерной части, к восточному его крылу которого и приурочена Герфед-Николаевская рудная зона (рис. 2.3). Антиклинорий совпадает с выделенным в 1971 г. А.С. Аладышкиным Центральным золотоносным поясом кряжа, который заложился между Татарским и Ишимбинским глубинными разломами по оси растяжения литосферы в континентальной рифтовой зоне.

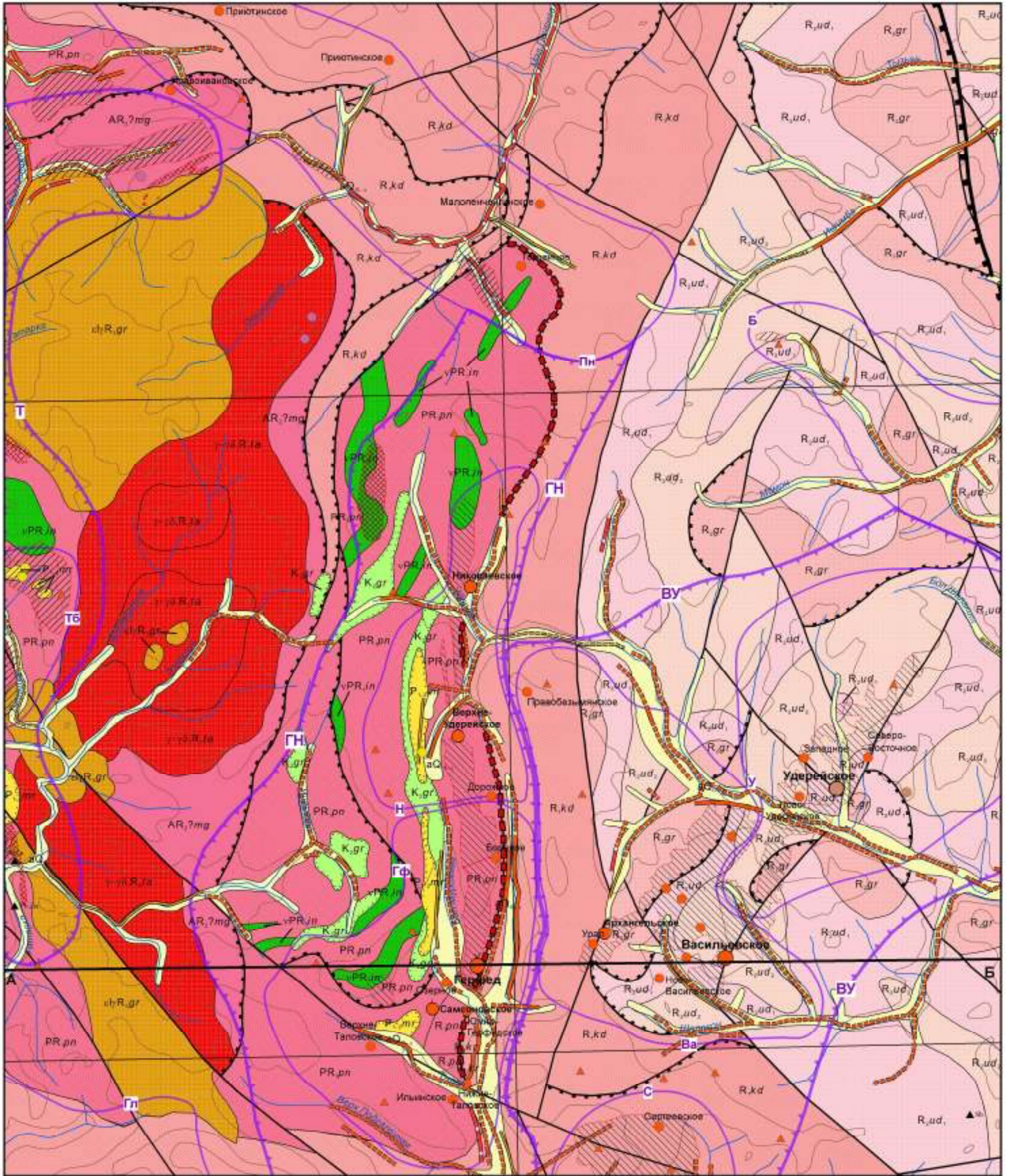


Рис. 2.1. Геологическая карта Партизанского рудного узла (условные обозначения на рис. 2.2)

Условные обозначения:

Субвулканические породы

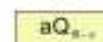
 Индыглинский комплекс. Габбро-диабазы, метабазалты, амфиболиты

Магматические образования


 Гурахтинский комплекс. Граниты субщелочные, сиениты.

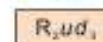
 Татарско-аяхтинский комплекс. Граниты, гранодиориты, пегматиты.

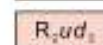
Стратифицированные образования

 Аллювиальные образования. пески, галечники, суглинки.

 Мурожнинская свита. Глины гидрослюдистые, каолиновые, пески, бокситы.

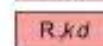
 Герфедская толща. Глины с прослоями песков и бокситоносных глин.

 Удерейская свита, верхняя подсвита. Сланцы алевроито-глинистые.

 Удерейская свита, средняя подсвита. Филлиты, алевросланцы.

 Удерейская свита, нижняя подсвита. филлиты, алевролиты.

 Горбилоская свита. Сланцы кварц-серицитовые с магнетитом.

 Кординская свита. Сланцы слюдясто-кварцевые, метаалевролиты.

 Пенчингинская свита. Кристаллические сланца, амфиболиты, кварциты.

Метаморфические образования

 Малогаревская метатолща. Кристаллосланцы, плагиогнейсы, мрамора.

Метасоматические образования

 Ореолы щелочного метасоматоза

 Зоны смятия и рассланцевания

 Коры выветривания

Геологические границы

 Согласно залегания достоверные

 Согласно залегания предполагаемые

 Несогласного залегания

Тектонические нарушения

Главные разломы


 Ишимбинский надвиг

Прочие тектонические нарушения

 Надвиги, достоверные


 Неустановленной морфологии, достоверные

 Герфед-Николаевская тектоническая зона

 Линия разреза
А Б

Месторождения и проявления


Золота

 Среднии месторождения

 Мелкие месторождения

 Проявления

Других полезных ископаемых


 Месторождения сурьмы с золотом

 Проявления сурьмы

 Проявления вольфрама

 Проявления бокситов

Пункты минерализации

 Золота

 Других ПИ

Золотороссыпные объекты

Промышленные россыпи

 Разрабатываемые

 Отработанные

 Разведуемые

Непромышленные россыпи

 Разведанные

 Отработанные


Минерагеническое районирование

 Рудоносные зоны

ВУ - Васильевско-Удерейская, (формации ЗК, ЗКС, ЗСР)

ГН - Герфед-Николаевская, (формации ЗК, ЗС, КВ)

Т - Татарская, (формации ЗС, ЗРМ, КВ)

 Рудные поля

Б - Бабгоринское, золоторудная

Ва - Васильевско-Архангельская, золоторудная

Гф - Герфедское, золоторудная

Н - Николаевское, золоторудная

У - Удерейское, золото-сурьмяное

Пн - Пенчингинское, потенциально золоторудное

С - Сергеевское, потенциально золоторудное

Тб - Татарское, бокситовое

Гл - Гольцовское, олово-вольфрамовое

Примечание: формации ЗК - золото-кварцевая, ЗС - золотосульфидная, ЗКС - золото-кварц-сульфидная, ЗСР - золото-сурьмяная, ЗРМ - золото-редкометальная, КВ - золотоносных кор выветривания

Карта составлена по материалам А.А. Стороженко (2004), Г.А. Середенко (1979), С.С. Сердюка (2005).

Рис. 2.2. Условные обозначения к геологической карте Партизанского рудного узла

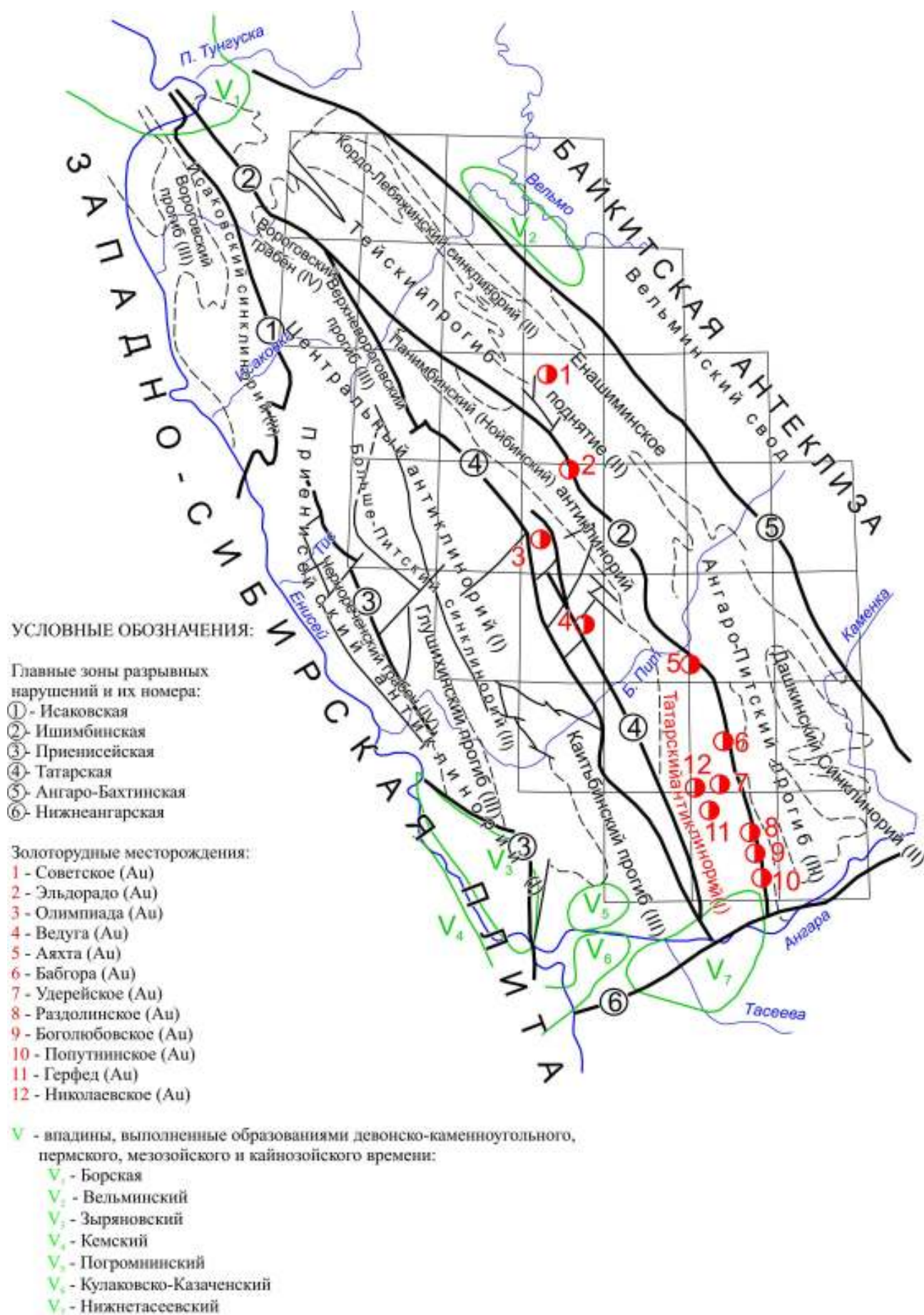


Рис. 2.3. Положение золоторудных месторождений в структурах Заангарской части Енисейского края (по Л.К. Качевскому, 1998).

Здесь, по мнению А.А. Стороженко /122, 123/, с больших глубин поднималось, растекалось мантийное вещество с пониженной плотностью и высокой температурой. Последующее проседание дна рифта и аккумуляция осадочного материала не привели к образованию мантийной коры океанического типа. По материалам геолого-съёмочных работ /122, 123, 116/ в Партизанском рудном узле установлены архейский, протерозойский, ранне-среднерифейский, поздне-рифейский и мезозойско-кайнозойский структурно-формационные комплексы, соответствующие 5-и структурным этажам.

1. Архейский этаж. Гаревский ярус представлен высокометаморфизованными образованиями малогаревской метасерии. Его внутренняя структура характеризуется сложной системой линейных, изоклиальных опрокинутых ассиметричных и веерных складок различных порядков, часто с крутой (до 70°) ундуляцией осей. Выходы малогаревской метатолщи ($AR_2?mg$) распространены локально по периферии Татарского массива (рис. 2.1). Сложена она контрастными породами: мраморами, кальцифирами, кристаллическими сланцами, гранат-биотитовыми гнейсами, амфиболитами гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма /122, 123/. Золоторудная металлогения пород архея характеризуется мелкими (десятки-сотни метров) проявлениями золото-скарнового оруденения, развитого в экзоконтактах Татарского массива.

2. Карельский этаж. Тейский ярус представлен нижнепротерозойскими сильнометаморфизованными карбонатно-терригенно-вулканогенными образованиями пенченгинской свиты (тейская серия), прорванными интрузиями индыглинского комплекса. Для него характерны субмеридиональные крупные куполовидные структуры. Пенченгинская свита (PR_{1pn}) широко развита в восточном обрамлении Татарского массива, слагая весьма значительную часть Герфед-Николаевской зоны (рис. 2.1). Она подразделяется на две подсвиты: нижнюю – существенно карбонатную и верхнюю – терригенно-вулканогенную. Нижняя подсвита (500-110 м) выделяется фрагментарно в верховьях р. Индыглы, где она представлена мраморами, кварцитами с прослоями известняков, песчаников, ороговикованных сланцев. Она характеризуется повышенным фоном Cu, Zn, Ba, Sr. Золото установлено в редких кварцевых жилах /125/. Верхняя подсвита (1500-1800 м) слагает широкую (3-5 км) протяженную (25 км) полосу пород в восточном обрамлении Татарского массива. Она представлена чередованием кластолавовых потоков метавулканитов и пачек филлитовидных сланцев. Сланцы филлитовидные, кварц-серицитовые, карбонатные, участками углеродистые образуют пачки мощностью 25-300 м (суммарная мощность 700-800 м). Вулканиты основного, среднего и ультраосновного состава. Мощность покровов 75-300 м, при суммарной их мощности 800-1000 м. По петрографическим особенностям выделяются три группы вулканических пород /125/: метатуфтиты, метатуфы и туфолавы. Индыглинский комплекс мета-габбродолеритовый (vPR_{1in}) включает в себя наиболее древние в районе породы основного состава: габбро-амфиболиты, ортоамфиболиты и metabазальты /116/, об-

разующие различные по размерам пластовые субсогласные и секущие тела, испытавшие сильный метаморфизм и дислокацию. Локализованы они все в вулканогенно-осадочных толщах пенченгинской свиты (рис. 2.1). Мощности тел варьируют от десятков до сотен метров при протяженности до нескольких километров. Пиритизированные разности ортоамфиболитов характеризуются повышенным содержанием тонкодисперсного золота.

3. Енисейский этаж представлен ниже-средне-рифейскими метаморфизованными алеврито-сланцевыми отложениями сухопитской серии, для которых характерны простые протяженные структуры. Они образуют протяженные линейные складки, чаще всего симметричные, с крутыми углами залегания пород на крыльях (50-70°), вплоть до вертикальных и опрокинутых в тектонических зонах и надвигах. Образования байкальского этажа наиболее широко развиты в пределах Партизанского рудного узла и представлены отложениями кординской, горбилокской и удерейской свит, метаморфизованными в биотитовой субфации зеленосланцевой фации.

Кординская свита (R_{1kd}) широкой (2-3 км) полосой субмеридионального простирания окаймляют с востока осадочно-вулканогенные образования пенченгинской свиты, а за пределами Герфед-Николаевской зоны слагает обширные поля к югу и к северу от Татарского массива (рис. 2.1). Свита с угловым и стратиграфическим несогласием залегает на породах пенченгинской свиты. Некоторые авторы [112, 116] считают, что переход между свитами плавный, постепенный. В разрезе кординской свиты выделяются 3 пачки с неотчетливыми постепенными границами: нижняя – псаммитовая, средняя – алевритовая и верхняя – псаммито-алевритопелитовая ритмитоидная [122, 123]. Общая мощность свиты 900-1100 м. Вдоль западного контакта кординской свиты с пенченгинской свитой прослеживается мощная тектоническая зона, соответствующая разлому Мейстера, трассируемая системой золотоносных кварцевых жил, к которым приурочен основной объем выявленных здесь золоторудных объектов.

Образования горбилокской и удерейской свит слагают обширные поля в восточной части Партизанского рудного узла. В пределах Васильевско-Удерейской зоны в них локализованы месторождения и проявления золото-кварцевой, золото-кварц-сульфидной и золото-сурьмяной формаций. Горбилокская свита (R_{2gr}) залегает согласно на кординской свите и сложена зелеными и зелено-серыми нитевидно слоистыми алевритистыми кварц-серицит-хлоритовыми сланцами (метаалевропелитами). Удерейская свита (R_{2ud}) согласно залегает на горбилокской и подразделяется на три подсвиты (по 450-650 м каждая), сложенные серицит-хлоритовыми сланцами и метаалевролитами. В разрезе каждой подсвиты выделяются горизонты 0,3-1 м кремнистых конкреций и стяжений неправильной формы с текстурой «con-in-con» [1].

4. Байкальский этаж в пределах Партизанского рудного узла представлен только магматическими комплексами орогенного этапа – гранитоидными массивами татарско-аяхтинского и гурахтинского комплексов. Татарско-аяхтинский комплекс гранитовый ($\gamma\text{-}\gamma\delta R_{3ta}$) слагает Та-

тарский массив, представляющий собой крупное интрузивное тело (23 x 6 км), вытянутое в меридиональном направлении и приуроченное к ядру Татарского антиклинория. Контуры его плавные субсогласные с вмещающими породами (рис. 2.1). Граниты представлены среднекрупнокристаллическими, часто порфиридовидными лейко- и мезократовыми слюдяными и биотит-амфиболовыми разностями. Внедрение гранитов сопровождалось формированием пегматитовых, аплитовых и кварцевых жил, местами золотоносных. По составу они отвечают калиево-натриевым гранитам и гранодиоритам нормального известково-щелочного ряда. По отношению петрогенных и редких элементов, они близки синколлизийным гранитам S-типа, формирующимся в обстановке сжатия. Возраст их определенный Rb-Sr методом составляет 934 ± 10 млн. лет /122, 123/. По гравиметрическим данным /84/ в бассейне р. Индыглы на глубине около 850 м выделяется нескрытый гранитный массив размером в плане около 3 км. Гурахтинский комплекс субщелочных гранитов ($\epsilon\gamma R_3gr$) образует ряд крупных и мелких тел в пределах Татарского массива гранитоидов. Они представлены субщелочными биотитовыми гранитами, субщелочными лейкогранитами, амфибол-биотитовыми кварцевыми сиенитами. Возраст их, определенный Rb-Sr методом составляет 726 ± 28 Ma /122, 123/.

5. Платформенный структурный этаж является завершающим и представлен покровными мезозойско-кайнозойскими отложениями герфедской и мурожнинской свит, а так же эндогенно-гипергенными образованиями кор выветривания.

Герфедская толща (K_2gr) и мурожнинская свита (\mathbb{P}_{1-2mr}) распространены в крупной эрозионной тектонической Мурожнинской депрессии меридионального направления, и фрагментарно – в верховьях рек Индыглы и Удерей. Герфедская толща мощностью от первых метров до 50 м. сложена /125/ смещенными корами выветривания – структурными алевритистыми, бокситоподобными, углистыми глинами и кварцевыми песками. Мурожнинская свита (30-50 м) представлена существенно бокситоносными фациями: каолиновыми, бокситовыми (гиббсит-каолинит-гетитовыми) глинами, рыхлыми и каменистыми бокситами, алюможелезняками, а также углистыми глинами и кварцевыми песками. Меловые и палеогеновые пески совместно с четвертичными осадками местами образуют промышленные россыпепроявления.

Коры выветривания Партизанского рудного узла сформировались в условиях жаркого гумидного климата и сохранились локально на мел-палеогеновом пенеппене /125/. По характеру геохимических процессов и в зависимости от состава материнских пород, они подразделяются на остаточные коры разложения, выщелачивания и остаточные коры окисления. Первые образовались по пестрым вулканогенно-карбонатно-сланцевым толщам преимущественно пенчегинской свиты, а вторые – по сульфидсодержащим, сланцам кординской и удерейской свит. Процессы корообразования интенсивно проявлены в зонах литологических и тектонических контактов, зонах пропицитизации, графитизации и березитизации /100, 114/.

Неоплейстоцен-голоценовые образования (aQ_{III-H}) широко распространены на всей площади и представлены аллювиальными, склоновыми и современными техногенными отложениями. Аллювиальные образования содержат промышленные россыпи золота.

Восточное крыло Татарского антиклинория представляет собой серию надвиговых пластин, сложенных образованиями малогаревской метатолщи, пенченгинской и кординской свит. На фронте надвигов в породах автохтона выделяется ряд зон сжатия и разуплотнения. Углы наклона восточного крыла в приаэриальной части $50-80^\circ$, по мере удаления от центра структуры угол выволаживается до 20° . Общее восточное падение крыла осложняется мелкой складчатостью, обуславливая местами крутое (до 70°) и даже опрокинутое залегание пластов. Шарниры складок в целом совпадают с конфигурацией гранитного массива /125/.

Из дизъюнктивных структур, на площади широко развиты взбросы, сбросы и надвиги. Надвиги сопровождаются зонами вторичного рассланцевания, брекчирования, милонитизации и метасоматического изменения пород. Вдоль некоторых из них развита линейная кора выветривания. Большая часть известных золоторудных объектов приурочена к зонам надвигов или расположена в непосредственной близости от них. Взбросы и сбросы имеют крутое падение ($70-90^\circ$), трассируются зонами окварцевания, брекчирования и рассланцевания. С некоторыми из них связано золотое оруденение, и они могут рассматриваться, как подводящие каналы для золотонесущих гидротерм, разгрузка которых происходила у экранов, образованных плоскостями надвигов /125/. Структурными элементами, определяющими металлогению Герфед-Николаевской золотоносной зоны, являются два дизъюнктива в пределах восточного крыла Татарской антиклинали /122, 123/ – Татарско-Мурожнинский разлом и зона Мейстера. Древний рифтовый Татарско-Мурожнинский магмаподводящий разлом – полоса шириной 3-5 км, включающая разрывные нарушения, очаги внедрения, излияния (кратеры вулканов) интрузивных и эффузивных пород основного состава, фумарольные источники выщелачивания, кальдеры обрушения. С ним в полосе развития пенченгинской свиты связано большинство золото-сульфидно-кварцевых пунктов минерализации. Разлом Мейстера приурочен к стыку карбонатно-вулканогенно-терригенной пенченгинской и сланцевой кординской свит. Здесь Герфедская пластина (кординская свита) надвинута на Партизанскую пластину (пенченгинская свита). Плоскость надвига имеет восточное падение под углами $30-60^\circ$. Ширина проявления динамического воздействия колеблется от первых метров до десятков, и даже, сотни метров. Непосредственная плоскость надвига подчеркнута кварцево-жильной системой: Магистральная, Николаевская, Боровая и золотоносными метасоматитами.

Основным полезным ископаемым Партизанского рудного узла является золото, добыча которого из россыпей ведется с середины XIX века. Разведаны месторождения сурьмы и бокситов, пироклор-апатитовых руд, а так же проявления вольфрама /42/.

Рудное золото Партизанского узла связано с Васильевско-Удере́йской и Герфед-Николаевской рудоносными зонами, где достаточно полно разведаны и изучены золоторудные месторождения следующих формационных типов: малосульфидный золотокварцевый (Васильевское, Герфед, Николаевское), золото-кварц-сульфидный прожилково-вкрапленный (Архангельское, Бабушкина Гора), золотосульфидный и золотосурьмяный (Удере́йское), а так же формацией кор выветривания (Самсон).

Васильевское месторождение расположено на левобережье руч. Васильевский. Оно представлено большим роем кварцевых жил, залегающих в кварц-серицитовых сланцах среднеудере́йской подсвиты. Жилы сгруппированы в 5 жильных зон СВ ориентировки разной мощности и протяженности. Мощность жил 0,3-4 м, иногда до 15 м. Протяженность от десятков до 800 м. Большая часть жил имеет низкие содержания золота 1,5-2 г/т. Промышленные концентрации золота установлены в трех жилах, в одной из которых сосредоточено 95% запасов. Среднее содержание золота в блоках 7 г/т. Утвержденные на 18.04.1989 г. запасы категорий В+С₁+С₂ составляют 20,2 т. металла. Месторождение эксплуатируется.

Архангельское месторождение локализовано на площади около 1 км² в зоне влияния крупного Тапталаевского взброса среди образований кординской и горбилокской свит. Оно представлено серией сближенных субпараллельных кварцево-прожилковых рудных тел линзовидно-линейной формы северо-восточного простирания. Падение тел ЗСЗ под углами 20-50°. Протяженность рудной зоны до 1000 м, ширина выхода на поверхность 70-250 м. Она включает 6 рудных тел, прослеженных на глубину 30-70 м от поверхности. Мощность рудных тел 1-40 м, (в среднем 4-11 м). Средние содержания золота от 1,4 до 2,5 г/т. Месторождение Архангельское относится к золото-кварцевому малосульфидному типу. Балансовые, забалансовые запасы и ресурсы в контуре карьера до глубины 55 м оцениваются в 5,6 т. Балансовые запасы категории С₁+С₂ утвержденные 15.10.2009 г. составляют 3 992 кг золота /101/.

Самсоновское месторождение расположено в правом борту р. Бол. Мурожная и приурочено к сводовой части пологих синклинальных и антиклинальных складок в толще осадочно-вулканогенных пород верхнепенченгинской подсвиты. Простирание складок СВ, углы падения крыльев 10-45°. На объекте выявлено 4 рудных тела, залегающих среди сильно выветрелых, возможно перемещенных мел-палеогеновых кор выветривания каолинитового состава. Основная часть запасов 94% сосредоточена в первом рудном теле, длиной 430 м при мощности до 25 м и среднем содержании 6,2 г/т. Золотое оруденение локализовано в каолинитовых корах выветривания линейного типа, развитых по метасоматически измененным метавулканитам в контакте с углеродисто-глинистыми сланцами пенченгинской свиты. Месторождение отработано.

Россыпное золото на Енисейском кряже впервые было открыто в 1837 г. на реке Удере́й и на протяжении полторы сотни лет интенсивно добывалось. Золотоносными в районе являются

почти все долины рек. Установлены следующие генетические типы аллювиальных россыпей золота: долинные пойменно-русловые, террасовые, карстово-котловинные (погребенные), ложковые. Большинство россыпей к настоящему времени отработано.

2.2. Геофизическая характеристика Партизанского рудного узла

На карте магнитных аномалий Партизанского рудного узла (рис. 2.4) отчетливо просматриваются два структурных элемента. Первый – это изометричная отрицательная аномалия магнитного поля, которая, в целом, пространственно совпадает с выходами гранитов Татарского массива. Второй – линейно-вытянутая в субмеридиональном направлении положительная аномалия восточнее Татарского массива. Если отрицательное магнитное поле в целом оконтуривает области развития слабомагнитных гранитоидов Татарского массива и мраморов малогаревской толщи, то линейная зона положительных аномалий не имеет очевидного литологического контроля. Базиты индыглинского комплекса и насыщенные метавулканиками образования пенченгинской свиты, которые должны отличаться наиболее высокими магнитными свойствами, попадают как в область положительных, так и отрицательных значений магнитного поля. То же самое можно сказать и о терригенных образованиях кординской свиты (рис. 2.4).

С другой стороны, в линейную зону положительного поля попадает большинство золоторудных месторождений и проявлений Партизанского узла, в том числе и Герфед-Николаевская рудная зона. Золоторудные объекты, локализованные в пределах зоны положительного магнитного поля, имеют гидротермально-метасоматическое происхождение и характеризуются повышенными концентрациями магнитных минералов – пирротина и магнетита, как в рудных телах, так и в околорудном пространстве. Такая ситуация позволяет предположить, что линейная зона рассмотренной положительной магнитной аномалии обусловлена не литологическим (породным) фактором, а связана с зоной наложенной гидротермальной проработки пород золотонесущими растворами. В ходе этого процесса в литологически различных породах локализовался пирротин и магнетит, что и фиксируется положительными значениями магнитного поля.

Действительно, такие золоторудные объекты, как месторождение Николаевское и проявление Верхне-Удережское относятся к пирротин-магнетитовому минеральному типу и попадают в область более высоких значений магнитного поля, чем месторождения Герфед и Партизанское, где магнетит практически отсутствует, а пирротин находится в небольшом количестве. Повышенными содержаниями магнетита отличаются и пункты минерализации Сергиевского рудного поля, что также находит свое закономерное отражение в магнитном поле. Анализируя структуру субмеридиональной зоны положительного магнитного поля, можно заметить, что его интенсивность нарастает с юга на север (рис. 2.4). Возможно, это говорит о более интенсивном проявлении гидротермальной проработки пород в этом направлении.

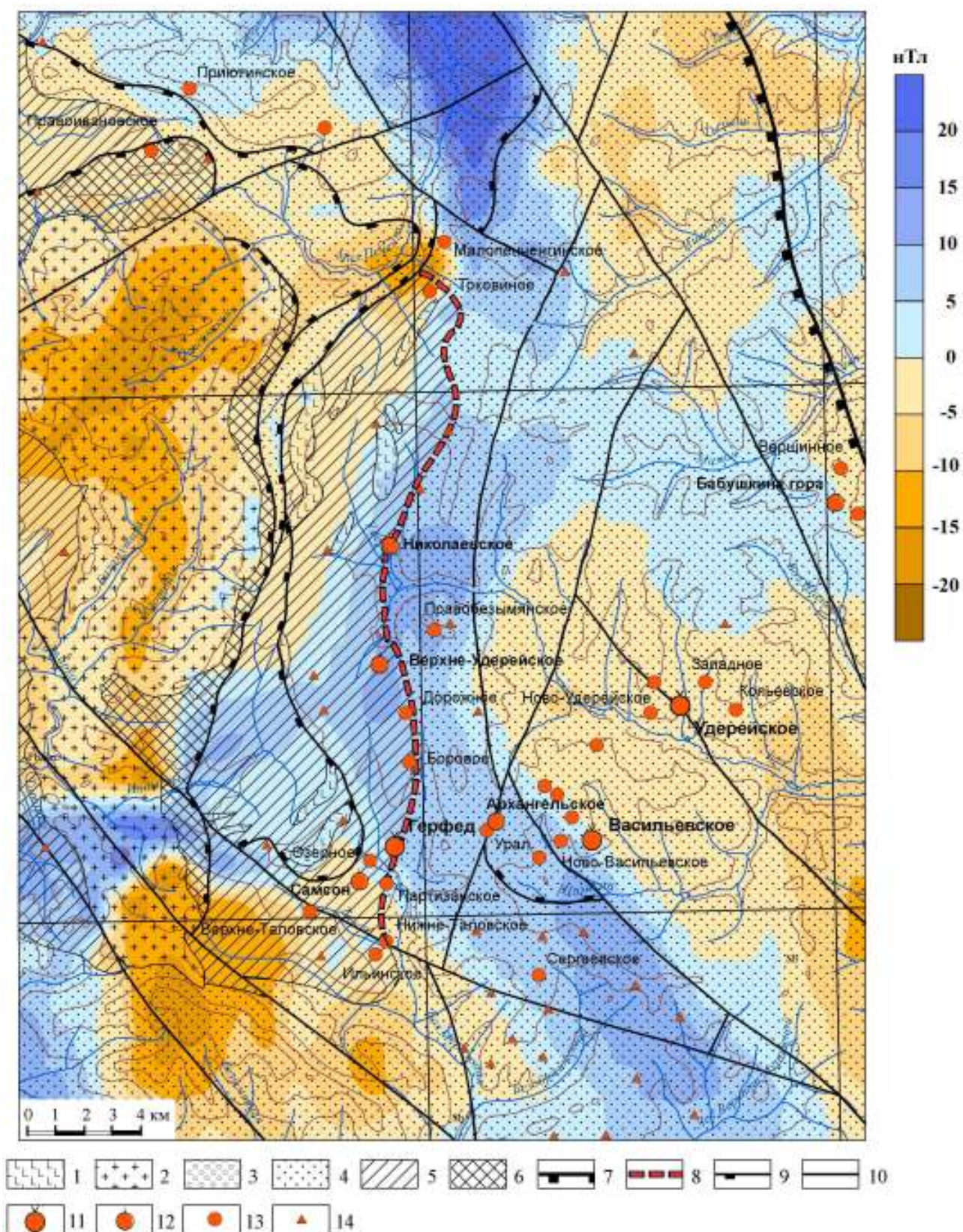


Рис. 2.4. Карта магнитных аномалий Партизанского рудного узла (построена по данным государственной магнитной съемки масштаба 1:200 000). 1 - Габброиды индыглинского комплекса; 2 - Граниты Татарского массива; 3 - Аллювиальные образования; 4 - Сухопитская серия; 5 - Пенченгинская свита; 6 - Малогаревская толща; 7-10 Тектонические нарушения: 7-Ишимбинский надвиг, 8-разлом Мейстера, 9-прочие надвиги, 10-разломы неустановленной морфологии; 11-14 Золоторудные месторождения: 11-средние, 12-мелкие; 13 - Проявления золота, 14 - Пункты минерализации

2.3. Геологическая характеристика Герфед-Николаевской рудной зоны

Герфед-Николаевская рудная зона, протянувшаяся на 25 км (при ширине до 1,5 км) в субмеридиональном направлении, расположена в восточном крыле Татарского куполовидного поднятия и приурочена к переходной зоне между присводовой и периферической его частями /113/. В металлогеническом плане она входит в Партизанский рудный узел Южно-Енисейского рудно-россыпного района Центрально-Енисейского золотоносного пояса, являющегося металлогеническим таксоном I порядка Енисейского кряжа. Она соответствует зоне разлома Мейстера и трассирует контакт кординской и пенченгинской свит (рис. 2.5), являющийся структурно-литологическим и геохимическим барьером на пути золотоносных гидротерм. Высокая тектоническая активность этой зоны способствовала образованию здесь мощных зон дробления, смятия и рассланцевания, благоприятных для проникновения рудоносных растворов. К Герфед-Николаевской зоне приурочены золоторудные объекты – месторождения Герфед, Николаевское, Партизанское, а так же проявления Верхне-Удереysкое, Дорожное, Боровое (рис. 2.5).

2.3.1. Геологическое строение Герфедского рудного поля

Герфедское рудное поле расположено в южной части Герфед-Николаевской рудной зоны в истоках р. Бол. Мурожная захватывая ее левый и правый борт. Оно включает в себя месторождения Герфед и Партизанское (рис. 2.6), границей между которыми служит долина р. Бол. Мурожная. Площадь месторождения Герфед – 0,8 км²; площадь Партизанского месторождения – около 0,6 км². Общая площадь Герфедского рудного поля оценивается в 2,5-3 км².

В геологическом разрезе отчетливо выделяются две метаморфизованные толщи: нижележащая вулканогенно-терригенная (верхнепенченгинская подсвита) и вышележащая существенно черносланцевая (кординская свита). Граница этих толщ, являющаяся геохимическим, литологическим и структурным «барьером», во многом определяющим характер и размещение золотого оруденения /125/.

Структура рудного поля (рис. 2.6) определяется общим моноклиналим залеганием пород, падающих на восток под углами 30-60°. Рудовмещающие толщи вытянуты в субмеридиональном направлении, слабо дислоцированы, зачастую смяты в дисгармоничные слабовыраженные складки. Сланцеватость присутствует во всех литологических разностях пород и имеет СВ ориентировку. Она проявлена, как в сланцах, где практически совпадает со слоистостью (0-10°), так и в метавулканитах. На участках ее максимального развития метавулканиты приобретают сланцеватый облик и порой неотличимы от обычных сланцев. Тектонические дислокации представлены преимущественно зонами дробления, смятия, трещиноватости, ориентированными согласно напластованию пород. Горными работами установлены разломы сдвигового характера субширотного направления с амплитудой смещения десятки метров.

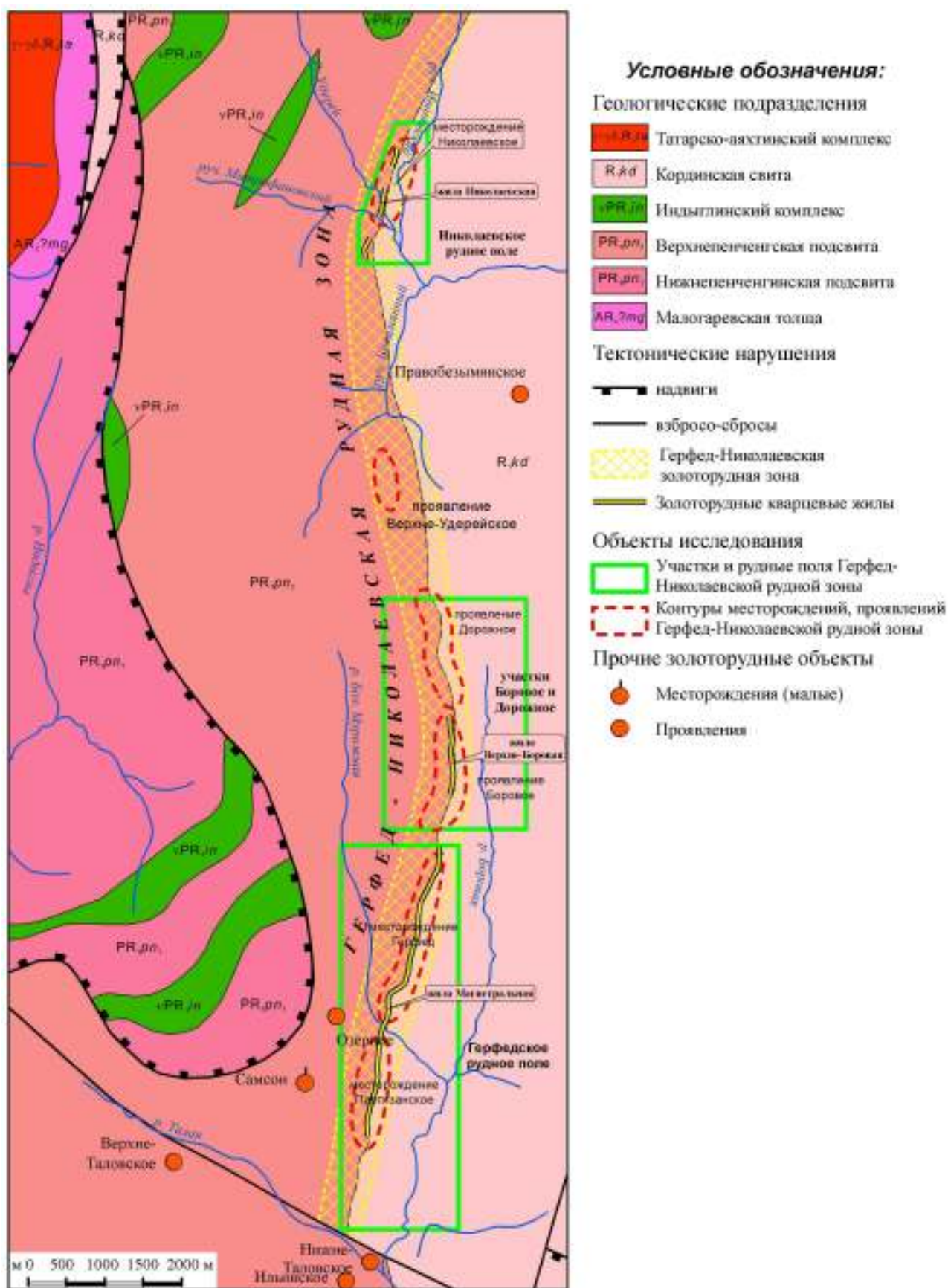
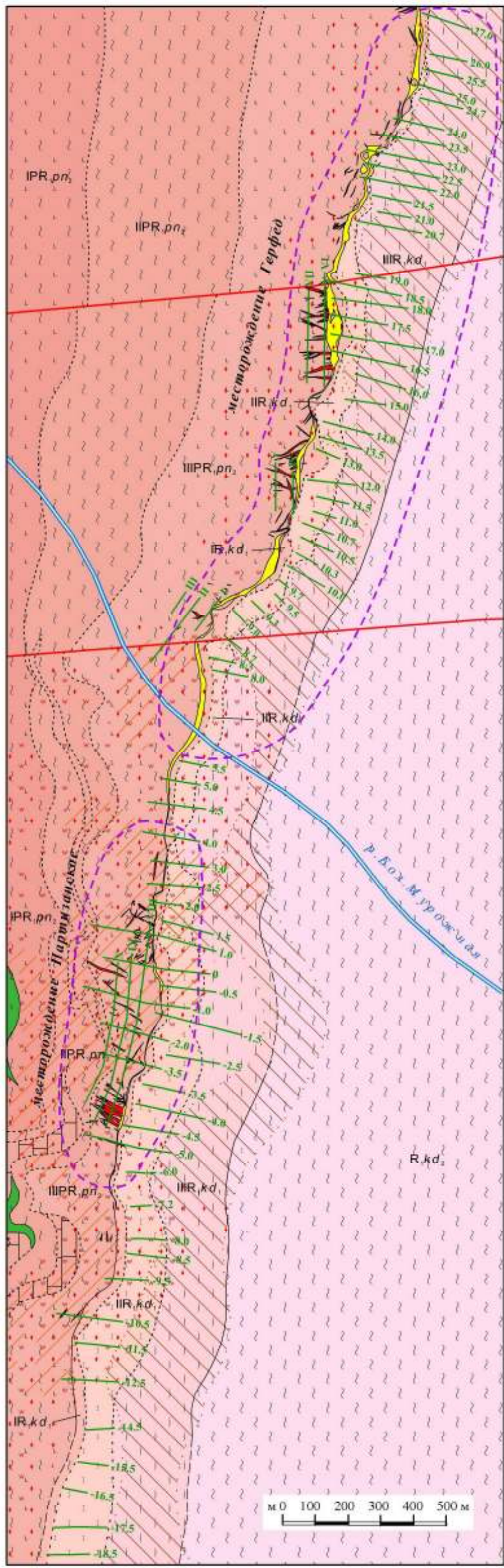


Рис. 2.5. Схематическая геологическая карта Герфед-Николаевской рудной зоны.



- Условные обозначения:**
- Кординская свита, средняя подсвита
 - R, kd_2 Филлиты кварц-серицит-хлоритовые, сланцы биотит-хлорит-серицит-кварцевые, метавулканолиты
 - Кординская свита, нижняя подсвита
 - $III R, kd_1$ Пачка III глинистые и алевроито-глинистые сланцы
 - $II R, kd_1$ Пачка II углеродистые сланцы
 - $I R, kd_1$ Пачка I переслаивание филлитов и углеродистых сланцев
 - Индыглинский субвулканический комплекс
 - PR, in Субвулканические тела (силлы, дайки) ортоамфиболитов по габброидам
 - Пенченгская свита, верхняя подсвита
 - $III PR, pn_1$ Пачка III чередование филлитов, кварц-серицит-хлоритовых сланцев и метавулканитов основного состава
 - $II PR, pn_1$ Пачка II филлиты кварц-серицит-хлоритовые, нередко углеродистые, линзы кварц-серицит-карбонатных сланцев и мраморизованных известняков
 - $I PR, pn_1$ Пачка I чередование филлитов, кварц-серицит-хлоритовых сланцев и метавулканитов основного состава
 - Литологические разности пород
 - углеродистые сланцы
 - глинистые сланцы
 - филлиты, сланцы кварц-серицит-хлоритовые
 - метавулканиты
 - чередование филлитов и метавулканитов
 - переслаивание филлитов и углеродистых сланцев
 - карбонатные породы, кварц-карбонат-серицитовые сланцы, известняки
 - Кора выветривания
 - Метасоматические изменения
 - Карбонатизация
 - Окварцевание
 - Сульфидизация
 - Кварцевые жилы
 - Жила Магистральная
 - Оперяющие жилы
 - Границы
 - геологических подразделений
 - а) достоверные, б) предполагаемые
 - литологических разностей
 - а) достоверные, б) предполагаемые
 - зон метасоматоза и кор выветривания
 - а) достоверные, б) предполагаемые
 - Тектонические нарушения
 - установленные горными и буровыми работами
 - нарушения сдвигового характера
 - Разведочные линии и их номера
 - Контуры месторождений

Рис. 2.6. Геолого-поисковый план Герфедского рудного поля

Верхнепенченгинская подсвета локализована в западной части Герфедского рудного поля (рис. 2.6) и представлена здесь тремя литологическими пачками (мощностью 150-500 м). Средняя пачка сложена сланцами кварц-хлорит-серицитовыми (филлитами), нижняя и верхняя пачки – представлены чередованием филлитов и метавулканитов. В средней пачке выделяются линзовидные прослои (мощностью до 100 м) преимущественно известковистых пород (известняки, доломиты) и кварц-серицит-карбонатных сланцев.

Собственно филлиты это темно-серые, зеленовато-серые мелкозернистые породы, в разной степени рассланцованные, сложенные слабоориентированным агрегатом кварца и альбита с рассеянными в нем зернами кальцита, иногда образующего короткие линзочки, подчеркивающие сланцеватость породы. Сланцеватость имеет кососекающую к слоистости ориентировку. Полосчатый облик филлитов обусловлен чередованием слоев алеврито-песчаного, хлоритового, карбонатного и углеродистого материала, переходы между которыми постепенны. Вдоль первичной слоистости местами отмечаются невыдержанные кварц-пиритовые прожилки (рис. 2.7), вблизи которых присутствуют ромбовидные порфиробласты карбоната (рис. 2.8). Кливаж сечет слоистость и является более ранним по отношению к этим прожилкам. Вещественный состав филлитов варьирует в широких пределах и представлен (в %): серицитом 3-60, кварцем 3-60, хлоритом 20 (до 60-80), углеродистым веществом 2-15, карбонатом 0-60, ильменитом 1-5.

Слоистые углеродисто-карбонатные филлиты представлены чередованием слоев (1-2 см) существенно карбонатного состава с примесью обломочного кварца и крупных чешуек графита. Они имеют более светлую, чем филлиты, окраску, интенсивно рассланцованы под углом 30-35° к слоистости. Интенсивный ложный кливаж привел к частичной перекристаллизации и переориентировке пластичных минералов (карбонатов и глинистого вещества). В пустотах растяжения кое-где образуются идиоморфные метакристаллы доломита с углеродистым веществом в центральной части (рис. 2.9). В составе пород резко преобладает карбонатная составляющая – 50-70%. На втором месте находится хлорит – от 5 до 40%. Кварц и альбит в сумме составляют около 25% при преобладании альбита.

Метавулканиты представлены андезитовыми порфиритами и туфолавами. Андезитовые порфириты (рис. 2.10) имеют микропорфировую структуру. Фенокристаллы (до 1 мм) представлены довольно свежим полисинтетически сдвойникованным андезином (An_{30-35}), расположенным в неясномикролитовой основной массе, где кроме плагиоклаза присутствуют кварц и хлорит. Встречаются единичные зерна рутила. Туфолавы (рис. 2.11) это хлоритизированные и карбонатизированные эффузивы с раздробленными порфиробластами альбита (0,7 мм), редко, доломита, иногда оруденелые (рис. 2.12). Основная масса – тонкозернистый (0,03 мм) агрегат альбит-хлоритового состава. Встречаются прожилки кварц-альбитового и мусковит-карбонатного составов мощностью (1,5-2,5 мм) субсогласные слоистости.



Рис. 2.7. Прожилки кварца – серо-белое в сериците – пестрое. Черное – рудный минерал. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф. Г 292/43,1. Ник.+. Ув.60^x.



Рис. 2.8. Метакристаллы карбоната (доломит) – порфиоровые выделения в серицитолите – основная масса. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 327/78,9. Ник.+. Ув.90^x.



Рис. 2.9. Распределение углеродистого вещества в метакристаллах карбоната и по трещинам – черное, основная масса – серицитолит. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 327/78,9. Ник.П. Ув.60^x.



Рис. 2.10. Реликты альбитового состава порфиорового облика в хлоритизированном метавулканите (основная масса) пенченгинской свиты. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 449/36.3. Ник.П. Ув.42^x.



Рис. 2.11. Грубо рассланцеванная существенно альбитовая (серовато-белое) порода (аполава), черное – углеродистое вещество и рудные минералы. Месторождение Герфед. Полированный шлиф Г-8. Ник.П. Ув.25^x.

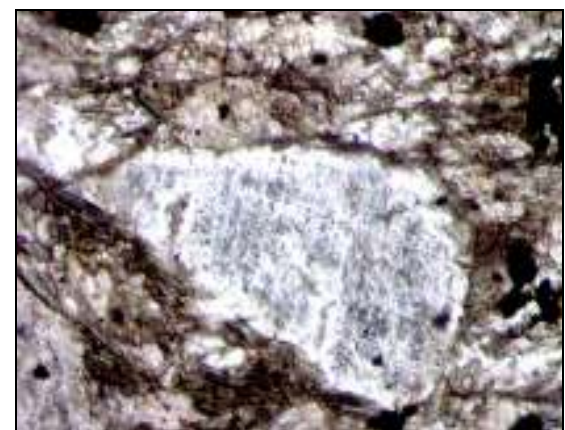


Рис. 2.12. Обломок сосюритизированного альбита в центре в хлорит-карбонатном агрегате (туфолава). Черное – рудные минералы. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 326/51,2. Ник.П. Ув.85^x.

Среднестатистический минеральный состав пород верхнепенченгинской подсвиты: кварц – 41%, карбонаты – 25%, хлорит – 22%, альбит – 5%, рутил – 2%, мусковит – 2%, рудные минералы (сульфиды, магнетит, ильменит) – 2%, акцессории (актинолит, апатит, тремолит, турмалин) в сумме составляют около 1%. Химический состав метавулканитов верхнепенченгинской подсвиты, также как и минералогический ее состав довольно разнообразен (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Химический состав метавулканитов.

	По материалам Тенешева, 2006 г	Г-14 (10 м от жилы Магистральная), Г-17405 (5 м от секущей жилы)
SiO ₂	37,0–59,0	35,14-44,15
TiO ₂	1,5-2,5	1,62-2,57
Al ₂ O ₃	8,9-12,5	13,16-11,33
Fe ₂ O ₃	10,7-15,0	13,22-15,93
FeO	6,0-8,0	10,86-12,66
MnO	0,2-0,3	0,33-0,21
CaO	4,6-7,3	9,15-6,92
MgO	3,5-6,2	8,2-4,77
Na ₂ O	1,9-2,4	1,8-2,98
K ₂ O	0,8-1,3	1,42-0,66
P ₂ O ₅	0,8-1,2	0,16-0,28
S	2,2-3,1	0,22-0,7
CO ₂	6,3-9,3	13,61-9,57
П.п.п.	7,5-13,5	15,49-9,95

В соответствии с петрографическим кодексом /63/ метавулканиты следует относить к отряду основных вулканогенных пород, подотряду нормально щелочных пород, семейству базальтов, виду ферро-базальтов. По коэффициенту железистости это метабазаальты – базальтовые порфиристы. Основность этих пород иногда снижается до основности андезитовых порфиритов.

Кординская свита развита на восточном фланге рудного поля и представлена своей нижней и частично средней подсвитами.

Нижняя подсвита в пределах рудного поля имеет трехчленное строение (рис.2.6). В низах разреза, на контакте с пенченгинской свитой залегает прерывистая невыдержанной мощности (0-20 м) пачка переслаивающихся филлитов кварц-серицит-хлоритовых и углеродистых сланцев. Переслаивание не ритмичное, мощность прослоев от первых мм до 20 см. Породы часто метасоматически проработаны, сульфидизированы. Выше идет пачка углеродистых сланцев пелитовых и алевритовых темно-серого до черного цвета с тонкими прослоями более светлоокрашенных глинистых и алевритоглинистых сланцев слабо обуглероженных. Переслаивание не ритмичное, мощность прослоев в основном первые см (редко до 30 см). Трещины кливажа имеют субпараллельную слоистости ориентировку, а на участках интенсивного рассланцевания

они расположены под большим (30-35°) углом к слоистости. Для углеродистой толщи характерна высокая степень лимонитизации пород в виде пропитки гидроокислами железа по слоистости и наличие субсогласных прожилков и слоев пирита. Мощность пачки 50-100 м. В верхней части разреза выделяется пачка (150-200 м) сложенная преимущественно глинистыми и алевритоглинистыми сланцами с тонкими (первые см) прослоями углеродистых сланцев. Породы пропитаны гидроокислами железа (лимонитизация, гематитизация). Для пачки глинистых сланцев характерно развитие мощной глинистой коры выветривания (свыше 50 м)..

Текстура пород нижнекординской подсвиты полосчато-параллельно слоистая, плейчатосланцевая, структура – микрогранолепидобластовая, бластоалевропелитовая, бластопелитовая. Общая мощность нижней подсвиты в пределах Герфедского рудного поля 250-300 м. Характерным является отсутствие базальных горизонтов кординской свиты, представленных на других площадях метапесчаниками, метагравелитами и метаконгломератами. Это говорит в пользу тектонического контакта между пенченгинской и кординской свитами (разлом Мастера).

Средняя подсвита в пределах Герфедского рудного поля представлена преимущественно филлитами кварц-серицит-хлоритового состава и реже биотит-хлорит-серицит-кварцевыми сланцами алевритистыми до метаалевролитов. Редко отмечаются прослои углеродистых сланцев. В пределах рудного поля вскрывается 150-200 м нижней части разреза подсвиты.

Основными породами нижнекординской подсвиты являются углеродистые сланцы. Это черные, обычно тонкослоистые породы с чередованием маломощных (0,1-4 мм) слоев кварц-хлорит-серицитового и углеродистого состава со светлыми слоями алеврито-песчаного состава (рис. 2.13). Обычно это агрегат, состоящий из тонкозернистой (до 0,1 мм) массы кварца, углеродистого вещества и альбита. Углеродистое вещество в черных слоях представлено густой вкрапленностью неправильных угловатых комочков, часто почти изометричных форм размером до 0,01 мм. Они располагаются в виде цепочек непрозрачных агрегатов в срастании с тонкими зернами хлорита. Черные прослои в отдельных образцах занимают более 50% объема. Углеродистые выделения подчеркивают сланцеватость и микроплейчатость породы (рис. 2.14).

Минеральный состав углеродистых сланцев варьирует в широких пределах. Кварц-альбит-хлорит-серицитовые слои характеризуются резкими колебаниями содержаний кварца, альбита, серицита (3-60%), углеродистое вещество в них достигает 15%. Основа таких светлых слоев представлена гранобластовыми зернами кварца и альбита погруженными в хлорит-серицитовую массу. Размеры зерен 0,005-0,05 мм. Иногда кварц и альбит группируются в микропрожилки мощностью до 0,2 мм, где размер зерен альбита и кварца растет к их центральной части. Серицитовые и хлоритовые листочки образуют прерывистые лентовидные скопления по сланцеватости, длиной до 1 см при мощности до 0,05 мм. В составе кварц-альбит-хлорит-серицитовых прослоев изредка встречаются иголки бурого турмалина (до 0,2 мм), появление

которых связано с резким уменьшением углеродистого вещества и нарастанием доли серицита. С турмалином в осветляющихся прослоях наблюдается и тонкая рудная минерализация. Набор рудных минералов достаточно типичен и представлен пиритом и рутилом. Эпизодически к ним присоединяются пирротин и халькопирит. Содержание сульфидов и рутила в целом незначительно, однако рутил встречается практически постоянно. Степень сланцеватости углеродистых сланцев различна. Слабо сланцеватые породы состоят преимущественно из углеродистого вещества с кварцевыми пятнами и линзочками (до 1-2 см), обогащенными тонкой ксеноморфной вкрапленностью пирита (рис. 2.15, 2.16). Часто породы разбиты лестничной системой трещин кливажа, по которым наблюдаются микросдвиги вдоль реликтовой слоистости и диагонально к ней. При этом полые микротрещины выполнены агрегатом углеродистого вещества (рис. 2.14) или халцедона. С увеличением интенсивности деформаций углеродистых филлитов происходит их осветление за счет концентрации углеродистого вещества в просечках и микротрещинах и за счет появления тонкозернистого мусковита (серицита) и увеличения доли хлорита (рис. 2.16, 2.17). Вследствие сложного кливажа, серицит ориентирован не вдоль первичной слоистости, а поперек, что приводит к образованию ложных «столбиков» поперек слоистости (рис. 2.18).

Сильно перемятые разности (филлониты) имеют в замках плейков полости, выполненные идиоморфными кристаллами пирита (до 2-3 мм), или их скоплениями в оторочке крупнозернистого кварца (рис. 2.16). Очень сильно перемятый углеродистый сланец несет следы нескольких этапов деформации: а) общее смятие породы с образованием плейчатости; б) возникновение жилков и гнезд кварц-пиритового состава; в) последующее смятие, которое привело к совместной деформации породы и жилков.

Для пород нижней пачки характерно развитие тонких (0,1-0,2 мм, до 0,6 мм) кварц-альбитовых микропрожилков с четкими границами, ориентированных по направлениям сланцеватости (рис. 2.16). Размеры зерен кварца обычно возрастают от контактов к центру микропрожилков. Иногда вместо микропрожилков встречаются линзовидные кварц-альбитовые с серицитом выделения, также располагающиеся по сланцеватости, обычно кулисообразно. Кварц и альбит в них часто гранулированы (рис. 2.17). Размеры линз до 1,3 мм, а гранул – до 0,15 мм.

Усредненный минеральный состав пород нижнекординской подсвиты, несмотря на значительные колебания содержаний основных компонентов, представлен (в %): кварцем – 40, серицитом – 25, хлоритом – 25, альбитом – 5, карбонатами – 3, рутилом – 2. Характерно наличие довольно крупных (до 1 см) гипидиоморфнозернистых, или аллотриоморфнозернистых кристаллов пирита, с невыдержанными крустификационными оторочками из шестоватого альбита или карбоната. Эти кристаллы часто ситовидны с многочисленными включениями хлорита, альбита и серицита, сохраняющими первичную ориентировку. Усредненный химический состав пород кординской свиты (21 проба) на месторождение Герфед /114/ приведен в таблице 2.2.

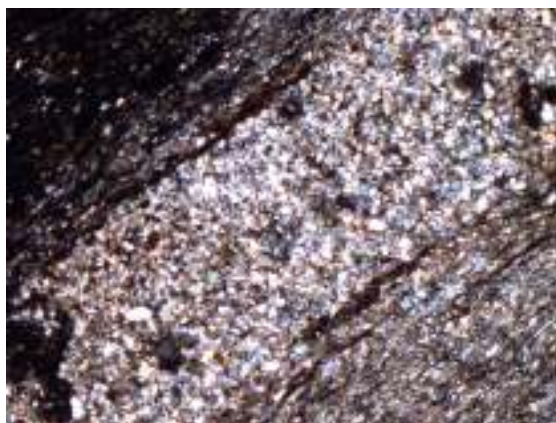


Рис. 2.13. Тонкослоистый углеродистый микросланец (кординская свита). Углеродистый прослой слева, алевритистый прослой в центре, кварц-хлорит-серицитовый прослой справа внизу. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 291/16. Ник.+. Ув.95^x.



Рис. 2.14. Строение углеродистого прослоя в тонкослоистом микросланце (кординская свита). Углеродистое вещество (черное) равномерно распределено по сланцеватости, но концентрируется в просечках. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 350/82,9. Ник.П. Ув.130^x

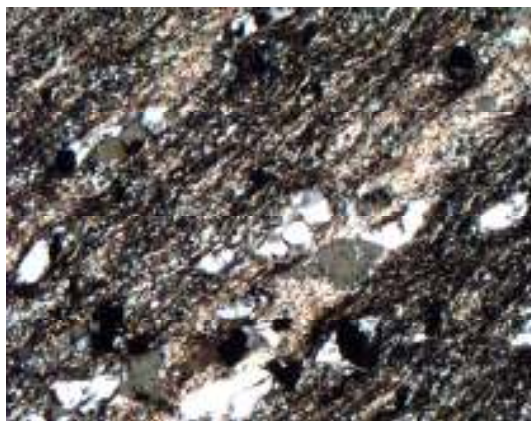


Рис. 2.15. Кварц-альбит-серицитовый сланец (кординская свита). Белое и серое – кварц-альбитовые выделения по сланцеватости. Цветное яркое – серицит. Черное – углеродистое в-во, черное в кварце – рудные минералы. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 292/25,4. Ник.+. Ув.60^x.

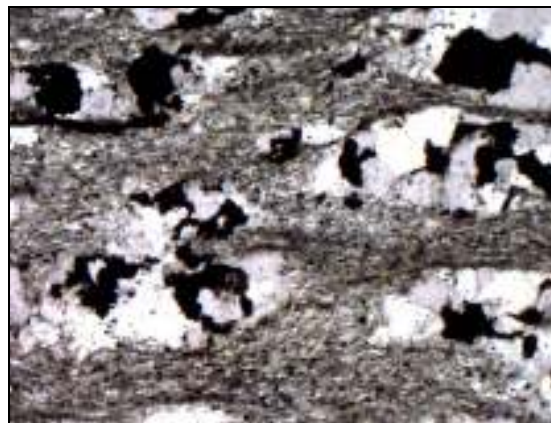


Рис. 2.16. Кварц-хлорит-серицитовый филонит с пирит-альбит-кварцевыми линзовидными включениями. Белое и серо-белое – кварц и альбит, черное – пирит. Основная масса – серицит-хлоритовый агрегат с углеродистым веществом. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 661/11. Ник.П. Ув.25^x.

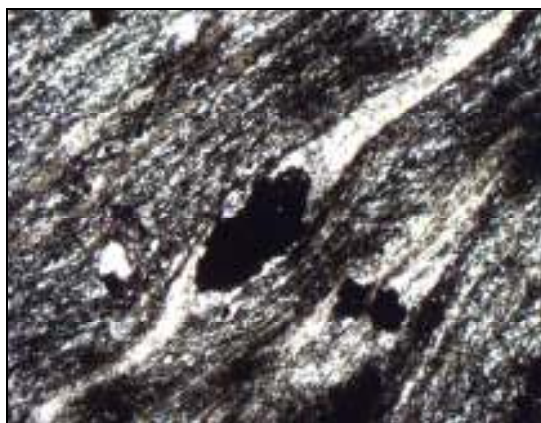


Рис. 2.17. Альбит-хлорит-серицитовый сланец (кординская свита). Белое – альбит-серицитовые линзовидные по сланцеватости выделения, черное в них – рудный минерал. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 292/25,4. Ник.П. Ув.65^x.

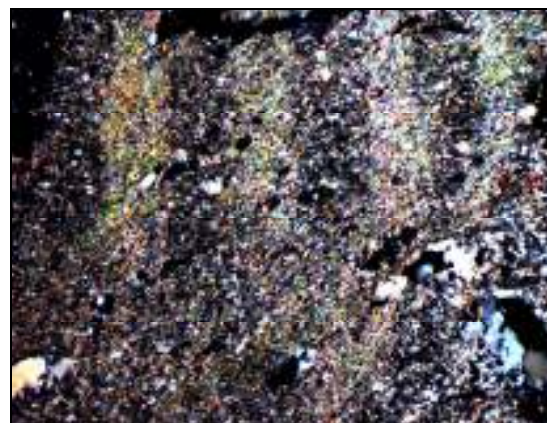


Рис. 2.18. Серицитизация углеродистого сланца по микротрещинкам наложенного кливажа – пестрое. Черное – углеродистое вещество, белое кварц и альбит. Месторождение Герфед. Прозрачный шлиф Г 399/91,8. Ник.+. Ув.90^x.

Таблица 2.2

Средний химический состав пород кординской свиты по Г.А. Середенко, 1987 г.

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	CO ₂	п.п.п.
46,32	0,65	29,51	12,20	0,63	0,38	0,10	0,31	0,79	1,30	0,06	-	0,10	7,65

На границе двух свит в субмеридиональном направлении прослеживается система кварцево-жильных образований – жила Магистральная и система оперяющих жил (рис. 2.6). Развитие кварцевых жил происходило вдоль тектонической зоны (разлом Мейстера) за счет интенсивной гидротермально-метасоматической проработки субстрата обеих свит. Все разности пород верхнепенченгинской и кординской свиты на расстояние 150-300 м от жилы Магистральной в разной степени затронуты гидротермально-метасоматическими изменениями. Однако наиболее интенсивно метасоматические процессы проявились в пачке метавулканитов пенченгинской свиты, где локализована система оперяющих золото-кварцевых жил. Изменения пород обусловлены, в основном, действием углекислого, сернистого и щелочного метасоматоза /125/.

Углекислый метасоматоз наиболее ранний и наиболее широко и интенсивно проявленный. Он привел к интенсивной, весьма неравномерной карбонатизации пород, характерной особенностью которых является широкое развитие порфиробласт магнезиально-железистого и железистого карбоната ромбической формы (сидерит, анкерит). Самым поздним и слабо проявленным был щелочной (калиевый) метасоматоз, обусловивший возникновение мусковита (до 10%). Сернистый метасоматоз занимает промежуточное положение и привел к возникновению в породах сульфидной арсенопирит-пирротин-пиритовой минерализации /125/. Золотое оруденение в метасоматитах приурочено к пачкам метавулканитов, в которых установлены зоны густого тонкого кварцевого прожилкования, сопровождаемого сульфидизацией различной интенсивности и состава (пирит, арсенопирит, пирротин). Жильно-прожилковая кварцевая минерализация представлена сгруппированными, разноориентированными тонкими (3-5 мм) кварцевыми прожилками и жилами (10-15 см). Сульфидная вкрапленная минерализация имеет более широкий ореол распространения нежели окварцевание пород. Точечная, редкая вкрапленность пирита и пирротина встречается по всей вскрытой скважинами толще пород пенченгинской и кординской свит. Наиболее интенсивная пирротин-пирит-арсенопиритовая прожилково-вкрапленная минерализация пространственно сопряжена с участками развития кварцевых прожилков и жил.

Карбонатизация, окварцевание и сульфидизация пород кординской свиты зафиксирована на большем удалении от жилы Магистральной в южной части рудного поля, нежели в северной. **Это говорит о расширении ореола метасоматических изменений в южном направлении.**

Площадная кора выветривания наиболее интенсивно развита по пачке глинистых сланцев, где до глубины 50-100 м происходит почти полная глинизация исходного субстрата иногда с

сохранением текстурно-структурных особенностей исходных пород. Для остальных разностей пород развитие коры выветривания ограничивается более мелкими глубинами (10-20 м). Линейная кора выветривания развита вдоль разлома Мейстера и носит фрагментарный характер в экзоконтактах жилы Магистральной до глубины 320 м. За счет почти полного выноса щелочей (Na, K), частичного выноса железа, разложения карбонатов (Ca, Mg), потери CO₂, в коре выветривания повышается количество глинозема и кремнезема /125/.

2.3.2. Геологическое строение Николаевского рудного поля

Николаевское золоторудное месторождение находится в истоках р. Удерей, правого притока р. Каменка (рис. 2.19) и имеет площадь – 0,3 км².

Николаевское золоторудное месторождение, как и месторождение Герфед, приурочено к Герфед-Николаевской рудной зоне, располагаясь в ее северной части (рис. 2.1 и 2.5).

В геологическом строении рудного поля принимают участие метаморфизованные вулканогенно-осадочные образования верхнепенченгинской подсвиты (PR₁pn₂) раннего протерозоя и существенно черносланцевые породы кординской свиты (R₁kd) раннего рифея (рис. 2.19). Граница этих толщ, как и на месторождение Герфед, является геохимическим, литологическим и структурным «барьером», контролирующим размещение золотого оруденения /125/.

Вмещающие оруденение породы имеют моноклинальное залегание с субмеридиональным простиранием (Az=15-350°) и восток-юго-восточным падением под углом 30-50°. Пликативные нарушения представлены участками мелкой слабовыраженной дисгармоничной складчатости, в результате чего падение пород варьирует до восток-северо-восточного. Дизъюнктивные дислокации развиты более широко и представлены зонами дробления и вторичного рассланцевания, преимущественно субмеридионального направления.

Главным тектоническим нарушением является разлом Мейстера, который представляет собой зону мощностью 30-50 м интенсивно трещиноватых катаклазированных брекчированных пород вдоль контакта кординской и пенченгинской свит. За счет высокой проницаемости среды эта зона подверглась интенсивной гидротермально-метасоматической проработке субстрата обеих свит, что привело к образованию крупных золотоносных кварцевых жил (жила Николаевская) и штокверка мелких сульфидно-кварцевых и кварц-карбонатных прожилков в висячем и лежащем боку Николаевской жилы. В пределах Николаевского рудного поля разлом Мейстера имеет субмеридиональное направление с падением на восток-юго-восток под углом 30-70°.

Выше по разрезу (в 70-100 м), и в целом параллельно зоне Мейстера, выявлена тектоническая зона более низкого порядка (рис. 2.19), которая представляет собой зону (8-20 м) сильно перемятых и дезинтегрированных пород, по которой до глубины 200 м развита линейная кора выветривания. Падение зоны совпадает с падением пород (30-40°).

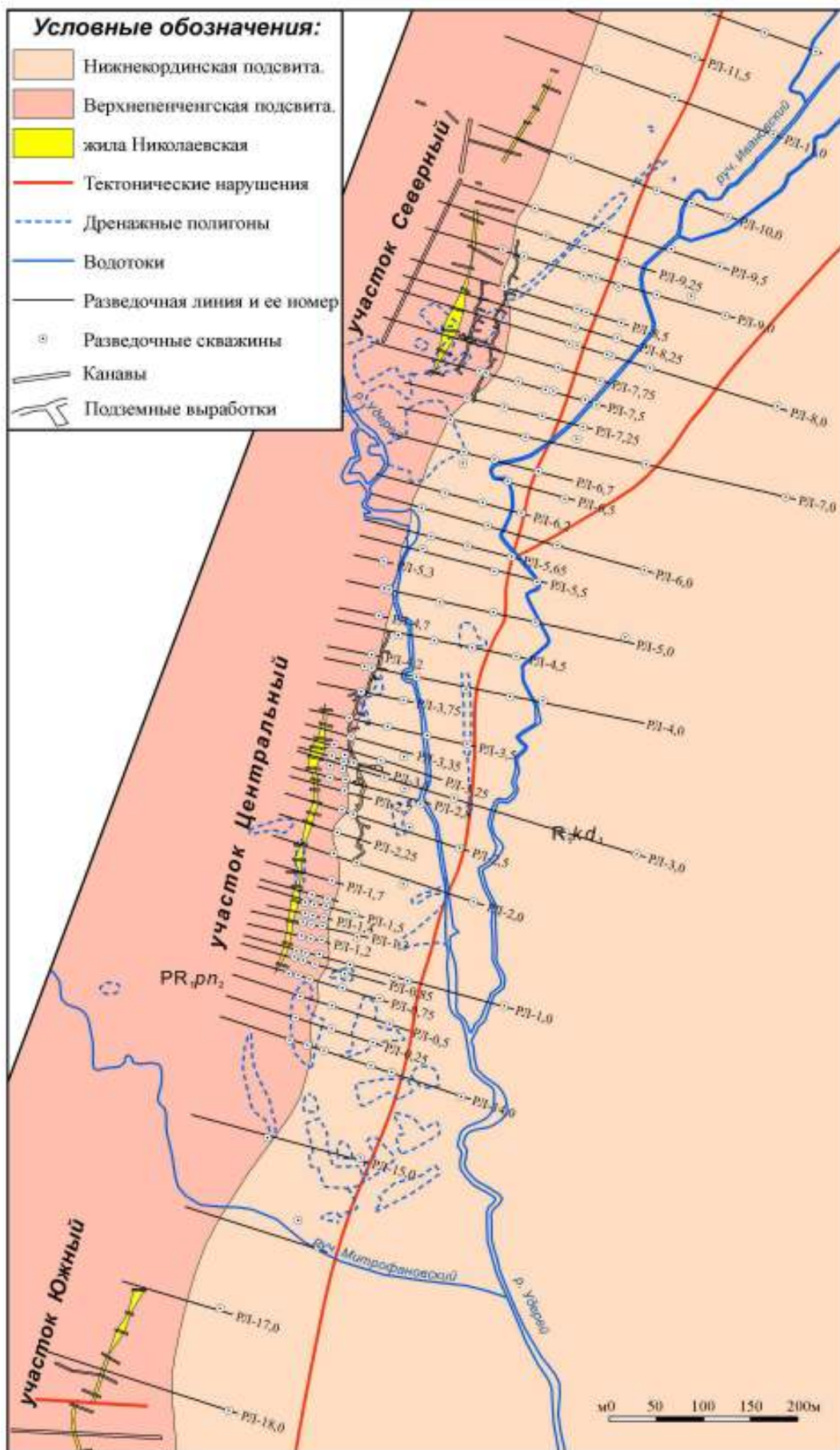


Рис. 2.19. Геологоразведочный план Николаевского золоторудного поля по результатам доразведочных работ (И.П. Еремичев, 2008).

В пределах Николаевского рудного поля известен ряд мелких малоамплитудных пострудных нарушений, имеющих различные направления и угол падения плоскости сместителя, по которым отмечаются смещения рудоносных кварцевых жил в пределах дециметров и первых метров. Трещины ориентированы субпараллельно к жильным образованиям, преимущественно вдоль лежачего контакта жилы. **Наличие широкого возрастного диапазона тектонических дислокаций в пределах зоны Мейстера говорит о ее долгоживущем характере.**

В пределах Николаевского рудного поля активно развита трещинная тектоника. При анализе структурных замеров трещин, сланцеватости и элементов залегания золотоносных кварцевых жил устанавливается прямая связь, позволяющая сделать вывод, что ориентировка кварцевых жил в целом совпадают со сланцеватостью вмещающих пород /97/.

Верхнепенченгинская подсвета (PR_1pn_2) локализована в западной части Николаевского рудного поля и является рудовмещающей для золотого оруденения (рис. 2.19). Она характеризуется довольно однообразным литологическим составом, который представлен плотными, однородными, слабо рассланцованными метаморфизованными породами. Различные количественные соотношения породообразующих минералов позволяют выделить на Николаевском месторождении следующие разновидности сланцев: кварц-хлоритовые, кварц-альбитовые, карбонатно-кварцевые, серицит-карбонатно-хлоритовые, кварц-альбит-хлоритовые, кварц-биотит-хлоритовые, хлорит-актинолитовые. Последние обладают структурно-текстурными признаками основных эффузивов, что указывает на их вулканическое происхождение.

Как и на Герфедском рудном поле, на месторождение Николаевском верхнепенченгинская подсвета условно подразделяется на три пачки невыдержанной мощности (десятки метров) различного литологического состава. Нижняя пачка представлена кварц-слюдисто-хлоритовыми сланцами, состоящими из кварца, хлорита, биотита, кальцита и полевого шпата. Характерной особенностью нижней пачки является ее монотонный серо-зеленый цвет различной интенсивности, придающий впечатление однородности состава. Средняя пачка представлена чередованием хлорит-актинолитовых метаэффузивов и кварц-хлоритовых сланцев (филлитов). Пачка в целом характеризуется бедной сульфидной минерализацией (тонкая вкрапленность пирита). Верхняя пачка (рудовмещающая) сложена кварц-хлоритовыми сланцами (филлитами), подвергшимися интенсивной проработке процессами альбитизации, биотитизации и карбонатизации, что привело к образованию кварц-альбитовых, кварц-альбит-хлоритовых, кварц-биотит-хлоритовых, карбонатно-кварцевых и серицит-карбонатно-хлоритовых разновидностей.

Метаэффузивы состоят из тонкочешуйчатой массы хлорита и актинолита с незначительной примесью кварца. Полевые шпаты (альбит) наблюдаются в виде порфирированных выделений (до 1 мм), образуя призмы полисинтетических двойников с корродированными неровными гранями, в которые вросли игольчатые кристаллы актинолита и чешуйки хлорита. Часто плагиок-

лаз почти нацело замещен кальцит-хлоритовым агрегатом. Структура пород порфиробластовая, гранонематобластовая с лепидофибробластовой, микрогранолепидобластовой основной массой. Текстура массивная без какой-либо ориентировки минералов, либо неясносланцеватая. В карбонатизированных разностях отмечаются порфиробласты кальцита (рис. 2.20).

Основные породообразующие минералы филлитов это кварц и хлорит (рис. 2.21), второстепенные – биотит и кальцит. Структура порфиробластовая с гранолепидобластовой основной массой. Текстура сланцеватая, узловатая. Биотит, прежде игравший существенную роль в составе породы, почти нацело замещен хлоритом. Незначительное количество серицита образовалось за счет биотита и плагиоклаза, который присутствует, как в составе основной массы, так и в виде крупных порфирированных выделений, которые тяготеют к приконтактовым с метаэффузивами участкам. Поверхность зерен плагиоклаза серицитизирована, хлоритизирована и, в меньшей степени, карбонатизирована. Филлиты верхней (рудной) пачки это породы преимущественно кварц-полевошпатового состава со значительным количеством хлорита и кальцита (рис. 2.22).

Широкое распространение в отдельных пластах порфиробласт плагиоклаза, их взаимоотношения с основной массой породы, общая амфиболизация и биотитизация, при подчиненном количестве кварца позволяют предполагать, вулканическое происхождение данных пород. Предположительно это базальты и базальтовые порфириты, измененные до хлорит-актинолитовых сланцев, с реликтами диабазовой или порфирированной структур.

Кординская свита (R_1kd) на площади месторождения представлена своей нижней подсвитой и распространена в восточной его части (рис. 2.19). Ее литологический состав характеризуется своей однообразностью, в связи с чем расчленение носит весьма условный характер.

В низах разреза залегает, так называемая, «переходная пачка» невыдержанной мощности (5-15 м), представленная переслаиванием филлитов и углеродистых сланцев /97/. Выше залегает пачка углеродистых филлитов темно-серых неотчетливо слоистых. Слоистость обусловлена вариациями углеродистого вещества, что выражено чередованием более темных и более светлых прослоев. Вверх по разрезу отмечается снижение количества углеродистого вещества и углеродистые сланцы постепенно сменяются пачкой (до 50 м) метаритмитов, представленных чередованием тонких слоев глинистого и алевролитоглинистого состава с углеродистым веществом. Верхнюю часть разреза венчает однородная толща филлитизированных глинистых сланцев темно-серых (за счет углеродистого вещества), интенсивно рассланцованных и трещиноватых. Глинистые сланцы интенсивно выветрелые до состояния глиноподобной массы, иногда сохраняя реликты первичной текстуры. Повышенная трещиноватость связана с взаимосекущей ориентировкой сланцеватости и кливажа, по плоскостям которых порода разбита на тонкие плитки. В целом для всех разностей пород характерен общий состав, представленный тонким агрегатом зерен кварца, серицита и углеродистого вещества, с примесью карбонатов.

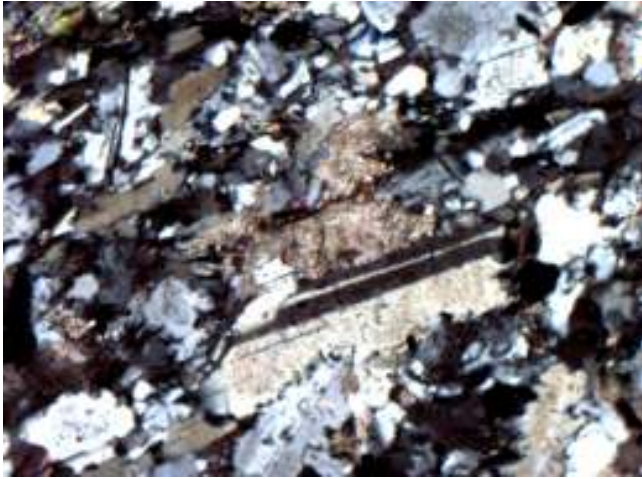


Рис. 2.20. Карбонатизированный метаэффузив (пенченгинская свита). Альбит – серое и белое, карбонат – бурое. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40^x.

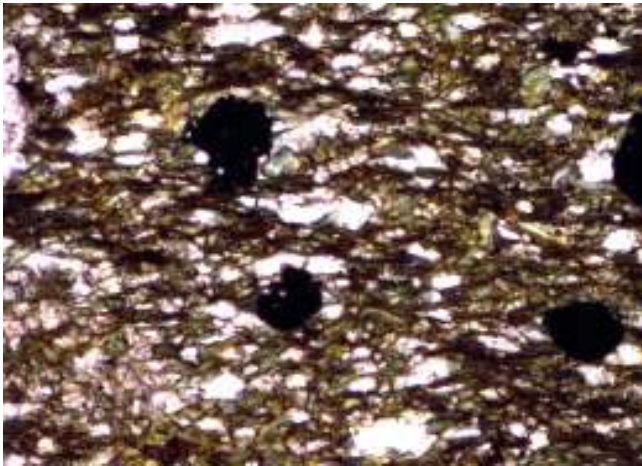


Рис. 2.21. Кварц-хлоритовый сланец (пенченгинская свита). Кварц – белое, хлорит – коричневое, рудный минерал – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник II. Ув.40^x.

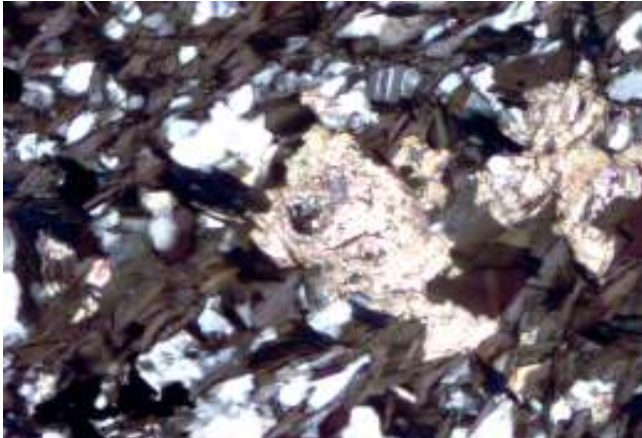


Рис. 2.22. Метазерна кальцита (в центре) в альбит-кварц-хлоритовом метасоматите (пенченгинская свита). Хлорит – зеленое, альбит и кварц – серо-белое. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40^x.



Рис. 2.23. Углеродистый филлит (кординская свита). Углеродистое вещество – черное, кварц – белое, бурое – хлорит. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник II. Ув.40^x.

Углеродистые филлиты представлены ритмичным чередованием тонких (от 3 до 5 мм) слоев, обогащенных или обедненных углеродистым веществом, что обусловлено реликтовой слоистостью. Углеродистые слои более тонкозернисты, содержат в незначительных количествах зерна кварца, альбита и чешуйки серицита и хлорита (рис. 2.23). В них хорошо проявлена кристаллизационная сланцеватость с субпараллельным расположением минеральных агрегатов. Осветленные слои почти лишены углеродистого вещества и содержат значительное количество кварца, альбита и серицита. Светлые слои отвечают составу алевролита и содержат кристаллы карбонатов и пирита. Преобладание светлых прослоев превращает углеродистые филлиты в серую и темно-серую породу алевритового облика. В такой породе присутствует рассеянный идиоморфнометазернистый пирит, причем наиболее крупные его зерна приурочены к тонкозернистым углеродистым слоям. Содержание серицита в породе изменчиво, вследствие сложного квиважа он ориентирован не вдоль первичной слоистости, а поперек.

Нижняя часть свиты (до 100 м) насыщена пиритом и пирротинном. Интенсивность сульфидной минерализации нарастает к подошве свиты по мере приближения к рудоносным жилам.

На месторождении широко распространены жильные породы. Наиболее крупным жильным телом является жила Николаевская, локализованная в тектонической зоне Мейстера вдоль контакта кординской и пенченгинской свит. Большое количество мелких прожилков штокверкообразно рассекают вмещающие жилу породы со стороны ее висячего и лежащего боков. Внутри жилы Николаевской так же отмечаются многочисленные жильные образования, сложенные сахаровидным кварцем более поздней генерации. Эти жильные образования по составу и времени образования являются аналогами оперяющих жил Герфедского рудного поля.

2.3.3. Рудопроявления Герфед-Николаевской рудной зоны

Рудопроявления Доружное и Боровое расположены между Герфедским и Николаевским рудными полями и представляют собой единую слабо золотоносную минерализованную зону на водоразделе верховий рек Бол. Мурожная, Боровая и руч. Безымянного на контакте кординской и пенченгинской свит. Центральное место в этой зоне занимает жила Верхне-Боровая, расположенная в 1,5 км севернее северного окончания жилы Магистральной, и являющаяся, по сути, ее северным продолжением. Открыта она в 1950 г Герфедской экспедицией треста «Енисейзолото». В 1957 г., а затем в 1961-62 гг. Б.Е. Шелеховым /97/ был выполнен комплекс геологоразведочных работ с целью ее промышленной оценки. В 2002-2006 гг. силами Ангарской ГРЭ ОАО «Красноярская горно-геологическая компания» проводились геолого-поисковые работы в Партизанском рудном узле /125/, в том числе и на участках Доружное и Боровое. Здесь, для проверки вторичных ореолов, было пройдено 3 буровых профиля (рис. 2.24). В итоге было выявлено проявление Доружное, являющиеся северным продолжением проявления Боровое.

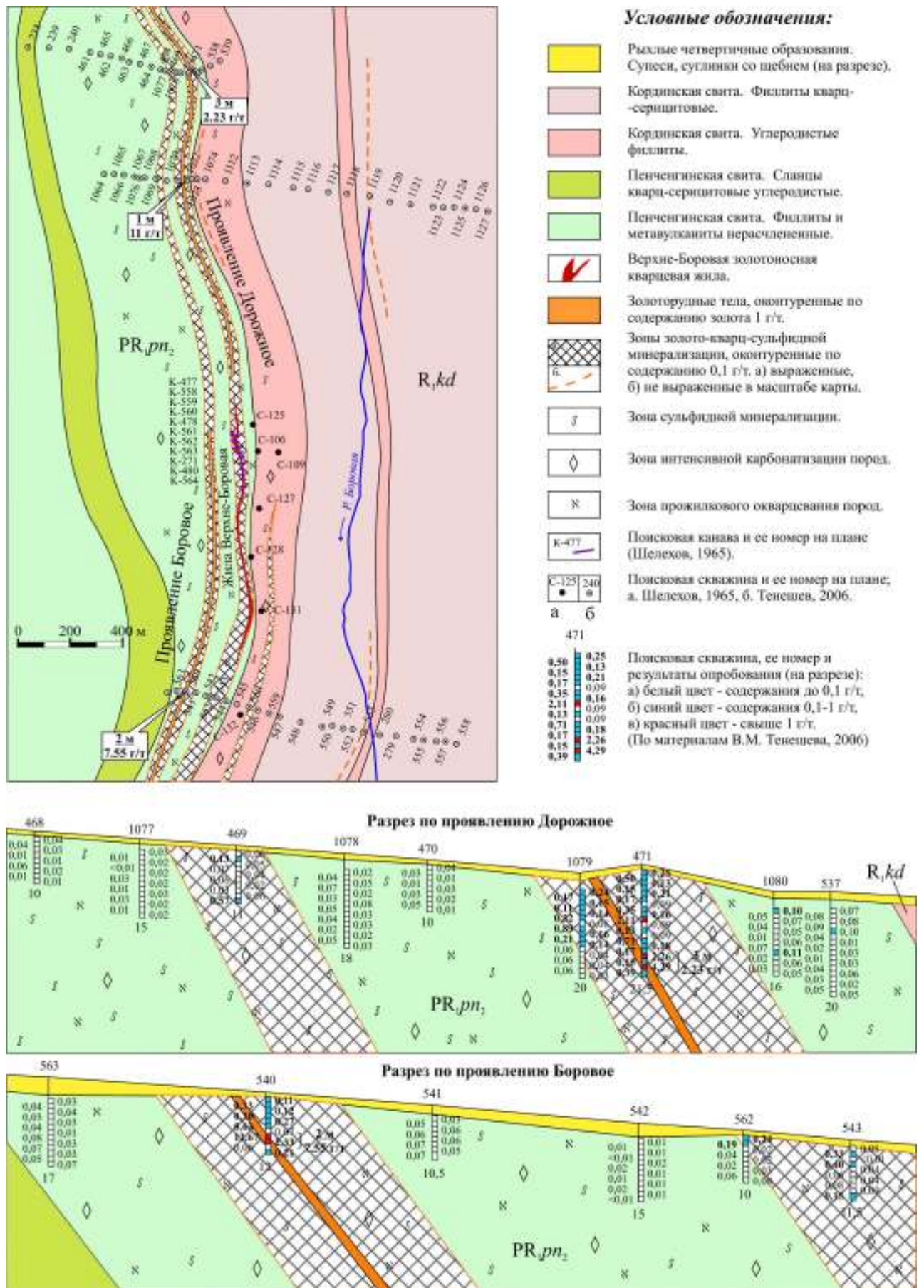


Рис. 2.24. Геолого-поисковый план и разрезы по проявлениям Боровое и Дорожное. По материалам поисковых работ (Тенешев, 2006 и Шелехов, 1965).

Проявления Боровое и Дорожное, как и месторождения Герфед и Николаевское, локализованы вблизи контакта верхнепенченгинской и кординской свит, располагаясь в более компетентных породах верхнепенченгинской свиты (рис. 2.24). Простираение пород субмеридиональное с падением на восток под углом порядка 40-60°. Пенченгинская свита представлена филлитами и метавулканитами, кординская – сланцами кварц-хлорит-серецитовыми и кварц-серецитовыми с прослоями метапесчаников и горизонтами углеродистых сланцев (50-200 м).

На контакте двух свит (преимущественно в пенченгинской свите) интенсивно проявлен гидротермальный метасоматоз – сульфидизация, карбонатизация и тонкое кварцевое прожилкование пород. Ширина зоны метасоматически измененных пород /125/ достигает 0,4 км. В метавулканитах и филлитах проявлена кварц-карбонатная и арсенопирит-пирротин-пиритовая прожилково-вкрапленная минерализация различной интенсивности, хорошо проявленная в геофизических полях /125/. Области гидротермального метасоматоза характеризуются проявлением более высокой интенсивности пликативных и дизъюнктивных дислокаций (трещиноватость, катаклаз, микроскладчатость).

В метасоматитах выявлено /125/ 2 горизонта повышенной (свыше 100 мг/т) золотоносности, так же ориентированные субсогласно контакту пенченгинской и кординской свит. Нижний горизонт мощностью 15-30 м расположен в 120-180 м от этого контакта, а верхний мощностью 25-30 м – в 10-40 м от него. В пределах обоих горизонтов выявлено по одному рудному телу мощностью 1-3 м с содержаниями золота свыше 1 г/т (максимальное значение 12,67 г/т). Оба рудных тела сложены рудными метасоматитами – прожилково-вкрапленными окисленными рудами с более высокой степенью окварцевания и сульфидизации, чем вмещающие породы.

Золотоносная кварцевая жила Верхне-Боровая, локализованная внутри верхнего рудоносного горизонта, является продуктом наиболее высокой стадии метасоматоза. При протяженности порядка 800-900 м (рис. 2.24), мощность жилы варьирует от десятков сантиметров до 27 м, составляя в среднем 7 м. На глубину она прослежена до 135 м от поверхности. Залегание жилы субсогласное с вмещающими ее филлитами и метавулканитами. В отношении контакта свит, она то приближается к нему на расстояние до 10 м, то удаляется на 50-и метровое расстояние. В северном направлении жила Верхне-Боровая выклиниваясь, переходит в рудное тело проявления Дорожное, сложенное рудными метасоматитами (рис. 2.24). Все это подтверждает как то, что проявления Боровое и Дорожное являются единой рудной зоной, так и то, что **кварцевая жила и рудные метасоматиты являются продуктом единого рудного процесса**. Жила Верхне-Боровая сложена /97/ мелкозернистым сахаровидным кварцем серого цвета, часто ноздревато-пористым с гнездами и прожилками средне- и крупнозернистого кварца. Пористость обусловлена выщелачиванием карбонатов и, в меньшей мере, сульфидов. Сульфидная минерализация очень бедная и выражена мелкой и редко рассеянной вкрапленностью пирита, пирротина и

халькопирита, редко, магнетита. Золотое оруденение бедное, в отдельных бороздовых пробах содержания золота колеблется от 1,0 до 25,0 г/т. Промышленных запасов в жиле поисковыми работами /97/ не выявлено.

Верхне-Удере́йское проявление открыто в 1948 г и расположено на водоразделе ручьев Прав. и Лев. Безымянка (правые истоки р. Удере́й). В 1949-1950 гг. на месторождении были проведены поисково-разведочные работы /102/, в результате которых были выявлены кварцевых жилы Магнитная-1, Магнитная-2, Барановская и Соседняя в различной степени золотоносные, а в 1959-64 гг. проведены разведочные работы /97/.

В геологическом строении рудопроявления принимают участие образования пенченгинской свиты, представленные кварц-хлоритовыми и кварц-биотит-хлоритовыми сланцами. В отличие от всех других золоторудных объектов Герфед-Николаевской рудной зоны, проявление Верхне-Удере́йское локализовано на значительном (порядка 300 м) удалении от контакта пенченгинской и кординской свит. Золоторудная минерализация приурочена к 4-м кварцевым жилам ориентированным субсогласно напластованию пород и образующим единую жильную зону. Жилы сложены мелкозернистым кварцем с обильной вкрапленностью магнетита, в связи, с чем проявление отнесено к золотокварцевой формации, магнетитовому пирит-арсенопиритовому минеральному типу /97/.

Наиболее золотоносной и изученной является жила Магнитная-1, прослеженная по простиранию канавами на 150 м, а на глубину двумя глубокими шурфами и тремя скважинами до глубины 90 м от поверхности. Она имеет субмеридиональную ориентировку с падением на восток под углом 45-60°. Мощность колеблется от 0,3 до 3,5 м, средняя – 1,6 м.

Наиболее высокие концентрации золота отмечены при опробовании кварцевых жил с поверхности в канавах (до 34 г/т). Результаты по скважинам более скромные, возможно, это связано с низким выходом керна и его избирательным истиранием. В целом, содержание золота в жиле Магнитная-1 варьирует от 1,0 до 34,2 г. Основные рудные минералы – магнетит, пирит, арсенопирит, золото. Золото мелковкрапленное, мелкогнездовое, размер гнезд до 5 мм. Характерной отличительной чертой этого оруденения является обильная вкрапленность магнетита.

Ввиду слабой золотоносности жил и незначительных их размеров рудопроявление признано непромышленным /97/.

3. ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ

Золотое оруденение Герфед-Николаевской рудной зоны локализовано в трех морфологически и литологически различных образованиях – 1) метасоматических кварцитах (жилы Магистральная и Николаевская), 2) оперяющих и «лестничных» жилах, 3) рудных метасоматитах.

3.1. Метасоматические кварциты.

Жила Магистральная является главным рудным телом месторождения Герфед, уходя на юг далеко за его пределы и через все месторождение Партизанское (рис. 3.5 и 3.6). Горно-буровыми работами она прослежена по простиранию на 5,0 км, по падению – на глубину 430 м от поверхности. Простирание жилы СВ 10-20°, падение на восток-юго-восток 30-85°. По падению и простиранию жила не оконтурена. В южном направлении она постепенно выклинивается, в северном – обрывается довольно резко. По морфологическим особенностям жила подразделяется на две части – Северную (Герфед) и Южную (Партизанское).

На месторождении Герфед жила Магистральная представлена единым пластинообразным телом значительной (от 5 до 60 м, преимущественно 10-20 м) мощности с небольшими апофизами и линзовидными включениями метасоматически измененных филлитов и метавулканитов. Протяженность единого тела (севернее р. Бол. Мурожная) – 2,5 км. Отмечается некоторое расширение жилы на северном крае за счет значительных по мощности линзовидных включений метасоматитов. Так же для северной части характерна более частая встречаемость мелких апофизов жилы. Снижения мощности жилы с глубиной не отмечено. В разрезе жила имеет пластинообразную форму с крутыми коленообразными изгибами, раздувами и пережимами. Угол падения жилы варьирует на отдельных участках от субвертикального до субгоризонтального, составляя преимущественно 50-60°. В целом, можно отметить выполаживание жилы с глубиной на 15-20° и в направлении с севера на юг – на 15-20°. Коленообразные изгибы характеризуются либо снижением, либо увеличением мощности жилы. В ортах видно, что контакты жилы резкие, чаще не параллельные друг другу (расхождение 10-15°). Местами жила пересекается пострудными субширотными нарушениями, по которым смещается в восточном направлении на 15-30 м /113/. На северном окончании жилы Магистральной отмечается ее расщепление на несколько линзообразных ветвей протяженностью до 200-250 м.

Золотоносность жилы неравномерная линзовидно-гнездовая. Поперечные размеры таких гнезд 2-13 м. Протяженность, вероятно, в 2-3 раза превышает мощность. Отмечаются как полностью рудные, так и полностью пустые пересечения жилы буровыми скважинами. Наиболее продуктивными являются места коленообразных перегибов и раздувов жилы. Так же наиболее высокие мощности рудных гнезд и концентрация в них золота характерны для центральной части жилы, где к ней со стороны всяческого бока примыкает большое количество оперяющих

жил. Содержание золота в рудных пересечениях варьирует от фоновых значений до 18-20 г/т. Отмечаются отдельные пробы с содержаниями от 35 до 142 г/т.

Характер золотоносности жилы Магистральной отражен в таблице 3.1.

Таблица 3.1.
Процентное соотношение проб по классам содержаний в рудных жилах

Классы содержаний (г/т)	Жила Магистральная					
	Месторождение Герфед (157 скважин)		М-е Партизанское (75 скважин)		Всего (232 скважины)	
	кол-во проб	%	кол-во проб	%	кол-во проб	%
<0,8	1927	80,0	347	82,6	2274	80,4
0,8-0,99	70	2,9	7	1,7	77	2,7
1,0-2,39	190	7,9	32	7,6	222	7,8
2,4-3,99	78	3,2	8	1,9	86	3,0
4,0 и более	145	6,0	26	6,2	171	6,1
ИТОГО	2410	100,0	420	100,0	2830	100,0
Классы содержаний (г/т)	Оперяющие жилы					
	Месторождение Герфед (114 скважин)		М-е Партизанское (131 скважина)		Всего (245 скважин)	
	кол-во проб	%	кол-во проб	%	кол-во проб	%
<0,8	483	92,4	719	79,3	1202	84,1
0,8-0,99	8	1,5	27	3,0	35	2,4
1,0-2,39	15	2,9	66	7,3	81	5,7
2,4-3,99	6	1,1	28	3,1	34	2,4
4,0 и более	11	2,1	66	7,3	77	5,4
ИТОГО	523	100,0	906	100,0	1429	100,0

На месторождении Герфед для жилы Магистральной характерна ее сплошность (непрерывность), значительные вариации мощности и резко изменчивый угол падения (от 0 до 90°). Распределение золота крайне неравномерно. Характерным является так же наличие довольно значительного числа проб с двузначными и трехзначными содержаниями металла.

На *месторождении Партизанском*, южнее р. Бол. Мурожная, жила Магистральная распадается на серию маломощных (первые метры) прерывистых сближенных линзовидных тел, которые на отдельных участках полностью выклиниваются. Фрагменты жилы прослежены на 2 км к югу от долины р. Бол. Мурожная. Далее она, по всей видимости, выклинивается полностью. Линзы простой пологоизвилистой формы, часто «слепые» – не выходящие на поверхность. Линзовидные жильные тела выклиниваются как по простиранию, так и по падению. Протяженность их по падению составляет 100-200 м, по простиранию – от 100 до 600 м. Мощность варьирует в основном в диапазоне 1-10 м (редкие раздувы до 16 м). Отмечается до 6-и линзовидных тел на сечение. Все они локализованы как на контакте кординской и пенченгинской свит, так и ниже, в породах пенченгинской свиты на расстоянии до 50 м от контакта. Простирание линз близкое к субмеридиональному, с падением на восток под углом 30-50°. Коленообраз-

ные изгибы отмечаются редко. Интервалы, на которых линзовидные жильные тела выклиниваются полностью, составляют от 50 до 400 м.

Золотоносность жильных тел слабая – одиночные пробы с содержанием до 4-9 г/т. Более высокие концентрации металла здесь характерны для околожильных метасоматитов – до 35,9 г/т. Наиболее продуктивные участки жилы Магистральной приурочены к областям интенсивного развития оперяющих жил в ее висячем и лежащем боку. Здесь концентрации золота в отдельных пробах возрастают до 11-12 г/т.

Для южной части жилы Магистральной характерно расщепление жилы на ряд маломощных (до 10 м), большей частью не протяженных (100-600 м) линз, часто не выходящих на поверхность. Жилы имеют простую линзовидную форму и довольно выдержанный угол падения 30-50°. Золотоносность жилы слабая не промышленная.

Сравнивая северную и южную части жилы Магистральной, можно отметить (табл. 3.1) их близкую продуктивность и степень неравномерности золотого оруденения. Однако за счет малых мощностей жилы в южной части рудного поля, продуктивные пробы редко группируются в рудные интервалы, а чаще встречаются разрозненно, образуя рассеянную минерализацию.

Жила Николаевская – основное рудное тело Николаевского месторождения. Горно-буровыми работами она прослежена по простиранию на 1700 м, по падению – до глубины 350 м от поверхности (протяженность по падению до 480 м). Простирание жилы северо-восточное 10-20°, падение ВЮВ. Залегание, в целом, согласное с вмещающими породами. Фрагментарно отмечается более крутое падение жилы по отношению к вмещающим породам. Углы падения жилы варьируют в пределах 30-70°. Контакты жилы с вмещающими породами четкие, резкие, нередко сложной ломаной конфигурации, обусловленной тектоническими деформациями. В северном и южном направлении она, по всей видимости, выклинивается.

Жила Николаевская, как и жила Магистральная, локализована в породах пенченгинской свиты. Однако, в отличие от жилы Магистральной, приуроченной непосредственно к контакту кординской и пенченгинской свит, Николаевская жила локализована в 10-40 м ниже его по разрезу. Вероятно, это объясняется наличием на этом уровне, литологически наиболее благоприятной для метасоматических преобразований, пачки пород. Проведенный автором детальный анализ внутрижильных и околожильных метасоматитов показал ее приуроченность к контактам сланцеватых пород (филлиты) – висячий бок, и карбонатизированных метаэффузивов основного состава – лежащий бок. Большое количество мелких прожилков штокверкообразно рассекают вмещающие Николаевскую жилу породы со стороны ее висячего и лежащего боков.

В целом жила Николаевская представляет собой пластинообразное, полого изгибающееся субсогласно с вмещающими породами, тело, фрагментарно имеющее четковидные раздувы, с которыми собственно и связана золоторудная минерализация. По морфологии и, главным обра-

зом, рудоносности, жила делится на ряд участков – 3 рудных тела (Центральное-1, Центральное-2 и Северное) и междурудные интервалы.

Основные параметры рудных тел Николаевского месторождения представлены в таблице 3.2. Характер золотоносности жилы Николаевской отражен в таблице 3.3.

Таблица 3.2.
Параметры рудных тел Николаевского месторождения по И.П. Еремечеву, 2008 г.

Рудное тело	Протяженность, м			Истинная мощность, м			Площадь на вертикальной проекции, тыс. м ²	Среднее содержание золота, г/т	
	По простиранию	По падению							
		от	до	средняя	от	до			средняя
Центральное 1	180	5,0	107	56	0,8	8,7	3,3	11,0	4,68
Центральное 2	230	3,0	170	59	0,7	17,2	4,6	19,9	5,3
Северное	230	3,5	200	114	0,9	20	5,0	30,7	6,74

Таблица 3.3.

Процентное соотношение проб по классам содержаний в рудных телах жилы Николаевская

Классы содержаний, г/т	Всего по жиле (177 выработок)		р.т. «Центральное-1» (55 выработок)		р.т. «Центральное-2» (47 выработок)		р.т. «Северное» (46 выработок)	
	кол-во проб	%	кол-во проб	%	кол-во проб	%	кол-во проб	%
<0,8	701	46,5	129	44,6	171	45,4	120	25,6
0,8-0,99	37	2,5	7	2,4	11	2,9	15	3,2
1,0-2,39	242	16,1	50	17,3	74	19,6	66	14,1
2,4-3,99	113	7,5	25	8,7	35	9,3	53	11,3
4,0 и более	413	27,4	78	27,0	86	22,8	215	45,8
ИТОГО	1506	100	289	100	377	100	469	100

На глубоких горизонтах Николаевская жила маломощная (0,5-2 м) пластинообразная, в приповерхностной части (50-100 м до поверхности) имеет рудоносные линзообразные расширения. Все рудные тела приурочены к участкам расширения жилы в ее приповерхностной части. В местах рудоносных раздувов жила характеризуется более сложной, по сравнению с глубокими горизонтами, пластино-, или линзообразной формой с раздувами, пережимами, перегибами и редкими линзовидными включениями метасоматитов (до 2 м). Мощность жилы в местах максимальных раздувов 5-10 м (редко до 17-20 м), по краям и в местах пережимов – 1-4 м.

Углы залегания рудных тел Центральное-1, Центральное-2 и Северное на отдельных участках варьируют в широких пределах 30-75°, в основном, 45-55°. В целом отмечается снижение вариаций угла залегания с глубиной, при сохранении генерального направления 45-55°.

Жила в границах рудных тел характеризуется неравномерным и незакономерным распределением золота, причем промышленные концентрации его чаще приурочены к центральной части жилы. Содержания золота в рядовых пробах варьируют от 0,6 до 9 г/т (реже до 15 г/т). На

центральном участке отмечаются единичные значения – от 24 до 71 г/т. В Северном рудном теле уровень проб с двузначными содержаниями золота (30-64 г/т) значительно выше. Содержания золота на глубоких горизонтах преимущественно фоновые (отдельные пробы до 2 г/т).

Межрудные интервалы имеют протяженность 100-200 м. Для них характерно распадение Николаевской жилы на ряд маломощных (от дециметров до 2-3 м, редко до 7 м) субпараллельных сателлитов слабо извилистой линзовидной, или пластинообразной формы, зачастую не выходящих на дневную поверхность. Основная жила, уходящая на глубокие горизонты, занимает, преимущественно, верхнее по отношению к сателлитам положение. Сателлиты в количестве от 1-го до 5-и локализованы в пределах 30-и метрового интервала ниже основного жильного тела и имеют протяженность по падению от первых десятков до 200 м. Угол залегания жил варьирует от 30 до 60° (в основном 40-45°). Отмечается следующая закономерность – при уменьшении количества жил возрастает их мощность и, соответственно, уровень золотоносности. Маломощные жилы практически не золотоносны. В редких раздувах жил (до 4-7 м) концентрации золота иногда достигают промышленных значений 1-10 г/т. На Северном и Южном флангах выклинивания жилы она имеет простую пологоизвилистую линзовидную, или пластинообразную форму, малую мощность (от дециметров до 1-3 м) и практически не выходит на поверхность (рис. 2.19). Здесь жила практически не рудоносна (0,1-0,3 г/т).

В целом можно отметить, что Николаевская жила имеет сложную морфологию, выраженную в резких колебаниях мощности (от 20 м до полного выклинивания) и вариациях угла залегания (30-75°). По своим размерам она является крупной жилой (1700 x 480 м), разбитой участками пережимов на серию отдельных линз размером до 100-180 м. Причем полное выклинивание жилы в местах пережимов происходит довольно редко, чаще наблюдается снижение ее мощности до первых дециметров. Отсутствие закономерности в чередовании участков раздувов и пережимов жилы в приповерхностной части, говорит о возможном наличии рудоносных раздувов и на глубоких горизонтах, где жила слабо изучена. На глубоких горизонтах отмечаются как раздувы жилы (2,3-3,4 м), так и повышенные содержания золота (до 10 г/т) в ней. Характерной особенностью, как рудных, так и безрудных участков Николаевской жилы, является довольно прямолинейный контакт ее лежащего бока и раздувы в сторону висячего бока.

Распределение золота в пределах жилы носит неравномерный характер. Повышенные его концентрации приурочены, как правило, к раздувам и коленообразным изгибам жилы. Отмечается некоторая не очень отчетливая, но прямая зависимость между мощностью, крутизной изгиба и продуктивностью жилы. Это говорит о том, что **золотоносность жилы напрямую связана со степенью тектонических деформаций среды**. Рассматривая таблицу 4.2 и 4.3, можно отметить, что с юга на север Николаевского месторождения в целом нарастает мощность, протяженность по падению и продуктивность Николаевской жилы.

Анализируя распределение золота в метасоматических кварцитах Герфед-Николаевской рудной зоны, 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%).

3.2. Оперяющие и «лестничные» жилы

Особую группу рудных кварцевых жил в пределах Герфедского рудного поля представляют **оперяющие жилы**. Они расположены в породах лежащего бока жилы Магистральной на всем ее протяжении и примыкают к жиле Магистральной под различными углами.

Все оперяющие кварцевые жилы сходны по своему составу, строению, минерализации и характеризуются следующими признаками:

1. Они локализованы в основном в лежащем боку жилы Магистральная и ограничиваются поверхностью ее висячего бока (секут вмещающие породы и жилу Магистральная, редко распространяясь в ее висячее крыло). Все контакты между жилой Магистральной и оперяющими жилами сливные, постепенные.

2. Отчетливо выделяются две системы оперяющих жил: северо-восточного и северо-западного направления. Жилы СЗ направления, преимущественно, крутопадающие (60-90°), обычно примыкают к жиле Магистральной почти под прямым углом. Жилы северо-восточного направления пологопадающие и примыкают к жиле Магистральная под острыми углами.

3. Жилы имеют как простое, так и сложное разветвленное строение. Отдельные апофизы по направлению резко отличающиеся от направления основной жилы. Мощность жил варьирует от 0,2 до 10,5 м. Всего известно около 200 оперяющих жил, из них 36 мощностью более 1 м.

4. По геофизическим данным ширина зоны оперяющих кварцевых жил в лежащем боку жилы Магистральная составляет 100-300 м. Протяженность кварцевых жил в основном до 70 м, единичные жилы до 100-110 м. Часть этих жил золотоносна.

5. Золотоносность оперяющих жил, как и жилы Магистральная, крайне неравномерная. Содержания металла в керновых пробах достигают 12,6 г/т, единичные значения до 101 г/т. В подземных горных выработках концентрации золота несколько выше. Так по жиле Старая отмечаются содержания в бороздовых пробах 44,6; 45,2; 51,4; 74,1; 295,8; 562,2; 953,2 г/т.

Наиболее изученными являются жилы Старая и Ивановская /113/.

Жила Старая расположена в 230 м на северо-восток от долины р. Бол. Мурожная. На поверхности она вскрыта карьером. Протяженность жилы 50 м. Простирается СЗ 290°, падение на ЮЗ 62°. В кварце часто отмечается видимое золото. Мощность жилы 0,4-1,4 м (средняя 0,61). Содержание золота 1,6-52,0 г/т (до 953,2 г/т). Среднее содержание 9,4 г/т /102/.

Жила Ивановская расположена в 400 м СВ р. Бол. Мурожная и в 170 м от жилы Старая. Простирается жилы СЗ – 310°, падение ЮЗ 60-80°. Общая протяженность жилы 110 м, мощность 1,0-2,5 м (средняя – 1,8 м) /102/. Среднее содержание золота – 14,8 г/т. По валовому опробованию 56,6 т. руды /102/ получено среднее содержание золота – 13,0 г/т.

Так называемые «лестничные» жилы выделяются в пределах жилы Николаевской.

Николаевская жила сложена, в основном, мелкозернистым кварцем серого и темно-серого цвета массивной, часто полосчатой текстуры, который сечется многочисленными прожилками крупнозернистого молочно-белого кварца, ориентированными под разными углами поперек жилы. Эти кварцевые новообразования более поздней генерации получили название «лестничных жил» и по ряду признаков являются аналогами оперяющих жил Герфедского рудного поля. Однако в отличие от Герфедского месторождения, здесь они практически не выходят за пределы Николаевской жилы. Отсутствие крупных самостоятельных оперяющих жил на Николаевском месторождении привело к тому, что они не изучались самостоятельно, а только совместно с жилой Николаевской, что затрудняет характеристику их морфологии и золотоносности.

Крупнозернистый молочно-белый кварц формирует в пределах Николаевской жилы неправильные по форме включения различных размеров (в основном не более 0,5 м по ширине) линзы, гнезда и прожилки, секущие жилу в различных направлениях. Насыщенность жилы Николаевской секущими жилами резко изменчива – от почти полного их отсутствия до 30-50% от общей жильной массы. Распределение таких жил косопоперечное по отношению к контактам Николаевской жилы. Контакты его с метасоматическим кварцем, как правило, неотчетливые. Формы образований, отсутствие следов катаклаза позволяют считать, что друзовидный кварц является наиболее поздним минеральным образованием /130/.

Б.Е. Шелеховым /130/ установлены более высокие концентрации золота в линзах и прожилках молочно-белого крупнозернистого кварца, по сравнению с метасоматическим кварцем.

Сравнивая золотоносность оперяющих и «лестничных» жил с кварцевыми метасоматитами жил Магистральной и Николаевской можно отметить, в целом, более неравномерное распределение золота в оперяющих жилах (табл. 3.1), их меньшую продуктивность, при наличии более высоких рядовых содержаний. В целом, с севера на юг продуктивность оперяющих жил нарастает, что хорошо видно на примере Герфедского рудного поля – пробы с содержанием свыше 1 г/т составляют 17,7% в южной части, против 6,1% – в северной (табл. 3.1).

Ареал распространения оперяющих жил расширяется в южном направлении. На Николаевском месторождении они не выходят за пределы метасоматических кварцитов, на месторождении Герфед ширина их зоны распространения в лежащем боку жилы Магистральной составляет 100-150 м, а на Партизанском месторождении – до 300 м и возможно более.

3.3. Рудные метасоматиты

Как уже было отмечено выше, все разности пород пенченгинской и кординской свит в более чем 300 метровой полосе вдоль разлома Мейстера в разной степени затронуты гидротермально-метасоматическими изменениями. Наиболее интенсивно метасоматические преобразования вмещающих пород проявлены в экзоконтактовых частях жил Магистральной и Николаевской, а так же оперяющих жил. Помимо самих кварцевых жил, именно метасоматиты их экзоконтактовых и внутрижильных зон несут золоторудную минерализацию, и при производстве разведочных работ получили название «рудные метасоматиты». Гидротермально-метасоматические преобразования для рудных метасоматитов выражаются в их сульфидизации (гнезда и прожилки пирротина, пирита, халькопирита) и кварцевом прожилковании. Окварцевание выражено развитием кварцевых прожилков различной мощности, секущих породы во всех направлениях. Кварц также образует гнезда, включения или пропитывает участки сланцев и метаэффузивов. Сульфидная минерализация представлена в виде мелко рассеянной вкрапленности. Степень окварцевания и сульфидизации ослабевает с удалением от кварцевых жил. При этом, как правило, и резко снижается и содержание золота.

На месторождение Герфед рудные метасоматиты развиты преимущественно вдоль лежачего бока жилы Магистральной на расстояние до 5 м от него и во внутрижильных фрагментах. В меньшей степени они проявляются в экзоконтактах оперяющих жил, также в пределах 5 м от контакта. В редких случаях рудная минерализация отмечается на удалении 20-25 м от рудоносных жил. Рудные интервалы длиной 1-4 м с содержаниями золота в рядовых пробах преимущественно 1-4 г/т. Отмечаются отдельные пробы с содержаниями 33; 45; 160 г/т. Наиболее богатый золотом участок в метасоматитах, размером 15x55 м, выявлен в экзоконтакте жилы Старая (орт 201), где содержания золота достигают 50-70 г/т (в самой кварцевой жиле – до 295,8 г/т и 953,8 г/т).

На месторождение Партизанское рудные метасоматиты более продуктивны. Длина рудных пересечений здесь варьирует в пределах 1-8 м. Локализованы они преимущественно на удалении не более 10 м от кварцевых жил. В отличие от Герфедского месторождения, рудные метасоматиты здесь приурочены, преимущественно, к оперяющим жилам. Кроме того, отмечаются самостоятельные зоны золоторудной минерализации в метасоматитах, мощностью до 40-50 м с коэффициентом рудоносности до 0,5-0,6. Содержание золота в рудных интервалах преимущественно 1-4 г/т, редко до 7-8 г/т. Однако на фоне этого нередко отмечаются пробы со значениями от 27 до 177 г/т. В южной части месторождения Партизанское выявлена рудная минерализация в метасоматитах висячего бока жилы Магистральной в породах кординской свиты, что не характерно для Герфедского месторождения. Здесь скважиной подсечена зона золоторудной минерализации мощностью до 20 м с содержаниями золота 1,48-12,7 г/т.

В пределах Николаевского месторождения рудные метасоматиты развиты в экзоконтактовых частях Николаевской жилы, и фрагментарно внутри жилы. Рудные метасоматиты развиваются по метавулканитам основного состава (преобладают в лежащем боку), и филлитами по терригенным породам (преобладают в висячем боку жилы). В большинстве случаев значимые содержания золота ($>0,8$ г/т), фиксируются в призальбандовых частях жилы (0,5-1,5 м от ее контактов), реже – на удалении в 2-3 м. Максимальное расстояние от контакта с жилой, на котором зафиксированы промышленные концентрации золота, составляет 11 м по стволу скважины, или 7 м по нормали. Содержания золота в рядовых пробах колеблются в основном в пределах 0,8-3 г/т, редко отмечаются концентрации 12,6 г/т, 13,3 г/т, и даже 66,2 г/т. Мощность внутрижильных метасоматитов не превышает 5 м. Содержания золота в них варьируют от фоновых значений до 2,1 г/т.

В отличие от Герфедского месторождения, где рудные метасоматиты тяготеют к лежащему боку жилы, для Николаевского месторождения оруденение в равной мере распространено в обоих экзоконтактах жилы. Какой либо связи между морфометрическими параметрами жилы ее продуктивностью и рудными метасоматитами не установлено. Они в равной мере отмечаются в экзоконтактах жил, как на рудоносных, так и на безрудных участках. Однако стоит отметить более частую встречаемость интервалов рудных метасоматитов в Южной части рудного поля (рудное тело Центральное I), где средняя мощность жилы наименьшая (табл. 3.2).

В направлении с севера на юг отмечаются следующие тенденции в вариациях размеров и продуктивности рудных метасоматитов:

1. возрастает мощность рудных метасоматитов: 0,5-1,5 м (Николаевское) – 1-4 м (Герфед) – от 1-8 м до 40-50 м (Партизанское).
2. увеличивается их удаленность от кварцевых жил: 1,5-2 м (Николаевское) – 5-6 м (Герфед) – до 10 м, а так же самостоятельные тела (Партизанское).
3. Увеличивается их продуктивность: 0,8-3 г/т (Николаевское) – 1-4 г/т (Герфед) – 1-4 г/т, до 7-8 г/т (Партизанское).

Таким образом, в южном направлении отмечается расширение зоны гидротермального метасоматоза, и удаление кварцевых жил от метасоматических кварцитов.

4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОРОД И РУД

4.1. Вещественный состав и текстурно-структурные особенности кварцитов и гидротермалитов Герфед-Николаевской золоторудной зоны

К гидротермалитам, которые занимают центральное положение среди метасоматитов Герфед-Николаевской рудной зоны, относится жила Магистральная с секущими оперяющими ее жилами (Герфед и Партизанское) и жила Николаевская (Николаевское).

Жила Магистральная сложена двумя разновидностями кварца: 1) мелкозернистым светло-серым до медово-желтого интенсивно катаклазированным кварцитовидным кварцем; 2) крупно-среднезернистым пятнисто-серо-белым плотным массивным полупрозрачным кварцем с «загрязняющими» включениями реликтовых минералов (хлорит, серицит и др.). В составе жилы присутствует существенное количество карбонатов (от 1-2% до 30%, в среднем 10-15%), в резко подчиненных количествах присутствуют серицит, альбит, турмалин и рудные минералы. 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, милонитизированных 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, ксеноморфные зерна которого вместе с хлоритом занимают промежутки между зернами кварца. Зоны катаклаза и милонитизации совпадающие в целом с простираемием вмещающих толщ, оказались структурами благоприятными для проникновения гидротермальных растворов, метасоматически в разной степени изменивших облик первичных пород. Пропитывание тектонически нарушенных компетентных линз кремнистыми растворами создало кварцитоподобный облик пород, а последующее приоткрывание трещин привело к образованию оперяющих жил и окончательному формированию рудных тел.

Оперяющие жилы, которые подходят к жиле Магистральной со стороны лежащего бока, секут вмещающие породы и саму жилу Магистральную, не распространяясь в ее висячее крыло, сложены только полупрозрачным пятнисто-серо-белым крупно- и среднезернистым кварцем (рис. 4.1) с включениями реликтовых минералов (хлорит, серицит и др.). Эта вторая генерация кварца, наряду с первой кварцитовидной, слагает руды месторождения Герфед (рис. 4.2 и 4.3). Мелкозернистый «сахаровидный» и полупрозрачный гребенчатый кварц распространены незначительно и локально, являясь продуктами катаклаза и перекристаллизации ранних генераций /59/. Вблизи контактов жильный кварц более загрязнен включениями пород. Такие включения сланцев в рудных телах проявляются по направлениям теневой сланцеватости и характеризуются рассеянной вкрапленностью пирита и арсенопирита вдоль ее плоскостей (рис. 4.3).

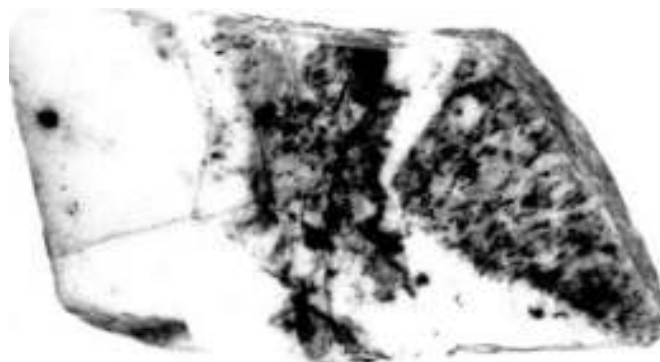


Рис. 4.1. Прожилки белого кварца-II в метасоматическом кварце-I. Черное – сульфиды. Жила Магистральная. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

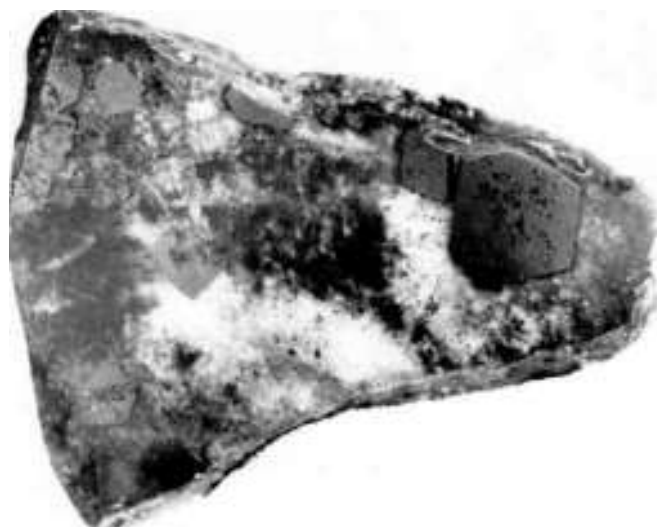


Рис. 4.2. Пятнистая текстура руды. Жила Магистральная. Метакристаллы пирита (вверху) в метасоматите. Полированный штуф. Нат. вел.

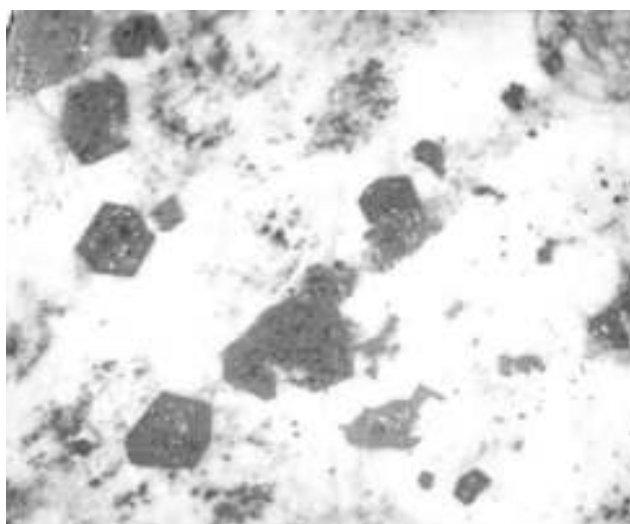


Рис. 4.3. Цепочки метакристаллов пирита (серое) в кварце (белое). Зерна пирита распределяются согласно с направлениями теневой сланцеватости. Вкрапленная текстура. Жила Магистральная. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.



Рис. 4.4. Пятнистая текстура руды. Обособление сульфидов (серое) в белом кварце. Светло-серое – метасоматит. Жила Магистральная. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

Николаевская жила сложена, в основном, мелко-среднезернистым кварцитовидным кварцем-I серого, темно-серого цвета массивной, часто полосчатой текстуры, который сечется многочисленными жилами и прожилками крупнозернистого молочно-белого кварца-II, ориентированными под разными углами поперек жилы. Эти кварцевые новообразования более поздней генерации являются аналогами опережающих жил Герфедского рудного поля. Однако, в отличие от месторождения Герфед, они не выходят за пределы Николаевской жилы, в связи с чем, в ходе разведочных работ самостоятельно не изучались, а только совместно с жилой Николаевской.

Вопрос о текстурно-структурных особенностях руд золоторудных месторождений Енисейского кряжа достаточно подробно был освещен Н.В. Петровской /59/. Одним из очень важных, сделанных ей выводов, является вывод о зависимости состава нерудных минералов в рудных телах от состава вмещающих пород, что позволило рассматривать некоторые нерудные минералы в кварцевых жилах как реликты вмещающих пород, претерпевших перекристаллизацию и переотложение. Накопление новых данных постоянно приводит к пересмотру старых представлений о роли метасоматоза в формировании золоторудных месторождений Енисейского кряжа и роли унаследованной ранней метасоматической минерализации в более поздних гидротермальных процессах выполнения полостей.

Герфедское рудное поле представляет собой яркий пример проявления метасоматической деятельности гидротермальных растворов по мере нарастания интенсивности тектонической деформации среды. Постепенность смены режимов метасоматоза и выполнения пустот и детали такого перехода хорошо проявляются при текстурном анализе руд. Основными наиболее ранними текстурами месторождения являются полосчатые и вкрапленные (рис. 4.3), возникшие в результате замещения вещества вмещающих пород метасоматическими прожилками и метазернами пирита, пирротина или магнетита. Распределение метакристаллов, метазерен и прожилков ранних сульфидов в целом контролируется направлениями слоистости и сланцеватости вмещающих пород (рис. 4.3). Нарастание процесса метасоматоза в целом приводило к преобразованию пород в карбонатно-кварцевые метасоматиты (жила Магистральная и Николаевская) с распределением метасоматических сульфидных прожилков также согласно теневым направлениям слоистости и сланцеватости. Усиление кварцевого метасоматоза способствовало дальнейшему изменению рисунка метасоматитов. Мелкие метасоматические прожилки становятся все более прерывистыми, а мелкие метазерна сульфидов, укрупняясь в размерах, создают пятна и цепочки (рис. 4.2, 4.4, 4.5). Линейность в их распределении утрачивается и становится реликтовой. Совершенно аналогично ведет себя и углеродистое вещество (рис. 4.6). 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. 4.7 и 4.8) и более широким развитием процессов замещения. В текстурном рисунке руд эти процессы отразились:

- в появлении расплывчатых контактов кварцевых метасоматитов и кварцевых прожилков;
- в появлении пятнистых текстур образованных обособлениями белого, почти свободного от включений, кварца, и серого, загрязненного, более раннего кварца;
- в собирательной перекристаллизации пирита и увеличении роли крупных, часто пентагональных метакристаллов.

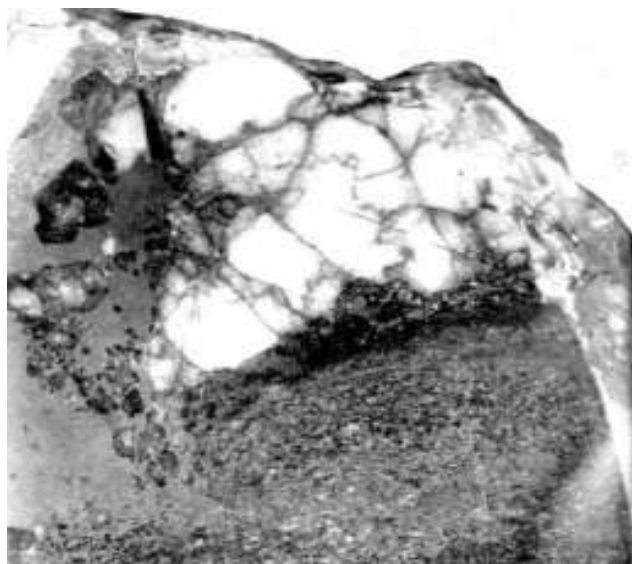


Рис. 4.5. Собирательная перекристаллизация пирротина II – слева серое со значительным укрупнением агрегата на границе кварцевой жилы с сульфидизированным филлитом – темное. Пирротин I внизу и в центре серое. Кварц – белое, в пределах пирротинового агрегата также перекристаллизован – темное слева вверху. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

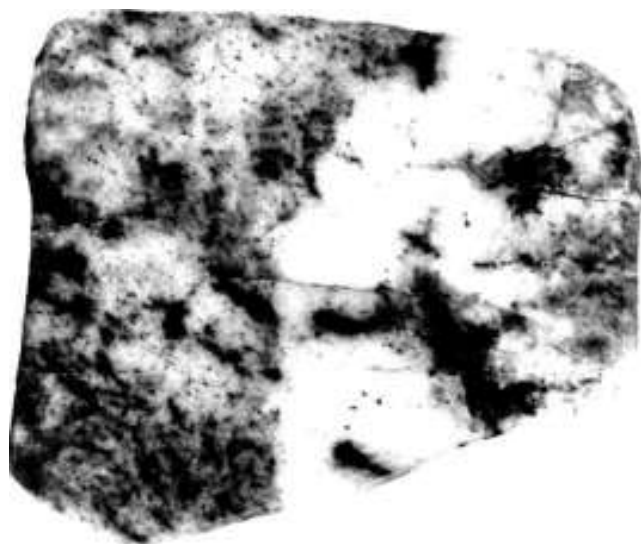


Рис. 4.6. Метасоматический прожилок белого кварца. Сегрегация углеродистого вещества – черное, в кварце – белое. Жила Магистральная. Полированный штуф. Нат. вел.

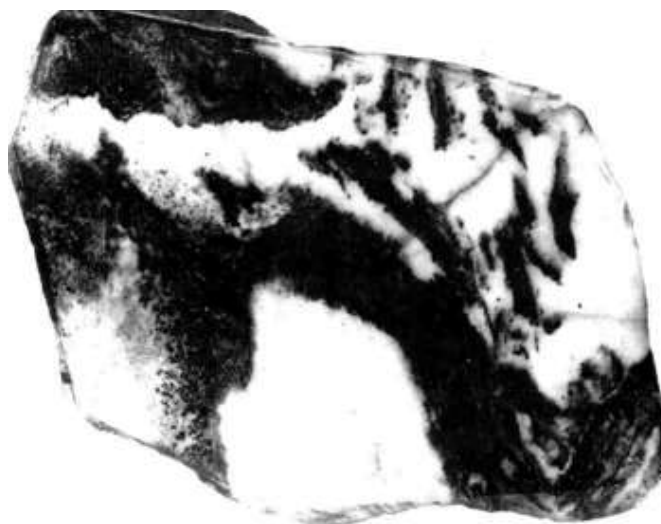


Рис. 4.7. Брекчиевидная текстура руды. Белое – кварц, темно-серое - метасоматит. жила Магистральная. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

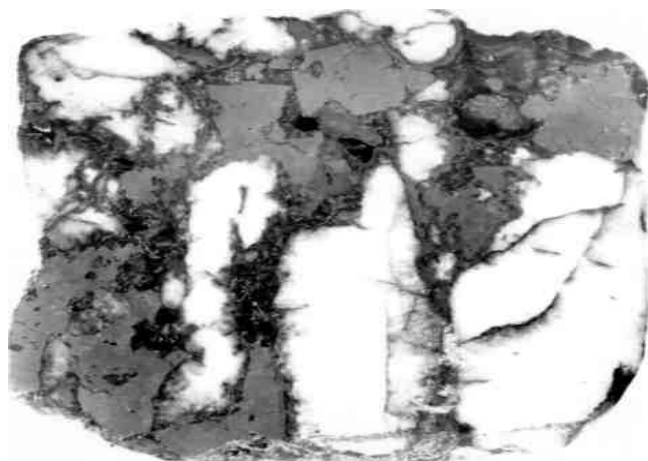


Рис. 4.8. Брекчиевидная текстура руды секущей жилы. Кварц – белое, раздроблен и сцементирован пиритом – серое и переотложенным прозрачным кварцем – темно-серое. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

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) карбонатно-кварцевых жил и прожилков, часто постепенные с кварцевыми метасоматитами (рис. 4.1, 4.6), всегда имеют секущий характер по отношению к вмещающим филлитам (рис. 4.9). Б.Е. Шелехов /97/ отмечает, что поперечные жилы позднего кварца, то выклиниваясь, немного не достигают контакта с жилой Магистральной, то сливаются в стыке с ней и тогда «как бы вытесняют вещество раннего метасоматита». По направлению к контактам с жилой Магистральной величина зерен позднего кварца в оперяющих жилах часто уменьшается, и он становится сливным кварцитовидным гранобластовым, лишь прозрачностью отличаясь от мутно-белого раннего метасоматического кварца.

Мозаичность проявления тектонического воздействия на формирование руд в пределах месторождения Герфед 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. Тем не менее, текстуры секущих жил не несут полосчатости, а отличаются прожилковым, гнездовым и пятнистым рисунком (рис. 4.8, 4.10-12). Интарудные подвижки обусловили наличие брекчиевидных и кокардовых текстур. Отдельные кристаллы сульфидов достигают размера 3,5 см. Наличие свободных полостей при рудообразовании фиксируется также крустификационными текстурами, образованными кварцем и карбонатами.

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.

Чрезвычайно характерен для оперяющих жил и прожилков состав рудных минералов, аналогичный составу их в карбонат-кварцевых метасоматитах. Однако размеры минеральных выделений пирротина, пирита, арсенопирита, сфалерита, халькопирита, блеклой руды, золота в кварце становятся в десятки раз больше и соответственно, встречаемость их в десятки раз реже. Этим обстоятельством, вероятно, объясняется относительно более равномерное распределение золота в кварцевых метасоматитах и резко неравномерное, часто ураганное его содержание в секущих кварцевых жилах.

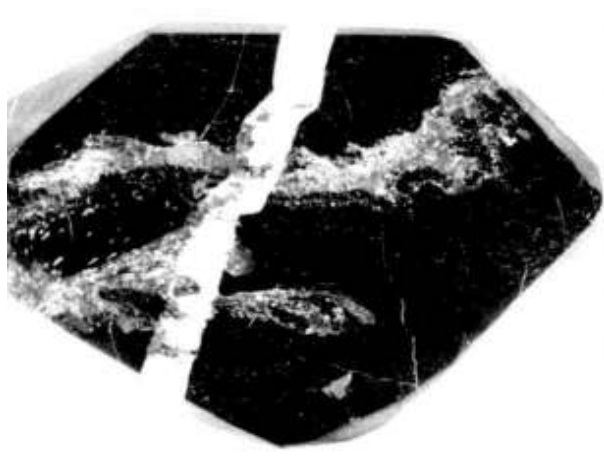


Рис. 4.9. Прожилок, белого кварца пересекающий, более ранние прожилки пирита в углеродистом филлите. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

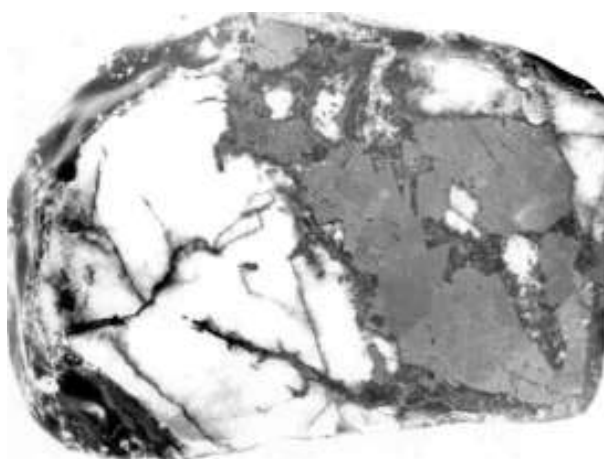


Рис. 4.10. Пятнистая текстура руды секущей жилы. Кварц - белое разбит сетью трещин, по которым проникает пирит - серое. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

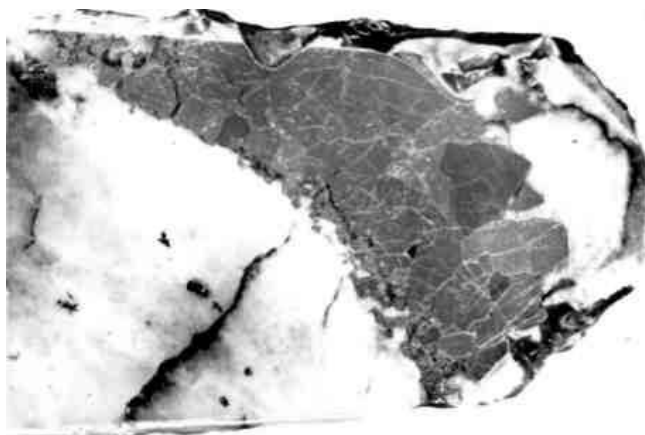


Рис. 4.11. Прожилковая текстура секущей жилы. Кварц - белое, пирит - светло-серое, черное - трещины в кварце выполненные углеродистым веществом и хлоритом. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

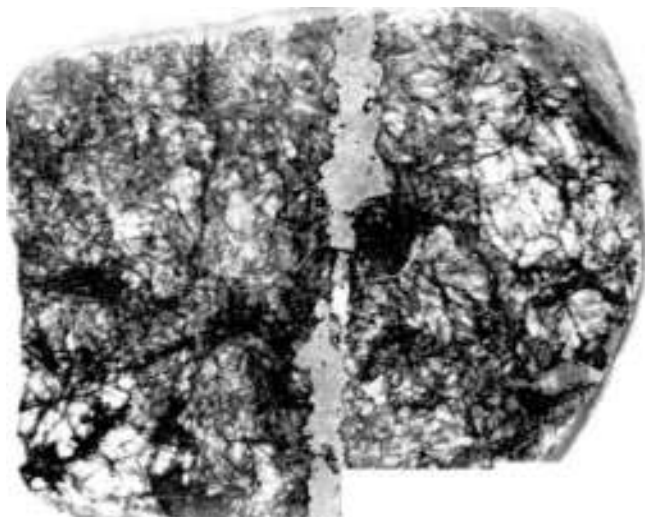


Рис. 4.12. Прожилковая текстура анкеритовой руды секущей жилы. Анкерит интенсивно раздроблен. В прожилке (в центре) пирит. Месторождение Герфед. Полированный штуф. Нат. вел.

Изменение размеров сульфидов при перекристаллизации в процессе метасоматоза имеет гораздо большее развитие при процессах выполнения полостей. Мобилизация и собирательная перекристаллизация их со значительным укрупнением размеров особенно хорошо заметна на контакте более позднего кварца с сульфидизированными филлитами (рис. 4.5). Поведение рудных минералов в данном случае ничем не отличается от поведения нерудных (реликтовых и ксеногенных минералов по Н.В. Петровской), поскольку мы имеем дело с перекристаллизованным и переотложенным веществом, а не с возникшим путем кристаллизации его из новой порции растворов в результате проявления новой стадии минерализации. Текстуры руд метасоматитов, подвергшихся воздействию более поздних растворов становятся прожилково-вкрапленными, пятнистыми и комбинированными полосчато-прожилковыми (рис. 4.10 и 4.11).

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.

Наиболее распространенным нерудным минералом гидротермалитов является кварц. Как уже отмечалось выше, по данным многочисленных исследований в рудах отчетливо выделяются две генерации кварца. Первая это мелкозернистый «сахаровидный» метасоматический кварц желто-серого, светло-серого цвета, катаклазированный. Вторая – кварц жильный крупнозернистый, давленный, как белый, так и ожелезненный.

Кварц-I плотный массивный интенсивно катаклазированный гетеробластовой и гранобластовой структуры (рис. 4.13) разного оттенка серого цвета в зависимости от количества тонко распыленных в жильной массе сульфидов (пирротин, пирит, реже арсенопирит) и силикатов. Размеры зерен кварца-I обычно не превышают десятых долей миллиметра. Формы зерен угловаты, тройные границы приближаются к углам 120° . Таким кварцем сложена основная масса руды. Четкие границы между мелко- и среднезернистым кварцем отсутствуют. При этом со второй разностью связано увеличение количества карбонатов (рис. 4.14) и проявление грануляции, вследствие перекристаллизации, что может указывать на принадлежность обеих разновидностей кварца к одной генерации /97/. Сульфиды часто образуют в кварце тонкие слойки и прожилки субпараллельной (со сланцеватостью вмещающих пород) ориентировки, и кварцевая порода приобретает тонкополосчатую текстуру. Кварц-I в ассоциации с карбонатами образует карбонатно-кварцевую породу (рис. 4.14) от светло- до темно-серого цвета. Окраска ее также зависит от присутствия сульфидов и магнетита.

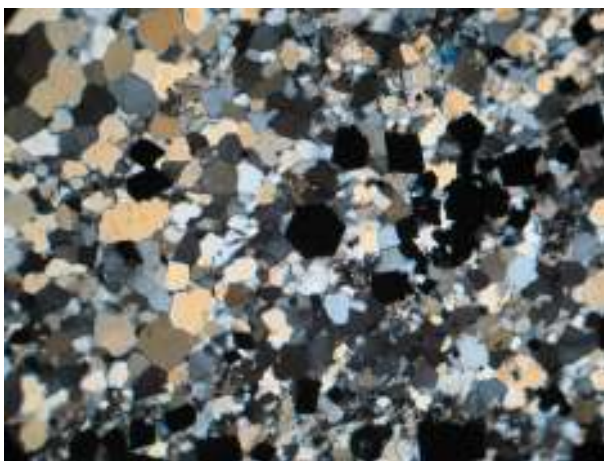


Рис. 4.13. Типичный оруденелый кварцит. Гранобластовый мелкозернистый кварц с рудной минерализацией (черное). Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник.+ Ув.35^x.

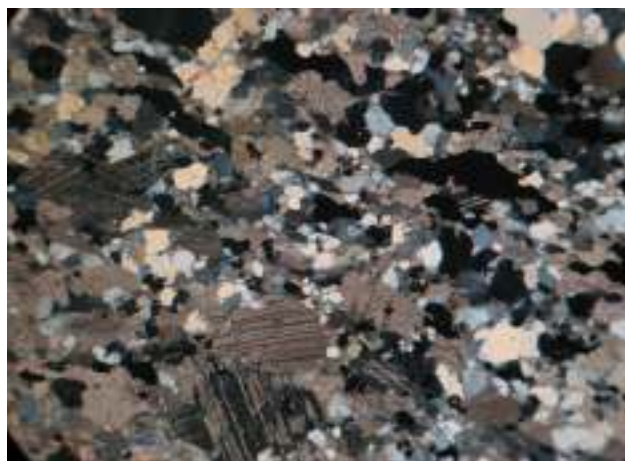


Рис. 4.14. Карбонатизированный оруденелый кварцит. Мелкие зерна – кварц, более крупные с линейными и решетчатыми плоскостями спайности – кальцит, черное – рудные минералы. М-е Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник.+ Ув.35^x.



Рис. 4.15. Прожилки хлорита в рудном метасоматите. Мелкозернистый кварц – серое и белое, мусковит – цветное пестрое, рудные минералы – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник.+ Ув.35^x.

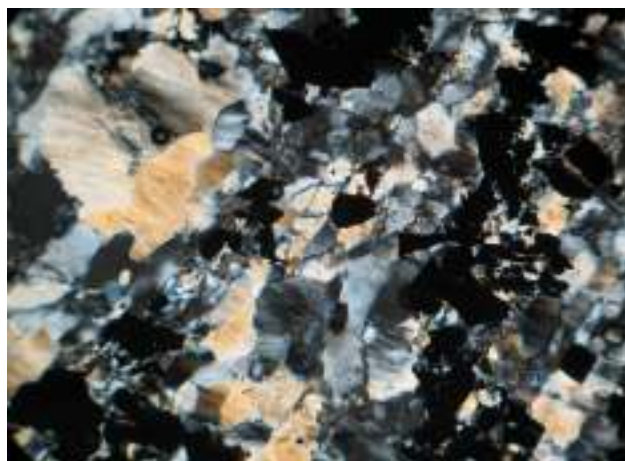


Рис. 4.16. Прожилки хлорита с рудной минерализацией. Хлорит – пестрое, рудные минералы – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник. + Ув.30^x.

Кварц-II преимущественно имеет массивную текстуру. Этот крупнозернистый молочно-белый кварц полупрозрачный или пятнистый за счет включений реликтовых нерудных минералов формирует оперяющие жилы, а в пределах Николаевской жилы – неправильные по форме включения различных размеров (0,1-0,5 м по ширине, до 1 м по длине) линзы, гнезда и прожилки, секущие жилу в различных направлениях. Величина зерен крупнозернистого кварца по мере приближения к контактам с жилами Магистральная и Николаевская уменьшается, и он переходит в кварцитовидный кварц, отличаясь от более раннего загрязненного кварца своей полупрозрачностью. Кварц-II имеет неравномернозернистую структуру, иногда сутурные границы между зернами. Зерна его трещиноваты с неправильными остроугольными формами обломков.

Вдоль трещинок в кварце наблюдаются элементы гранобластеза, выраженные маломощными (доли мм) зонами тонкозернистого перекристаллизованного кварца. Данные химического анализа показывают, что участки, сложенные кварцем-II, практически мономинеральные (SiO_2 – 94%) и включают минимальное количество примесей. Сульфиды, ассоциирующие с указанным кварцем, представлены гнездами и прожилками пирротина, пирита, халькопирита.

Друзовидный кварц-III, присутствующий в мелких пустотах и полостях открытых трещин, формирует призматические прозрачные кристаллы. Наиболее часто он встречается вдоль мелких пострудных трещинок и рядом с сульфидами, вокруг которых такой кварц образует мелко и тонкозернистые шестоватые халцедоновые оторочки от водяно-прозрачных до белых тонов. Часто такой разновидности кварца сопутствуют хорошо ограненные кристаллы пирита. Формы образований, отсутствие следов катаклаза позволяют считать, что друзовидный кварц-III является наиболее поздним образованием.

Исследование вещественного состава показало, что метасоматическое окварцевание, плавно переходящее в жильный кварц по мере приоткрывания полостей, заметно еще и по меняющейся окраске кварца-I от гранулированного серого загрязненного с теневой плейчатостью замещенного сланца, до серо-голубоватого и далее чисто белого кварца-II. Жильный кварц несет хорошо выраженную бемовскую штриховку, часто имеет сутурные границы зерен и их двойниковое строение. Таким образом, зернистый кварц-II отличается от мелкозернистого серого и сероватого метазернистого кварца-I белизной, крупностью кристаллических зерен, наличием друзовых пустот, меньшей гранулированностью, пятнистым расположением минерализации и ксенолитов вмещающих пород. По классификации Н.В. Петровской /59/ кварц-II это типичный «удерейский кварц». Размеры зерен кварца-II могут достигать 45 мм.

Карбонаты так же очень широко распространены в рудах (в среднем около 10-15%). В кварцевых метасоматитах и жильных телах они занимают второе место по распространенности среди нерудных минералов. Они представлены преимущественно кальцитом, и в незначительных количествах доломитом, магнезитом, анкеритом, брейнеритом и сидеритом.

Наиболее широко представлен кальцит, составляющий иногда до 80-90% рудной массы (рис. 4.14). В кварце кальцит образует пятна, прожилки, пленки, или образует вкрапленности метакристаллов. Размеры гломеробластов и полигональных полисинтетически сдвойникованных зерен достигают 3,0 мм. Обычно такие метакристаллы наложены на гранобластовый кварц и имеют ситовидное строение. Доломит также может достигать в составе руд более 20%, но присутствует в руде значительно реже кальцита, в виде сравнительно мелких (до 1,5 мм) ромбоэдрических кристаллов. Анкерит чаще встречается в зернах более крупных размеров (до 5 мм), но не дает крупных скоплений, составляя иногда до 5% руды. Состав анкерита по Н.В. Петровской: MgO – 12,23%, CaO – 29,16%, FeO – 11,87%, Na_2O – 0,83%. Еще реже в соста-

в рудных тел присутствует сидерит, очень редко достигающий 8% жильной массы и магнезит – до 4%. Эти карбонаты встречаются среди кварца, иногда цементируя его. Формы зерен карбонатов неправильны, часто изометричны или таблитчатые

Реликтовые ксеногенные минералы, образующиеся за счет перекристаллизации заимствованного вещества горных пород, в рудных телах представлены хлоритами, амфиболами, альбитом и редко турмалином, цоизитом, биотитом, серицитом и мусковитом. Они располагаются вдоль контактов рудных тел, подвергаясь рекристаллизации, и имеют размеры зерен в 5-10 раз больше, чем во вмещающей породе.

Хлорит также как и кварц представлен двумя разновидностями.

Хлорит-I слагает иногда основную массу сланцев и метасоматитов. Его количество в отдельных образцах превышает 90% (хлоритолит).

Хлорит-II тесно связан с метасоматическими кварцитами и рудной минерализацией. Размеры зерен превышают размеры зерен хлорита-I в 5-10 раз. Цвет хлорита-II бледно- и темно-зеленый иногда почти бесцветный. Форма проявлений – гнездовая или прожилковая (рис. 4.15, 4.16). Формы отдельных зерен волокнистые с расщепленными границами. Размеры зерен до 0,45 мм. С проявлениями хлорита-II связано редкое присутствие турмалина в зернах до 0,06 мм.

Биотит встречается в основном в сланцеватых породах (филлитах), иногда до 15%, а также во внутренних зонах метасоматитов и в кварцевых метасоматитах совместно с кварцем-I. Типично замещение биотита хлоритом. Наиболее типичен биотит для руд Николаевской жилы. Размер чешуек биотита в кварцитах до 0,1 мм.

Мусковит встречается в рудах жил Николаевской и Магистральной редко, имеет гнездобразное распределение вместе с кварцем-I и биотитом. Иногда его содержание достигает 2%. Мусковит характерен для участков с хорошо выраженной рудной минерализацией, хотя встречается и в ассоциации с карбонатами в виде метазерен, значительно уступая в масштабах развития и в размерах зернам карбонатов. Размеры зерен мусковита не превышают 0,8 мм. Формы зерен листоваты, границы обычно расщеплены.

Руды жилы Магистральной по составу рудных минералов мало отличается от руд секущих жил, однако в крупнозернистом кварце секущих жил почти не встречается магнетит, мало карбонатов и других реликтовых минералов вмещающих пород. Естественно, что химический состав жилы Магистральной, образовавшейся в результате метасоматоза по раздробленным породам, сильно отличается от химического состава руд, возникших в результате выполнения пустот (табл. 4.1). Химический состав руд Николаевского месторождения, определенный в ходе анализа технологических проб, приведен в таблице 4.2, а минеральный их состав, определенный так же по результатам технологических исследований, представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.1.

Химический состав руд месторождения Герфед

Химические компоненты	ТП-1 Жила Магистральная «ЦНИГРИ» 2006 г	ТП-2 Жила Магистральная «ЦНИГРИ» 2006 г	ТП-1 Жила Магистральная «ТОМС» 2010 г	Оперяющие жилы по Тенешеву 2006 г.	Оперяющие жилы Г-15 (С-393)	Оперяющие жилы ПГ-173 (С-199)	Среднее по жиле Магистральной	Среднее по оперяющим жилам
SiO ₂	39,26	54,94	52,4	93,0	96,70	85,06	48,86	91,35
TiO ₂	2,44	1,80	1,73	0,2	0,025	0,086	1,99	0,13
Al ₂ O ₃	12,30	12,84	9,9	1,35	0,31	0,98	12,00	0,88
Fe ₂ O ₃	4,08	5,24	11,6	2,84	1,81	3,24	12,74	3,91
FeO	10,40	6,90		1,84	0,73	1,28		
CaO	11,16	5,36	1,71	0,8	0,082	4,83	6,08	1,91
MnO	0,18	0,15	0,15	0,05	0,014	0,07	0,16	0,09
MgO	2,51	2,57	1,83	0,45	0,071	0,22	2,30	0,24
Na ₂ O	2,76	2,21	1,16	0,15	0,16	0,25	2,04	0,19
K ₂ O	0,47	0,87	1,21	0,1	0,02	0,05	0,85	0,06
P ₂ O ₅	0,27	0,22	0,22	0,07	0,030	0,043	0,23	0,03
S общ.	1,03	0,15	0,37	0,1	0,66	1,05	0,52	0,58
CO ₂	3,81			0,55	0,055	2,98	3,81	0,35

Таблица 4.2.

Химические анализы руды Николаевского месторождения

Химические компоненты	Организация исполнитель, автор, место отбора.				Средние значения
	Сибцветметнии-проект-1965. Шелехов. Уч. Северный	Университет цветных металлов и золота-2004 г. Алгебраистова. Уч. Центральный	Институт химии и химической технологии-2007 г. Самойлов. Карьер Северный	ТОМС-2010 г. Романченко. Карьер Северный	
SiO ₂	74,62	61,84	73,65	78,7	72,20
TiO ₂	0,03	0,47	0,37	0,12	0,25
Al ₂ O ₃	1,83	4,55	3,77	0,90	2,76
Fe ₂ O ₃	1,84	9,55	9,49	9,43	10,42
FeO	4,74	6,64			
CaO	7,44	10,69	8,75	3,90	7,70
MnO	0,05	0,27	0,21	0,05	0,15
MgO	0,21	1,79	1,26	0,26	0,88
Na ₂ O	-	0,6	0,20	0,12	0,31
K ₂ O	-	0,31	0,56	0,08	0,32
P ₂ O ₅	0,02	0,1	0,13	0,02	0,07
CO ₂		9,63			9,63
Собщ.	3,8	1,98	0,67		2,15
П.П.П.	3,92	9,03			6,48
Сумма	94,7	105,84	99,06	93,58	98,30

Таблица 4.3.

Минеральный состав руд Николаевского месторождения по данным анализа технологических проб.

Минералы	Организация исполнитель, автор, место отбора.				Среднее	
	Университет цветных металлов и золота-2004 Алгебраистова. Уч. Центральный		Институт химии и химической технологии-2007 Самойлов. Карьер Северный			
	Кол-во (%)	Размеры зерен (мм) от-до преобл.	Кол-во (%)	Размеры зерен (мм) от-до преобл.	Кол-во (%)	Размеры зерен (мм) от-до преобл.
Кварц	53,60	<u>0,01–2,5</u> 0,05–0,7	72,0	<u>0,01–2,5</u> 0,05–0,7	62,80	<u>0,01–2,5</u> 0,05–0,7
Карбонаты (кальцит, доломит, сидерит)	21,88	<u>0,01–0,25</u> 0,02–0,1	15,0	<u>0,01–0,25</u> 0,02–0,1	18,44	<u>0,01–0,25</u> 0,02–0,1
Хлорит	8,10	<u>0,05–0,2</u> 0,07–0,1	2,5	<u>0,05–0,2</u> 0,07–0,1	5,30	<u>0,05–0,2</u> 0,07–0,1
Альбит	5,60	<u>0,01–0,25</u> 0,03–0,05	-		2,80	<u>0,01–0,25</u> 0,03–0,05
Слюды (мусковит, серицит, биотит)	2,90	<u>0,03–0,3</u> 0,04–0,1	0,1	0,1–0,2	1,50	<u>0,03–0,3</u> 0,04–0,1
Актинолит	2,00	0,1–0,2	-		1,00	0,1–0,2
Рутил	0,66	0,01–0,05	0,1	0,01–0,04	0,38	0,01–0,05
Апатит	0,22	0,01–0,04	0,01	0,05–0,1	0,11	0,01–0,1
Магнетит	0,30	0,05–0,1	0,5	0,01–0,1	0,40	0,01–0,1
Гидроокислы железа	0,70	0,01–0,1	0,1	0,08–0,1	0,40	0,001–0,1
Ильменит	0,30	0,08–0,1	0,1	0,01–3,0	0,20	0,01–3,0
Пирит	2,05	<u>0,01–3,0</u> 0,06–0,2	1,5	0,06–0,2	1,78	<u>0,01–3,0</u> 0,06–0,2
Пирротин	1,15	<u>0,1–3,0</u> 0,1–1,5	7,5	<u>0,1–3,0</u> 0,1–1,5	4,33	<u>0,1–3,0</u> 0,1–1,5
Арсенопирит	0,50	<u>0,03–0,5</u> 0,05–0,4	0,01	<u>0,03–0,5</u> 0,05–0,4	0,26	<u>0,03–0,5</u> 0,05–0,4
Сфалерит	0,07	0,05–0,2	0,001	0,05–0,2	0,036	0,05–0,2
Халькопирит	0,006	0,005–0,1	0,1	0,005–0,1	0,053	0,005–0,1
Галенит	0,005	0,03–0,08	0,005	0,03–0,08	0,005	0,03–0,08

Данные, приведенные в таблицах 4.2 и 4.3 свидетельствует о существенно силикатном составе руд Николаевского месторождения со значительной долей карбонатной и железистой составляющих и небольшими содержаниями серы. Химическими анализами /103/ в рудных телах установлено содержание Au – 7,56 г/т, Ag – 0,8 г/т, SiO₂ – 71,02%, S_{сульфидн.} – 2,92%, CO₂ – 8,0%. Спектральными анализами установлены повышенные содержания Mn – 0,7%, Ni – 0,03%, Ti –

0,8%, однако промышленных концентраций они не достигают. Руда является однокомпонентной (золото), вредной примесью является мышьяк (<0,001%), сурьма не обнаружена, серебро присутствует в незначительных количествах.

4.2. Особенности минерального состава руд Герфед-Николаевской зоны

4.2.1. Герфедское рудное поле

Минеральный состав руд месторождения Герфед довольно типичен для золоторудных месторождений Енисейского кряжа золото кварцевой формации и представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4.
Минералогический состав руд месторождения Герфед

Главные минералы	Второстепенные минералы	Редко встречающиеся минералы
Пирит	Ильменит	Тетраэдрит
Пирротин	Мельниковит	Висмутин
Арсенопирит	Марказит	Висмут самородный
Магнетит	Гематит	Теллуристый висмут
Халькопирит	Гетит	Медь самородная
Сфалерит	Скородит	Сфен
Галенит	Ковеллин	Борнит
Золото	Псиломелан	Шеелит
Рутил	Ярозит	Пироморфит
Гетит	Лепидокрокит	Англезит
Кварц	Малахит	Церуссит
Карбонаты	Актинолит	Цеолиты
Хлориты	Тремолит	Андрадит
Серицит (Мусковит)	Турмалин	Пирофиллит
Альбит	Графит	

Наибольшим распространением среди рудных минералов пользуется пирит.

Пирит образует достаточно широко распространенную вкрапленность, во всех трех разновидностей рудных образований. На месторождение выделяются 3 генерации пирита.

Вкрапленный пирит-I морфологически представлен обычно кубическими кристаллами, создающими своеобразную узловатость в филлитах и углеродистых сланцах. Размеры кристаллов различны, но иногда достигают 1,5 см. Такие кристаллы часто располагаются внутри тонкой (менее 1 мм) кварцевой рубашки. В полированных образцах иногда наблюдается деформированность таких кристаллов и цементация трещин в них кварцем. Кроме наиболее часто встречающегося кубического типа пирита, вторым по развитию можно считать псевдотетрагональный морфологический тип, причем удлинение кристаллов всегда согласуется со сланцеватостью, либо слоистостью филлитов. Грани такого пирита редко несут штриховку.

Внутренняя структура кристаллов пирита, распространенных во вмещающих породах, выявляемая путем травления (рис. 4.17 и 4.18), или при несовершенной полировке, свидетельству-

ет о сложной истории их образования. Возникшие в наиболее ослабленных участках породы (узлах разрядки напряжений), метакристаллы пирита-I полностью унаследовали напряженное микроплойчатое строение таких участков (рис. 4.19). После своего образования, они в процессе дальнейших деформаций вели себя так же как любое компетентное включение в некомпетентной пластичной среде. С этим периодом связано обрастание пиритов и выполнение в них трещин кварцем, а также рекристаллизация в наиболее напряженных участках в пирите и окружающей его породе. Связь рекристаллизации с растворами, выполняющими получившиеся в результате деформации пирита-I полости, выражается в образовании перекристаллизованного пирита-II в виде каемок на границе с кварцем, в виде отдельных участков вблизи трещин, или в виде отдельных микролинз – «будин» (рис. 4.18). В связи со значительной степенью деформации, пирит-I хорошо подвергается процессу структурного травления (рис. 4.17, 4.18).

Участки перекристаллизованного пирита-II образуются в местах сосредоточения наибольших искажений у границ деформированных зерен или плоскостей сдвига внутри зерен пирита-I. До конца этот процесс происходит в пределах возникающих полостей, превращающихся затем в прожилки и жилы. Зерна рекристаллизованного пирита-II укрупняются за счет обломков пирита-I. Очевидно, в таких конкретных случаях идиоморфные кристаллы пирита-II росли за счет растворенного вещества обломков пирита-I. Отдельные кристаллы пирита-II, возникшие в жильной полости, имеют хорошо выраженную зональность при почти полном отсутствии реликтов пирита-I, в их составе. В аншлифах наблюдается зональность пластинчатого роста граней пирита-II и его коррозия более поздним карбонатом (рис. 4.20). Формы кристаллов пирита-II обычно кубические, пентагондодекаэдрические, реже октаэдрические или комбинации куба и октаэдра. По электрофизическим свойствам и составу, а также по отношению к травлению такие кристаллы совершенно аналогичны пириту, образующему грани обрастания вокруг пирита-I (рис. 4.17, 4.18).

Пирит-III, который развивается по пирротину и карбонатам имеет совершенно отличный от двух первых разновидностей облик. Он хорошо подвергается травлению, обнаруживая обычно внутреннее радиально-сферическое строение. Такой пирит развит только в пределах жил и прожилков и тесно ассоциируется с карбонатами. Пальметтовые структуры, возникающие в агрегатах такого пирита, наряду с глобулярными формами свидетельствуют о его кристаллизации из относительно холодных коллоидных систем (рис. 4.21, 4.22). Размеры сферокристаллов составляют в среднем около 0,02 мм. Пирит-III и пирротин образуют часто общие прожилки в кварце, сменяя друг друга по простиранию прожилка. Иногда реликты пирротина наблюдаются и среди сферокристаллов пирита-III. Пирит III также встречается в занорышах с хрусталевидным кварцем.



Рис. 4.17 Внутреннее строение метакристалла пирита I (темно-серое), отражает микроплойчатость пород, замещенных пиритом. Белое – пирит II. Светло-серое – вмещающая порода. М-е Герфед. Полированный штаф, протравлено. Ув.8^x.

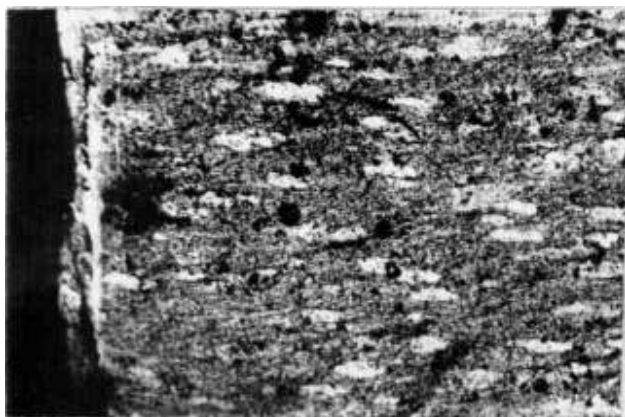


Рис. 4.18 Внутреннее строение метакристалла пирита I (серое). Пирит II образует зональные каймы и порфиробластические выделения (белое) в пирите I. Месторождение Герфед. Полированный шлиф, протравлено. Ник.П. Ув.6^x.

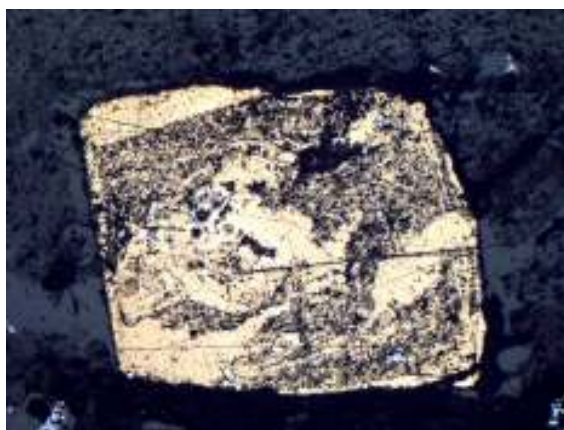


Рис. 4.19. Внутреннее строение метакристалла пирита I (темно-серое) отражает микроплойчатость пород, замещенных пиритом. Белое – пирит II. Светло-серое – рутил. Темно-серое – кварц. М-е Герфед. Полированный шлиф. Г 350/82.9. Ник.+ Ув.12^x.

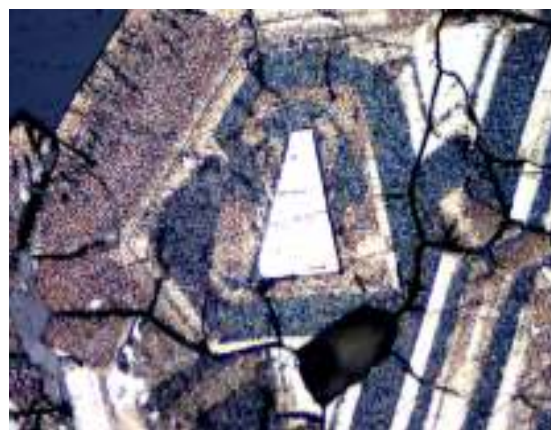


Рис. 4.20. Зональность пластинчатого роста граней трещиноватого пирита II - белое, корродируемого карбонатом – слева серое. Месторождение Герфед. Полированный шлиф, протравлено. Ник.П. Ув.45^x.

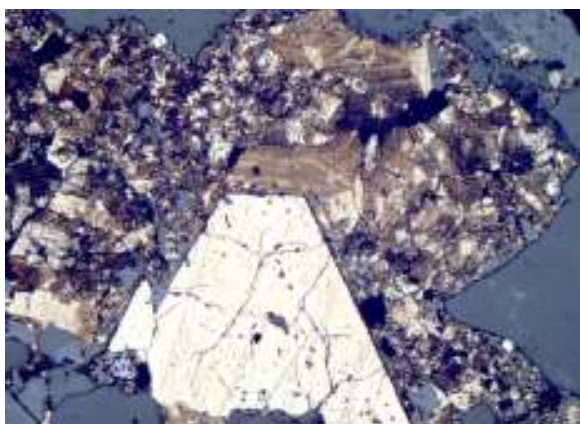


Рис. 4.21. Трещиноватый пирит II – белое в обрастании агрегатом пирита III. Серое – кварц. М-е Герфед. Полированный шлиф. Г 350/117,6.1. Ник.+ Ув.55^x.



Рис. 4.22. Строения прожилка пирита III. Радиально-лучистые сферические образования сменяются структурой, типа пальмовых листьев. М-е Герфед. Полированный шлиф, протравлено. Ув.520^x.

Подытоживая все вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

1) наиболее ранний пирит-I (в виде прожилково-вкрапленных скоплений) получил максимальное развитие в окolorудно-измененных породах. Он представлен метакристаллами кубической формы размером до 1,5 см.

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

3) Пирит-III, сформированный в заключительную стадию рудного процесса, располагается в наиболее поздних кварц-карбонатных прожилках и имеет метаколлоидное строение.

Все генерации пирита имеют существенно различный микроэлементный состав (табл. 4.5).

Таблица 4.5.

Особенности состава пиритов различных генераций

Генерация	Кол-во обр.	Средние концентрации элементов									
		Co	Ni	Cu	Zn	Ti	Mn	As	Au	Fe	S
Углеродистые сланцы кординской свиты											
Пирит I	12	12	8,3	5	-	79	-	75	2,5	46,4	53,6
Пирит II	11	21	79	74	18	-	-	4,8	0,3	46,8	53,2
Пирит III	4	-	85	-	-	-	23	-	-	46,0	53,9
Филлиты кординской свиты											
Пирит I	10	11	7,4	4	-	56	27	63	4,3	46,6	53,4
Пирит II	12	23	86	58	16	-	-	5,7	0,5	46,9	53,1
Пирит III	3	-	127	-	-	-	48	-	-	46,0	53,9
Андезитовые порфиристы пенченгинской свиты											
Пирит I	11	14	10,5	6	-	43	34	64	0,4	46,2	53,8
Пирит II	14	31	81	46	14	-	16	3,1	0,6	46,8	53,2
Пирит III	5	132	-	-	-	29	-	-	-	45,9	54,0

Примечание. Содержания Fe и S даны в %, концентрации других элементов – в $n \cdot 10^{-3} \%$.

Приведенные в таблице 4.5 данные электронно-зондовых определений (анализатор ЭММА-2) показывают, что в пирите-I из всех разновидностей пород содержатся относительно высокие концентрации мышьяка и титана.

Пирит-II характеризуется дефицитом серы, высоким содержанием кобальта, меди, никеля, низкими содержаниями марганца и мышьяка. Зависимостей состава примесных и основных компонентов пирита-II от типов вмещающих пород не наблюдается.

Пирит-III, развитый на месторождении в незначительных количествах, отличается от рассмотренных выше генераций наибольшим содержанием серы. Так же его отличают повышенные концентрации марганца и никеля в сланцах кординской свиты и кобальта – в андезитовых порфиридах (табл. 4.5). В целом его микроэлементный состав наиболее беден.

Для установления зависимости примесного состава пиритов от состава вмещающих пород и глубины их залегания были проанализированы количественным спектральным анализом около 300 монофракций пирита (табл. 4.6). Наиболее распространенными элементами-примесями являются Ti, Mn, Co, Ni, Cu, Zn и As. Реже в пиритах в незначительных количествах обнаруживается свинец. Концентрации марганца зависят от интенсивности гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород. Наибольшие его содержания обнаружены в пиритах из карбонатизированных филлитов, наименьшие – в пиритах из углеродистых сланцев. Для титана характерны обратные закономерности. Отношения Ti/Mn в пиритах из углеродистых сланцев являются наибольшими, а в пиритах из андезитовых порфиритов – наименьшими. Изменение средних значений титан-марганцевых отношений также отражает преимущественное накопление титана и марганца в метазернистом пирите I. Распределение других примесей в пиритах не столь полярно, однако, и для них отмечаются определенные закономерности. В пиритах из андезитовых порфиритов Co, Ni, Cu содержатся в повышенных концентрациях, и их содержания возрастают с глубиной (табл. 4.6). Пириты из углеродистых сланцев и филлитов содержат эти элементы в значительно меньших количествах. Как правило, для них характерны повышенные концентрации As, Zn, Pb, закономерно изменяющиеся с глубиной. Содержания As с глубиной возрастают, а Zn и Pb – убывают.

Таблица 4.6.
Содержания элементов-примесей в пиритах вмещающих пород

Место отбора.	Глубина, м	Кол. проб	Элементы-примеси (n*10-3%)							Ti/Mn	
			Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Mn	As		
Углеродистые сланцы кординской свиты											
РЛ 17 С-204	70-100	21	14,6	14,7	14,5	24,5	3	7	67	152	
РЛ 17 С-205	160-200	22	16,0	60	13,5	18	4	1	3	200	
РЛ 8,5 С-196	50-100	22	15	41	10,0	56	0,4	1,5	32	120	
РЛ 8,5 С-198	230-300	20	14,7	61,5	17,6	18,2	0,6	4,6	92	100	
РЛ 20,5 С-216	50-100	23	25,6	22,8	35,2	32,0	8,5	2	4	85	
Среднее		108	18,5	44,0	14,0	34,1	1,6	4,3	52	143	
Филлиты кординской свиты											
РЛ 17 С-204	100-180	20	21,6	46,0	14,6	29,7	0,4	55	13,6	8,8	
РЛ 17 С-205	180-250	22	15,2	34,0	20,8	39,0	2,1	17	18,0	3,6	
РЛ 8,5 С-196	100-150	21	13,0	21,5	14,6	25,0	0,8	28	14,0	9,5	
РЛ 8,5 С-198	300-370	24	25,6	29,0	25,4	19,0	8,9	24	27,0	9,0	
РЛ 20,5 С-216	100-150	23	15,2	28,0	20,3	32,0	2,1	47	15,7	4,3	
Среднее		110	17,4	32,0	19,0	30,0	3,4	72	19,5	8,5	
Андезитовые порфириты пенченгинской свиты											
РЛ 20,5 С-215	60-160	21	21,5	41,0	24,5	14,1	0,4	32	2,0	4,2	
РЛ 20,5 С-216	160-250	20	31,2	53,6	35,0	5,0	0,5	76	11,0	2,4	
РЛ 25 С-209	220-260	25	23,6	45,0	19,4	7,6	0,3	18	2,0	4,2	
Среднее		66	28,0	46,0	28,6	6,4	0,4	45	6,8	3,1	

Таким образом, было установлено:

1. Содержания основных компонентов в раннем метазернистом пирите-I зависят от характера вмещающих пород.

2. Состав пирита-II, как в отношении главных компонентов, так и элементов-примесей не зависит от характера вмещающих пород, а определяется химизмом наложенных более поздних растворов, неравновесных по отношению к вмещающим породам и к пириту-I.

3. Для пиритовой минерализации в пределах каждого типа пород устанавливается зональное изменение концентраций элементов-примесей и отношений элементов с глубиной: содержания никеля, меди, мышьяка в пиритах увеличиваются, концентрации цинка убывают.

Состав пиритов, по результатам РЭМ-анализа, в целом, близок к теоретическому. Примеси мышьяка не обнаружены, золото составляет 2,2-3,5 массовых процентов (рис. 4.23).

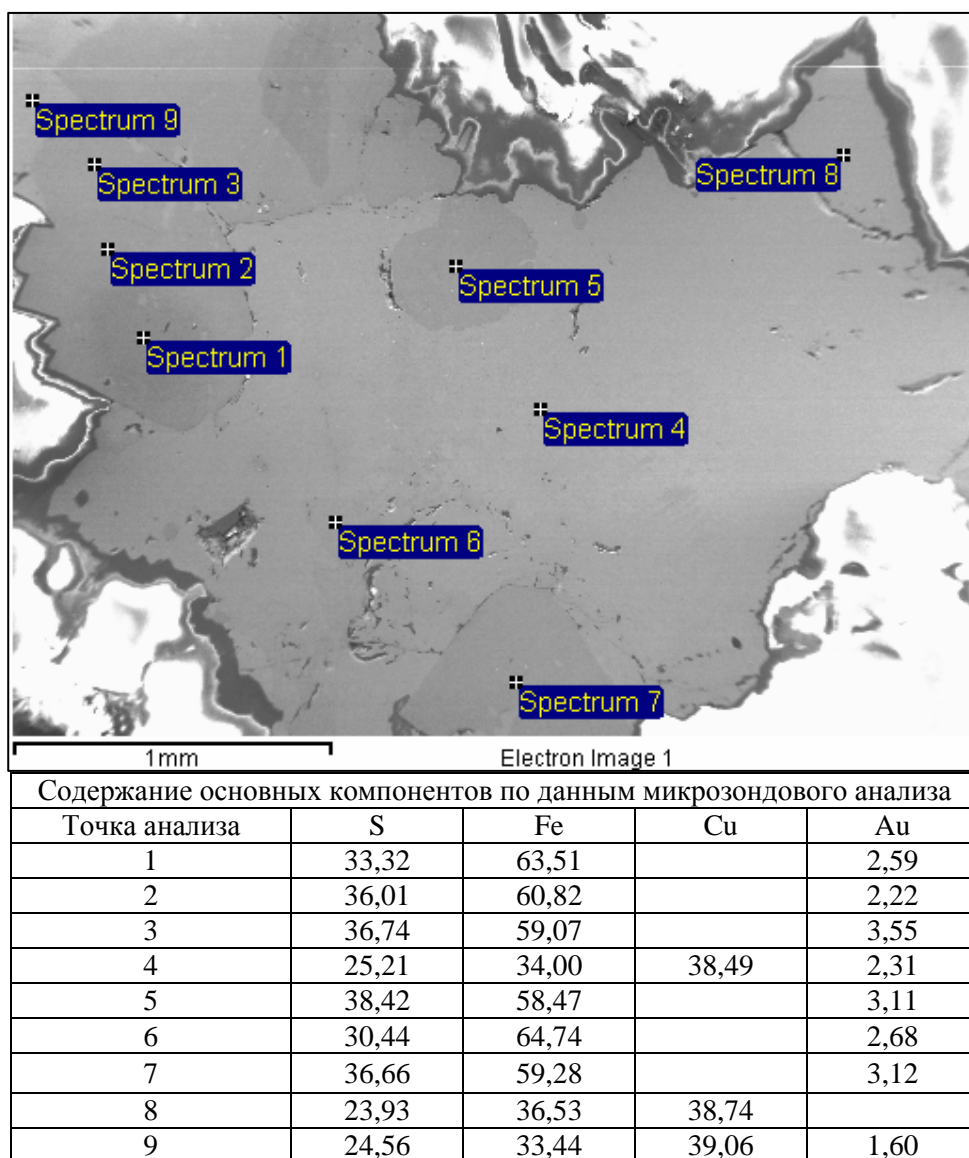


Рис. 4.23. Идиоморфные выделения пирита (1-3, 5-7) в халькопирите (4, 8, 9). Яркие участки по периферии – кварц. Белые яркие полосы (здесь и далее) – «засветка» от неравномерного стока электронов с поверхности образца.

Арсенопирит на месторождение Герфед распространен гораздо меньше пирита, редко на некоторых участках арсенопирит превалирует над пиритом. Он практически всегда связан с рудными телами. В секущей жиле Ответная арсенопирит даже образует прожилки мощностью до 3-8 см. Однако, обычно в руде жилы Магистральной арсенопирит встречается в небольшом количестве, в виде единичных, иногда крупных (до 2 см) деформированных кристаллов среди сахаровидного кварца. Пересчет анализа на минеральный состав показал 0,56% арсенопирита в руде жилы Магистральной. Арсенопирит ассоциирует обычно с пиритом-II и пирротинном. Его возрастные отношения с пиритом-I и II свидетельствуют о близко одновременном его образовании с пиритом-II.

Трещины дробления и включения в арсенопирите выполнены сахаровидным кварцем, карбонатом, реже пирротинном, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, золотом (рис. 4.24). Реже в рудах в мелкозернистом метасоматите встречается игольчатый арсенопирит совместно с пирротинном. Кристаллы арсенопирита хорошо подвергаются структурному травлению, повсеместно обнаруживая зональность роста, идиоморфнометазернистую и идиоморфнозернистую первичные структуры (рис. 4.25). Анализ монофракций сульфидов свидетельствуют о большем, по сравнению с пиритом, содержании золота в составе арсенопирита (табл. 4.7).

Таблица 4.7.

Результаты спектрального анализа мономинеральной фракции пирита и арсенопирита в технологической пробе ТП-1 месторождения Герфед (ТОМС, 2010 г.)

Элемент	Предел обнаружения, %	Ед. изм.	Содержание		Элемент	Предел обнаружения, %	Ед. изм.	Содержание	
			в пирите	в арсенопирите				в пирите	в арсенопирите
Si	0,001	%	0,8	2	Mo	0,0001	10 ⁻³ %	0,1	0,1
Fe	0,001	%	>10	>10	Cu	0,0003	10 ⁻³ %	30	15
Al	0,001	10 ⁻³ %	30	60	Pb	0,001	10 ⁻³ %	5	6
Ca	0,03	10 ⁻³ %	-	30	Zn	0,003	10 ⁻³ %	5	5
Mg	0,001	10 ⁻³ %	3	80	Ag	0,00001	10 ⁻³ %	0,3	0,3
Na	0,03	10 ⁻³ %	<30	200	Sb	0,008	10 ⁻³ %	<8	15
Ti	0,001	10 ⁻³ %	1	60	As	0,01	%	0,3	10
Mn	0,001	10 ⁻³ %	15	5	Sn	0,0001	10 ⁻³ %	-	0,1
Ni	0,0003	10 ⁻³ %	15	15	Zr	0,001	10 ⁻³ %	<1	1
Co	0,0008	10 ⁻³ %	15	30	Au	0,0005	10 ⁻³ %	<5	20

Cr, V, W, Cd, Te, Ge, Ga, Nb, Ta, Bi, Ba, Be, Sc, Yb, Y, La, Ce, Cd, Sr, P, Li не обнаружены

Пирротин развит в жильных телах, либо в околожильных метасоматитах, чаще со стороны лежащего бока жилы Магистральной. В местах пережимов жилы пирит-пирротинные прожилки располагаются параллельно ее контактам, а в центральной части раздувов жилы сульфиды обычно тонко рассеяны и не имеют какой-либо ориентировки. Структуры пирротина аллотриоморфнометазернистые и аллотриоморфнозернистые, также характерны вторичные структуры смятия и пере-

кристаллизации. Мелкозернистый пирротин в кварцитах и метасоматитах это наиболее ранний пирротин-I (рис. 4.26). Он располагается вдоль направлений реликтовой слоистости и сланцеватости в виде цепочек метазерен, претерпевающих укрупнение с ростом степени метасоматического окварцевания. Средний размер зерен пирротина-I – до 0,3 мм.

Переотложенный и перекристаллизованный пирротин, образующий прожилковые и гнездообразные агрегаты, псевдоморфозы по пириту-II и арсенопириту, а также пирротин, выполняющий полости в крупнозернистом кварце относится к пирротину-II (рис. 4.5). Размеры зерен его достигают 3,5 см. Пирротин-I и II постоянно ассоциируют с карбонатами, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, золотом и редкой блеклой рудой. Агрегаты пирротина-II и ассоциирующие с ним минералы, выполняют трещины в пирите и арсенопирите, корродируя и обрастая их. После отложения пирротина-II, он претерпел незначительную деформацию, что обусловило его замещение пиритом-III, марказитом, эпизодическим появлением двойников давления (рис. 4.27), и мелких участков с гранобластовой структурой. В единичных случаях в зернах пирротина наблюдается распад твердого раствора с появлением тонкого пентландита. В экзогенный этап по трещинам в пирротине интенсивно развивается мельниковит-пирит в виде характерных структур «птичий глаз» (рис. 4.28).

Халькопирит настолько тесно связан с пирротинном, что нет необходимости говорить отдельно о его распространении или формах выделения, чрезвычайно схожих с морфологией пирротина. Встречающиеся субграфические сростания халькопирита и пирротина при отсутствии следов коррозии границ свидетельствуют о близко одновременном образовании этих минералов. В то же время, халькопирит почти всегда располагается в местах выклинивания прожилков пирротина или по его границам в виде каемок. Микропрожилки халькопирита могут пересекать пирротинные агрегаты (рис. 4.29).

Количество халькопирита в руде на порядок ниже, чем пирротина и составляет доли процента. Размеры его зерен редко достигают 0,5 см в крупнозернистом кварце и 0,05 мм – в кварцевом метасоматите. Структуры аллотриоморфнометазернистые в кварцевом метасоматите (халькопирит-I) и аллотриоморфнозернистые – в крупнозернистом кварце (халькопирит-II). В протравленных шлифах халькопирит обнаруживает только полисинтетические двойники роста. В экзогенных условиях по нему развиваются гетит, борнит, ковеллин и малахит. Борнит и малахит образуют тонкие корочки вокруг зерен халькопирита, ковеллин же обычно встречается в виде мелкой и тонкой рассеянной вкрапленности (до 0,03 мм). Химический состав халькопирита приведен на рисунках 4.23 и 4.30. В целом состав близок к теоретическому. Халькопирит, так же как и пирит с арсенопиритом содержат тонкодисперсное золото в количествах 2,3-2,5 массовых процента (рис. 4.23).



Рис. 4.24. Трещиноватый арсенипит – белое, с включениями золота – желтое. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.160х.

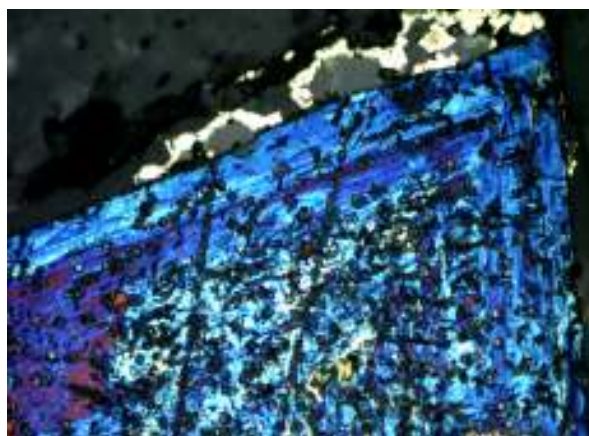


Рис. 4.25 Зональный метакристалл арсенипитита с ситовидным внутренним строением, обрастается карбонатом серое и пиритом III – желтое (вверху). М-е Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.80х

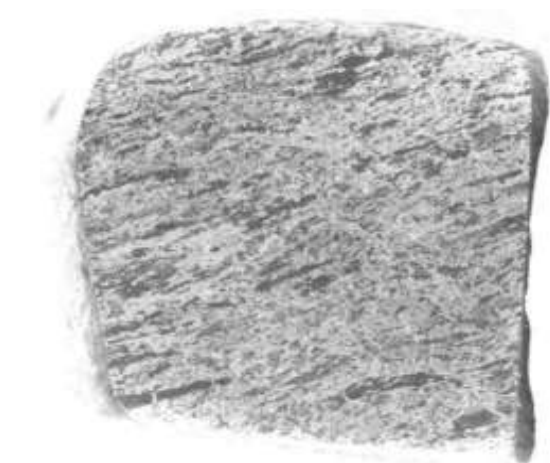


Рис. 4.26. Замещение углистого филлита метасоматическими прожилками пирротина в околорудных метасоматитах. Прожилки ориентированы согласно сланцеватости. Полированный штуф. Нат. вел.



Рис. 4.27. Полисинтетические двойники давления в пирротине II. Белые секущие микропрожилки – марказит. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.92^x.

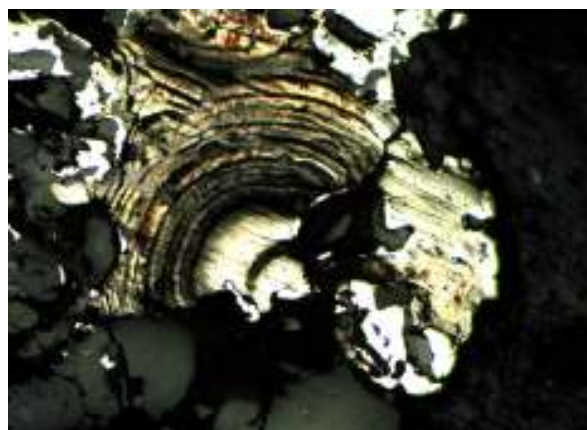


Рис. 4.28. Структура типа «Птичий глаз» мельниковита - развитие мельниковита по пирротину – белое. М-е Герфед. Полированный шлиф. Г 242/43.1 Ник. II. Ув.92^x.



Рис. 4.29. Пирротин – слева и справа сверху пересекается микропрожилком халькопирита (желтое), сфалерита (серое) и галенита (белое). М-е Герфед. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.80^x.

Сфалерит встречается редко, в виде гнезд и мелких прожилков в рудах месторождения Герфед. По результатам РЭМ-анализа (рис. 4.31) он может быть отнесен к марматиту. Максимальный размер зерен (0,5-3,0 мм) характерен для включений в крупнозернистом кварце. В пределах кварцевого метасоматита размер его зерен не превышает 0,05 мм. Очень редко в пределах крупных зерен наблюдаются эмульсионные выделения халькопирита в структурах распада твердого раствора. Такие зерна вместе с халькопиритом характеризуется наличием двойников роста, т.е. отсутствием деформации (рис. 4.33). Границы с постоянно ассоциирующимся с ним халькопиритом и пирротинном свидетельствуют о близко одновременном образовании этих минералов. По отношению к галениту сфалерит несет черты более раннего образования. С пиритом-I и II и арсенопиритом сфалерит образует коррозионные границы, располагаясь по периферии и внутри метакристаллов последних. Структуры сфалерита, как и халькопирита, аллотриоморфнометазернистые в кварцевых метасоматитах (сфалерит-I) и аллотриоморфнозернистые – в жилах (сфалерит-II).

Галенит встречается редко и обычно в гнездообразных агрегатах с пирротином-I и сфалеритом. Иногда он выполняет прожилки в марматите, отмечаются его мелкие коррозионные включения в пирите и арсенопирите (рис. 4.32). Размер зерен галенита значительно колеблется, от сотых долей миллиметра, редко достигая 0,5-3,0 мм. В сростаниях с галенитом часто наблюдается халькопирит и сфалерит (рис. 4.29).

Марказит наблюдается не часто в рудах жилы Магистральной, замещая пирротин, он образует микропрожилки в пирротине или фестончатые каймы вокруг его зерен. Марказит имеет метаколлоидные радиальнолучистые структуры (рис. 4.34) Размеры зерен до 0,1 мм.

Рутил – постоянно присутствующий минерал, чаще встречается во вмещающих породах и околожилных метасоматитах. В кварцевых жилах рутил встречается значительно реже, тяготея к их контактам с вмещающими породами, как и другие ксеногенные реликтовые минералы. Обычно размер зерен рутила в среднем составляет 0,05 мм (рутил-I). Часто укрупняясь в жилах (до 0,5 мм), он по трещинам замещает пирит-I, им обрастается пирротин-I и халькопирит-I (рис. 4.35). Зерна рутила в жильных породах подвергнуты дроблению. Перераспределение рутила во вмещающих породах тесно связано с их окварцеванием (рис. 4.36). Химический состав рутила (рис. 4.37) представлен практически чистым TiO_2 .

Реже в неизмененных породах встречается ильменит. В околожилных метасоматитах ильменит неустойчив, теряя железо, он переходит в рутил и лейкоксен, количество которых увеличивается вблизи контакта жилы Магистральной. Более редким продуктом изменения ильменита на месторождении Герфед является сфен, который, как и магнетит, отмечен в единичных находках. По Н.В.Петровской магнетит подобно ильмениту, рутилу и др. является в рудных телах представителем ксеногенных реликтовых минералов образующихся за счет перекристаллизации в связи с заимствованием вещества горных пород.

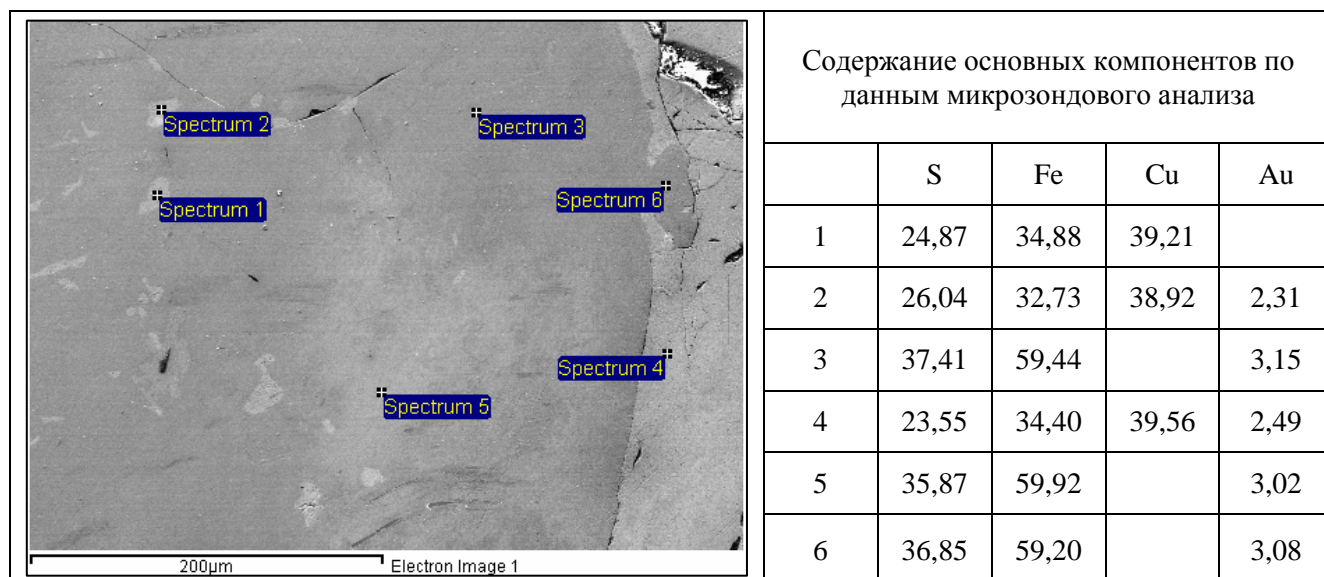


Рис 4.30. Включения (1, 2) и сростки халькопирита (4) с пиритом (3, 5, 6).

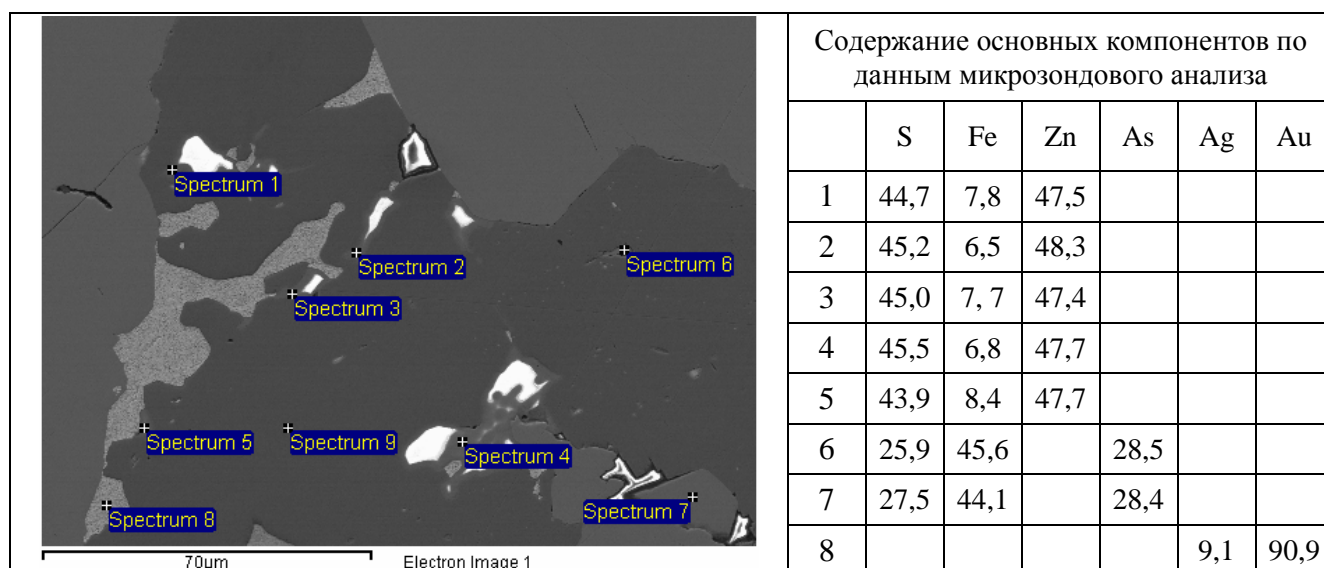


Рис. 4.31. Fe-сфалерит марматит (1-5), самородное золото (8), пирит (9) в арсенопирите (6,7).

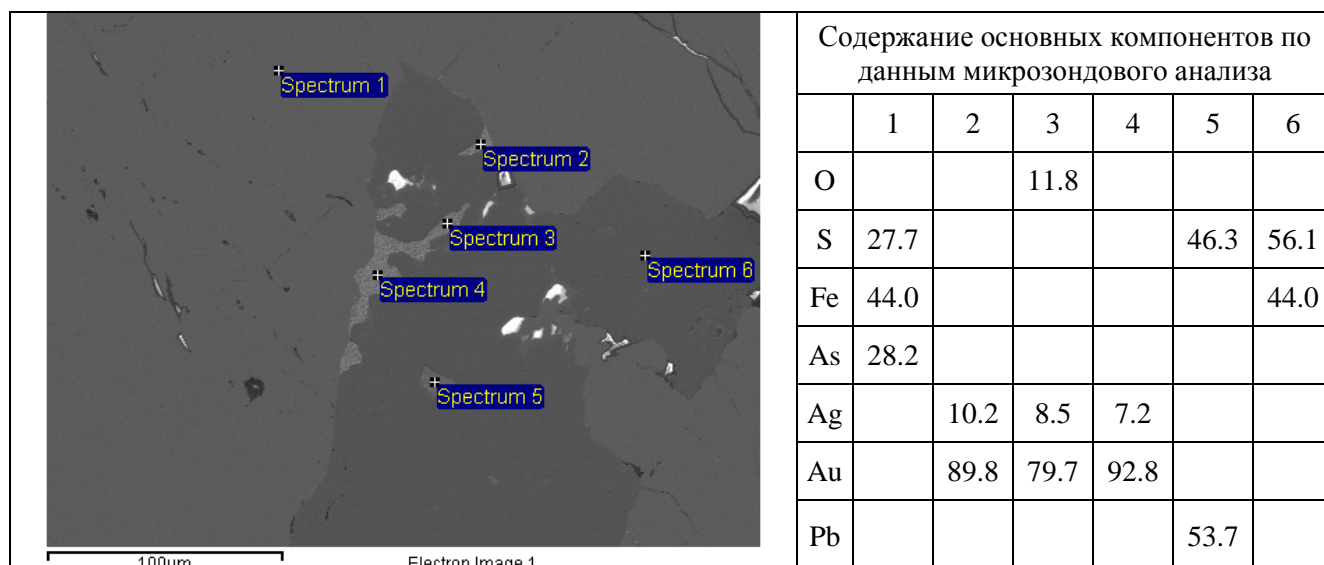


Рис 4.32. Самородное золото (2-4) с галенитом (5) в пирите (6) и арсенопирите (1)

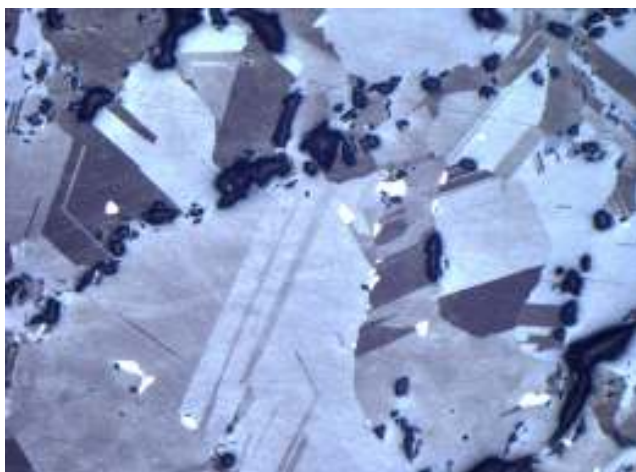


Рис. 4.33. Двойники роста в агрегате сфалерита. Черное – кварц. Месторождение Герфед. Полированный шлиф, протравлено. Ник.П. Ув.85^x.



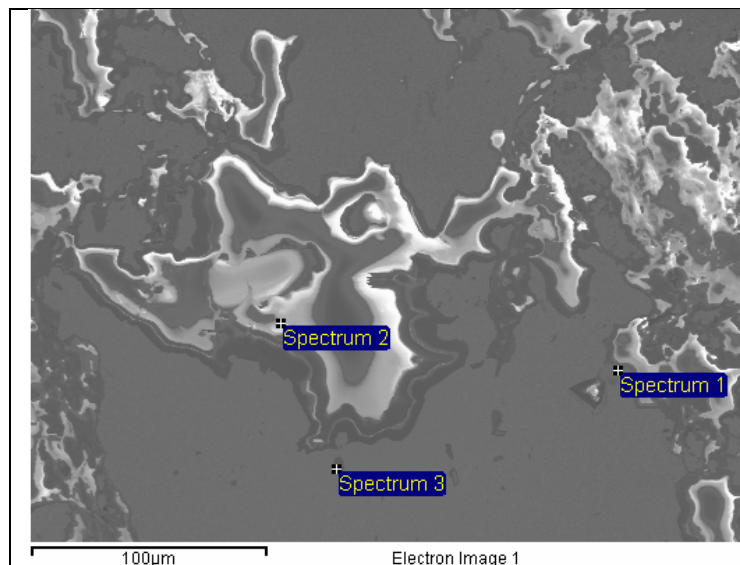
Рис. 4.34. Марказит белое, на границе с пирротинномверху и карбонатом – серое. Черное – кварц. М-е Герфед. Полированный шлиф Г 350/117,6.1. Ник.П. Ув.110^x



Рис. 4.35. Рутил (светло-серое) обрастает агрегат пирротина и халькопирита – в центре. Серое - метасоматит с выделениями графита. М-е Герфед. Полированный шлиф. Ник.П. Ув.170^x.



Рис. 4.36. Выделения рутила (белое) избирательно обрастают линзовидные выделения кварца в метасоматите (серое). Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник.П. Ув.85^x.



Содержание основных компонентов по данным микрозондового анализа

	1	2	3
O	70.84		69.97
Si	1.11		30.03
S		42.13	
Ti	28.05		
Fe		57.87	

Рис. 4.37. Пирит (2) и рутил (1) в кварце (3).

Золото в рудах Герфедского месторождения преимущественно свободное. Наиболее часто оно встречается в ассоциации с арсенопиритом (рис. 5.38-39), пирротином (рис. 5.40), халькопиритом, сфалеритом, галенитом, кварцем (рис. 5.41) и карбонатами (рис. 5.42). Размеры золотинок, также как и размеры других сульфидов, зависят от условий роста – метасоматического, или выполнения полостей. Наиболее крупные выделения, достигающие 1,5 мм, располагаются в друзовидных занорышах среди крупнозернистого кварца. Характерно и наличие мелкого золота в водяно-прозрачном регенерированном кварце на границе с сульфидами (рис. 5.41). Формы золотинок обычно ксеноморфны (рис. 5.40, 5.42), проволоковидны (рис. 5.39), пластинчатые, однако изредка встречаются правильные октаэдрические, ромбододекаэдрические и кубические кристаллы. Цвет золотинок меняется от ярко-желтого до красновато-золотистого. Последние содержат висмут и теллур /130/. В оперяющей жиле Ответная /130/ установлена примесь сурьмы.

Наряду со свободным состоянием, золото встречается и в тонкодисперсном виде в сульфидах, преимущественно пирите, арсенопирите и халькопирите. По результатам микрозондовых исследований (рис. 4.23 и 4.30) концентрация золота в сульфидах варьирует в пределах 1,6-3,5 массовых процента. Результаты химического анализа монофракций пирита и арсенопирита, выполненного Б.Е. Шелеховым (1965), приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8.

Результаты хим. анализа монофракций пирита и арсенопирита по Б.Е. Шелехову /130/.

	Au, г/т	Ag, г/т	As %	Cu %	Pb %	Bi %	Ni %	Co %	Mn %
Пирит	4,0	12,0	-	0,006	0,56	н/б	0,007	0,003	-
Арсенопирит	26,0	64,0	44,1	н/б	н/б	н/б	0,13	0,033	0,001

По данным золотоспектральных анализов монофракций пирита и арсенопирита, проведенных в ходе подготовки данной работы, содержание золота в различных генерациях пирита варьирует от 0,1 до 10 г/т, причем наиболее высокие (до 10 г/т) значения золота содержат пириты, находящиеся в ассоциации с пирротинном и карбонатами. Концентрация золота в арсенопиритах выше, чем в пиритах и может достигать 60 г/т.

Пробность золота месторождения Герфед предшественниками определена в 731-903 /113/. Микрозондовые исследования единичных зерен (рис. 4.31, 4.32) показали, что пробность золота варьирует в диапазоне 898-928. Из примесей основным элементом является серебро 7,2-10,3%. Остальные примеси (Cu, Bi, Sb и др.) присутствуют в незначительных количествах (до 1%).

В распределении золота отмечается обогащенность им раздувов жилы и мест пространственного совмещения продуктивных метасоматических ассоциаций рудных минералов и ассоциаций минералов выполнения пустот (сочленение жилы Магистральная с оперяющими жилами), резкая изменчивость содержаний золота в секущих жилах. Содержание золота в сланцах обогащенных сульфидами в несколько раз выше, чем в сланцах, обедненных сульфидами.

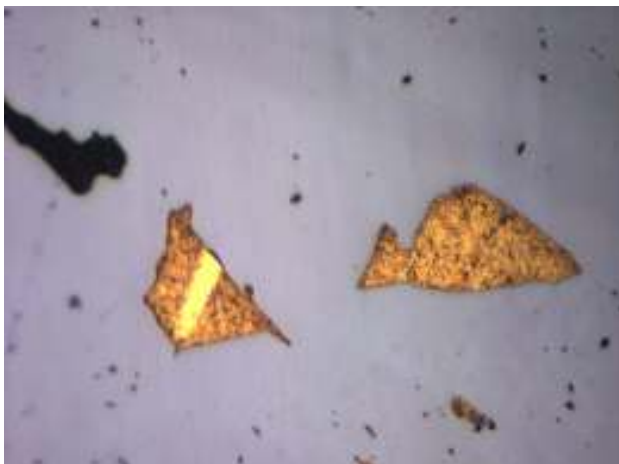


Рис. 4.38. Формы включений золота – желтое, в арсенипирите – серое. Левое зерно золота имеет двойниковое строение. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник.П. Ув.155^x.

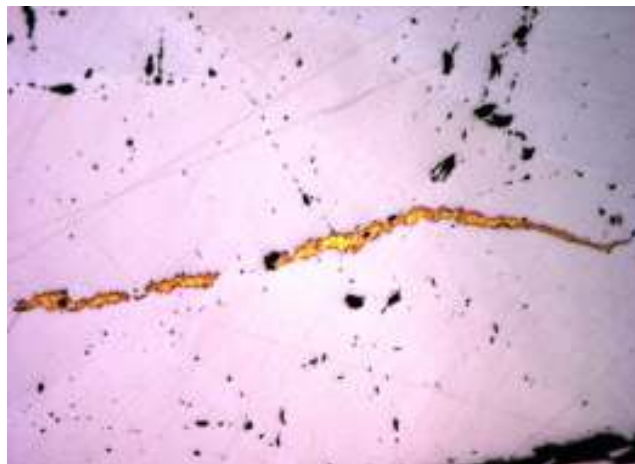


Рис. 4.39. Прожилкововидные выделения золота в арсенипирите Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник.П. Ув.155^x.



Рис. 4.40. Золото (желтое) в сростании с пиротином (серовато-белое). Серое – рутил, черное метасоматит. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник.П. Ув.165^x.



Рис. 4.41. Мелкое и тонкое свободное золото – желтое, в кварце – черное, белое – арсенипирит. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник.П. Ув.150^x.

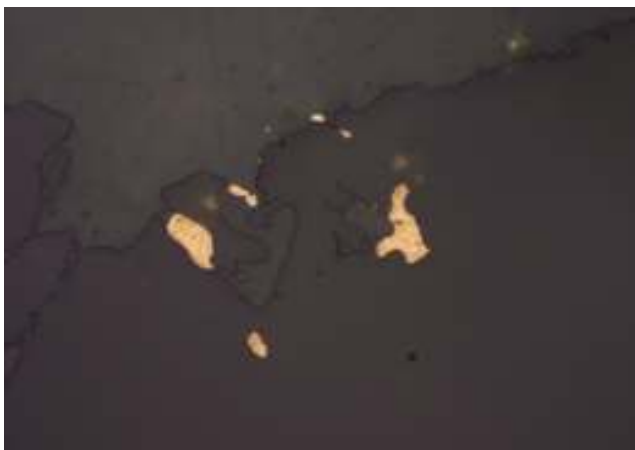


Рис. 4.42. Свободное мелкое золото – желтое, кварц – темно-серое внизу, карбонат серый – вверху. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Ник.П. Ув.160^x.

4.2.2. Николаевское месторождение

Рудная минерализация Николаевского месторождения представлена ильменитом, рутилом, анатазом, магнетитом, пиритом, марказитом, пирротином, мельниковитом, халькопиритом, арсенопиритом, гетитом и золотом. Преобладающую роль имеют пирротин, ильменит и рутил, в отдельных пробах – магнетит (до 10%) 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%, в богатых разностях руд – до 9-10%.

Пирротин часто встречается во внутренних зонах метасоматоза и эндоконтактовых частях Николаевской жилы. Здесь, кроме тонкой вкрапленности единичных зерен, пирротин-I встречается в форме резко вытянутых сближенных овалоподобных обособлений (рис. 4.43) размером до 1,8 мм, в составе которых отдельные зерна имеют размеры до 0,02 мм. Структуры таких образований гранобластовые. В кварце самой Николаевской жилы распространен пирротин-II, который также встречается в виде гнездообразных агрегатов, замещающих пирит-II и арсенопирит, однако обычно в незначительных количествах (от единичных выделений до 3%). Небольшое количество пирротина-II здесь объясняется частыми случаями замещения его пиритом-III (рис. 4.44). Характерны сростания пирротина с рутилом (рис. 4.45), магнетитом и халькопиритом, а также замещение пирротина марказитом и мельниковитом, вплоть до полных псевдоморфоз (рис. 4.46). Такие почти полные псевдоморфозы размером до 2 см образуют пятнистость пород с текстурами типа «птичий глаз». Редки сростания пирротина с арсенопиритом.

Пирит встречается в руде практически постоянно в количествах от единичных выделений до 7% (в среднем около 1%). Размеры зерен резко не равномерны – от 0,08 мм до 4,5 мм, а их сростки могут достигать 5,8 мм. Наиболее часто пирит встречается в виде неравномерной вкрапленностью или прожилковидных цепочек метазерен мощностью до 1 см, реже отмечаются пятнистые скопления зерен и их сростков. Пирит-I имеет кубические и пентагондодекаэдрические формы метакристаллов, иногда не завершенные. Внутреннее его строение ситовидное с включениями загрязненного кварца. Кроме почти правильных кристаллографических форм, пирит-I проявляется в формах футляров с кварцевой начинкой. Структура пирита-I в рудах гипидиоморфнометазернистая. Пирит-II по своим характеристикам очень похож на пирит-II месторождения Герфед, что подтверждают результаты его травления (рис. 4.47). Пирит-III имеет наибольшее в пределах Николаевской жилы распространение среди других его генераций. Он развивается в виде псевдоморфоз по пирротину (рис. 4.44) и по своему внутреннему строению аналогичен пириту-III месторождения Герфед (рис. 4.48). Так же, как на месторождении Герфед, он тесно ассоциирует с карбонатами и с наиболее поздним хрусталевидным кварцем. Пирит-III встречается в сростках с марказитом и участвует в строении мельниковита, реже наблюдаются сростки его с магнетитом, пирротином и халькопиритом.



Рис. 4.43. Кулисообразное размещение агрегатов пирротина – желто-белое во внутренних зонах метасоматоза. Темно-серое – нерудные минералы. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.30^x.



Рис. 4.44. Реликты незамещенного пирротина-II – серое, пиритом-III – белое. Черное – нерудные минералы. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.30^x.



Рис. 4.45. Обрастание пирротина-I – желто-белое, рутилом – серое, черное – нерудные минералы. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.30^x.

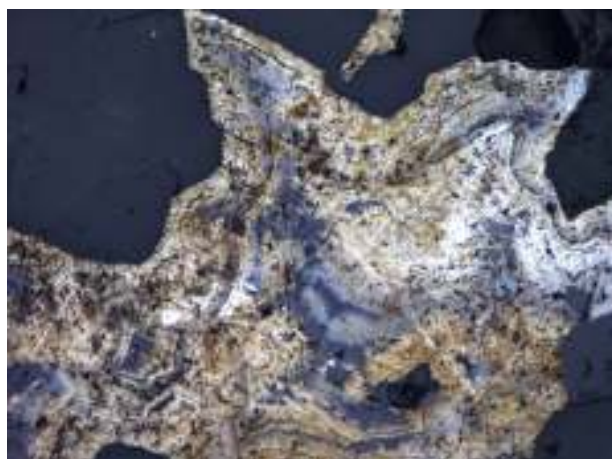


Рис. 4.46. Агрегат мельниковита полностью заместивший пирротин-II, черное – кварц. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Протравлено. Ник. II. Ув.115^x.



Рис. 4.47. Внутреннее строение пирита-II (протравлено). Черное – кварц. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.30^x.

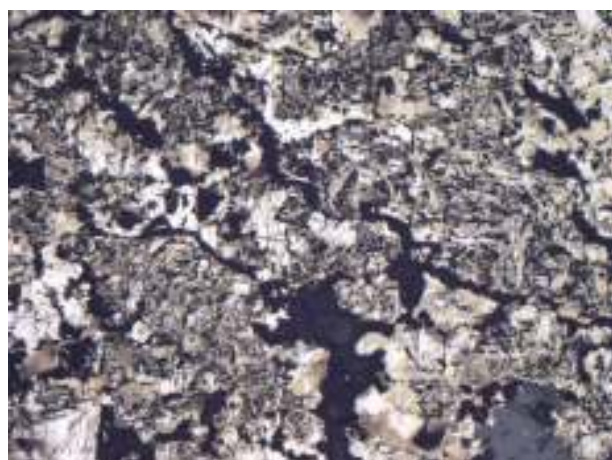


Рис. 4.48. Внутреннее строение агрегата зерен пирита-III. Протравлено. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x.

Спектральные анализы монофракций пиритов Николаевского месторождения показывают, что накопление элементов-примесей в пиритах подчинено тем же закономерностям, что и у пиритов Герфедского месторождения. Анализировались пириты из надрудной пачки углеродистых филлитов и из рудовмещающей пачки кварц-биотит-хлоритовых сланцев. В пиритах определялись содержания Co, Cu, Zn, Pb, Ti, Mn, As, Au, Ag, W, Mo, Bi, из них Ag, W, Mo, Bi не обнаружены. Результаты анализов приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9.
Средние содержания элементов-примесей ($n \cdot 10^{-3}\%$) и их отношений в пиритах Николаевского месторождения (54 анализа).

Элементы-примеси и их отношения в пиритах	Углеродистые филлиты		Кварц-биотит-хлоритовые сланцы	
	Интервал обнаружения	Средние содержания	Интервал обнаружения	Средние содержания
Au	0,01-5	0,06	0,01-50	0,16
As	2-200	19,5	5-100	32
Co	2-200	21	1-100	19
Ni	0,5-50	8,5	0,5-10	2,4
Ni/Co	0,01-0,5	0,36	0,05-5	0,12
Cu	0,5-200	26	0,5-200	81
Zn	2-10	3,2	2-20	2,4
Cu/Zn	0,5-50	6,8	1-50	17
Pb	0,5-100	12,1	0,5-10	1,3
Ti	5-50	28	2-50	7,2
Mn	5-100	18	2-20	16,8

В пиритах углеродистых филлитов в относительно больших концентрациях содержатся никель, свинец и титан. Для них характерно повышенное значение никель-кобальтовых отношений, а содержание золота крайне незначительно. Пириты кварц-биотит-хлоритовых сланцев содержат повышенные концентрации меди, мышьяка и золота. Показательно для них и большие значения отношений Cu/Zn.

Магнетит по данным изучения полированных шлифов присутствует в руде в количествах от 0 до 12%. Магнетитовая минерализация обогащает в основном руды бедные кварцем, тогда как кварцевые проявления в виде пятен и прожилков практически лишены магнетитовой составляющей. Магнетит является наиболее распространенным минералом, приуроченным к породам и рудам со значительным содержанием карбонатов. Химический анализ магнетитовых руд показал, что среднезернистый кварц в такой жильной массе составляет 52%, карбонаты (преимущественно кальцит) – около 40%. Сульфиды же при этом играют второстепенную роль.

Наряду с правильными октаэдрическими метакристаллами магнетита наблюдаются его аллотриоморфные выделения, в связи с чем, структура его определяется как гипидиоморфно-тазернистая (рис. 4.49). Характерны его сростания с ильменитом (рис. 4.50). Обособления маг-

нетита в виде сростков достигают 2,8 мм. Чаще же он встречается в виде рассеянной вкрапленности отдельных мелких (от 0,12 до 0,25 мм) зерен. Более крупные зерна его имеют раздробленную вторичную структуру, иногда содержат включения пирротина и халькопирита.

Ильменит наиболее развит в рудных метасоматитах в зоне их контакта с кварцевой жилой, где его концентрации могут достигать 4-5%. В кварце Николаевской жилы он менее распространен (до 1-2%). Формы зерен ильменита неправильные, границы срастаний с другими минералами извилистые, заливообразные. Структура аллотриоморфнометазернистая. Тесные срастания ильменита наблюдаются с рутилом и анатазом, которые его замещают (рис. 4.51) и магнетитом (рис. 4.50).

Рутил наиболее распространен в ассоциации с ильменитом и пирротинном (рис. 4.45), развивается по ильмениту (рис. 4.51) замещая его. Наибольшие концентрации рутила наблюдаются в рудных метасоматитах экзоконтактной зоны кварцевой жилы. Содержание рутила в отдельных образцах здесь аналогично содержанию ильменита. В эндоконтактной части жилы содержание рутила резко падает, но размеры его зерен увеличиваются до 0,55 мм. Формы зерен неправильные удлинённые. Структура аллотриоморфнометазернистая. Иногда зерна рутила псевдоморфно замещаются анатазом и пиритом (рис. 4.52)

Халькопирит встречается в рудах в незначительных количествах (менее 1%) в виде мелких и тонких (от 0,06 мм до 0,25 мм) выделений. Обычная его форма проявления в руде – мелкая вкрапленность, часто в ассоциации с пирротинном. Границы срастаний с пирротинном сложные до кружевных (рис. 4.53). Структуры халькопирита аллотриоморфнометазернистые. Внутреннее строение зерен, выявляемое структурным травлением, характеризуется наличием полисинтетических двойников роста (рис. 4.54). Заметно тяготение халькопиритовой минерализации к карбонатизированным разностям рудных метасоматитов – халькопирит-I (зерна до 0,1 мм), и кварцевой части жил – халькопирит-II (зерна до 0,25 мм).

Арсенопирит в руде встречается лишь эпизодически (в единичных образцах до 4%). Обычно арсенопирит проявляется в виде редкой мелкой неравномерной вкрапленности отдельных правильных и неправильных короткопризматических зерен размером до 1,9 мм. Первичная структура зерен гипидиоморфнометазернистая, вторичная – раздробленная. Наблюдаемые срастания с пирритом и пирротинном также редки.

Марказит встречается в сростках с пирритом, но значительно реже него. Однако в составе пиррит-марказитовых агрегатов, чаще определяемых как мельниковит (тонкие срастания с пирритом), его содержания варьируют от 0 до 5%. Структуры марказита аллотриоморфнометазернистые или метаколлоидные (рис. 4.46). Формы зерен неправильные до кружевных. Кроме пиррита для марказита типичны срастания с пирротинном и замещения пирротина в виде псевдоморфоз.

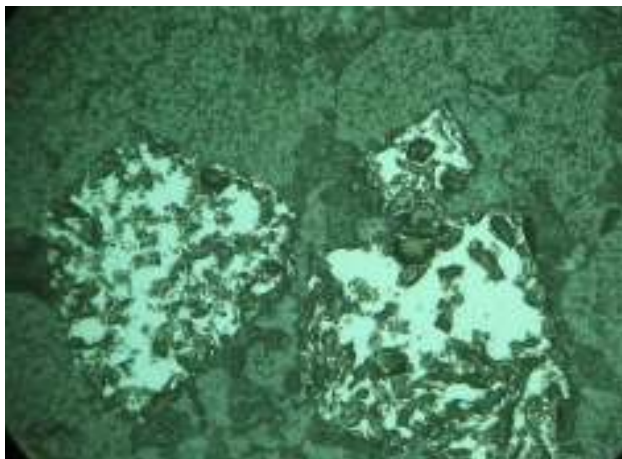


Рис. 4.49. Идиоморфные метакристаллы магнетита – светлое, темное – нерудные минералы. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x.



Рис. 4.50. Сrostок зерен ильменита – серое в центре и магнетита – серо-белое, темно-серое – нерудные минералы. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x.



Рис. 4.51. Замещение ильменита – серое, рутилом – серо-белое, темно-серое – нерудные минералы. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x.

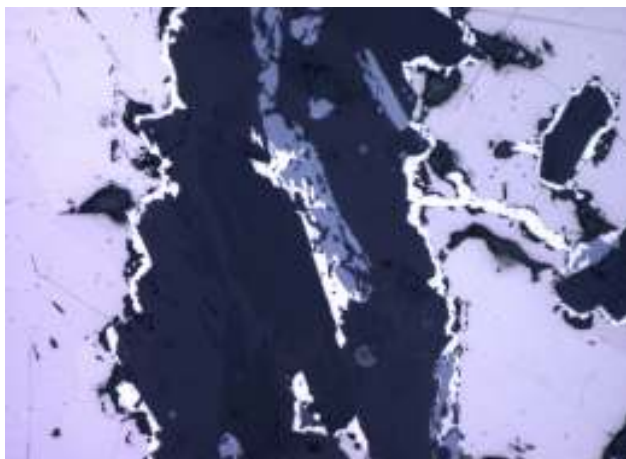


Рис. 4.52. Обрастание пиритом-III – белое, рутила – серое в центре и пирротина – светло-серое справа и слева. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.280^x.



Рис. 4.53. Халькопирит – желтое в карбонатном прожилке – темно-серое в центре, серовато-белое – пирротин, черное – кварц. М-е Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.130^x.



Рис. 4.54. Внутреннее строение агрегата халькопирита – желтое, серовато-белое – пирротин II. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Протравлено. Ник. II. Ув.120^x.

Галенит и сфалерит в руде жилы Николаевской встречаются редко, обычно в виде включений в пирите и пирротине (рис. 4.55, 4.56), размеры их зерен редко достигают 0,03 мм.

В целом содержание сульфидов в рудах составляет первые проценты и по этому показателю руды Николаевского месторождения необходимо считать малосульфидными.

Гетит резко преобладает в составе гидроксидов железа, присутствующих (довольно редко) в окисленных кварцевых рудах. В трещинах кварца гетит выполняет цементирующую роль и содержит в своем агрегате включения тонких реликтов замещенных сульфидов – пирротина, пирита, и халькопирита. Текстуры руды с гетитом – цементные, структуры – колломорфные. Реже гетит наблюдается в виде вкрапленности – псевдоморфоз по пирротину (резко удлинённые овалы размером около 2 мм). Иногда в сростании с гетитом отмечается золото (рис. 4.57).

Золото характеризуется неравномерным распределением, как в пределах жилы Николаевской, так и в окружающих ее рудных метасоматитах. Технологическими исследованиями (Самойлов, 2007) установлено, что золото в жиле Николаевской находится как в связи с сульфидами (пирротин, пирит), так и в свободной форме, образуя выделения в кварце и карбонатах. Технологическими исследованиями (Алгебраистова, 2004) так же установлено, что большая часть золота (66%) находится в сростаниях с сульфидами, свободное золото составляет 28%, а еще 6% находится в ассоциации с силикатами /130/. Исследования аншлифов, проведенные в ходе подготовки данной работы, а так же рудных концентратов, полученных в ходе эксплуатации месторождения, свидетельствуют об отсутствии сложных сростаний сульфидов между собой и золотом за исключением замещения пирротина мельниковитом (рис. 4.46). Свободное золото встречается в мелкозернистом кварце без видимой связи с сульфидами. Представлено оно мелкими вкраплениями, неравномерно распределенными среди рудной массы. Лишь в единичных случаях наблюдаются сростки крупных выделений золота с арсенопиритом и тонкого золота со слюдой. В целом, следует сделать заключение, что золото Николаевского месторождения в основном свободное в кварце и в меньших количествах встречается в сростаниях с сульфидами и тонкодисперсном состоянии в них.

Большая часть золота невидима невооруженным глазом. Размеры зерен варьируют от тысячных долей мм до 1,5 мм /130/. Редко встречаются более крупные зерна (до 2-3 мм). По granulометрическому составу от 50 до 70% золота находится в классе +0,5 мм (табл. 4.10). Наиболее распространенная размерность золота 0,04-0,85 мм (в среднем 0,35 мм). По результатам технологических исследований руды (ТОМС, 2010), в концентратах обогащения (-2+1) наиболее полно представлены все формы обособления золота (рис. 4.58-60). Это преимущественно резко удлинённые неправильные овалы с округлыми или крючковатыми выступами и заливообразными краями, вытянуто-клиновидные, или удлинённо-пластинчатые формы, обусловленные распространением золота по трещинам. Реже это сложные почти изометричные формы.

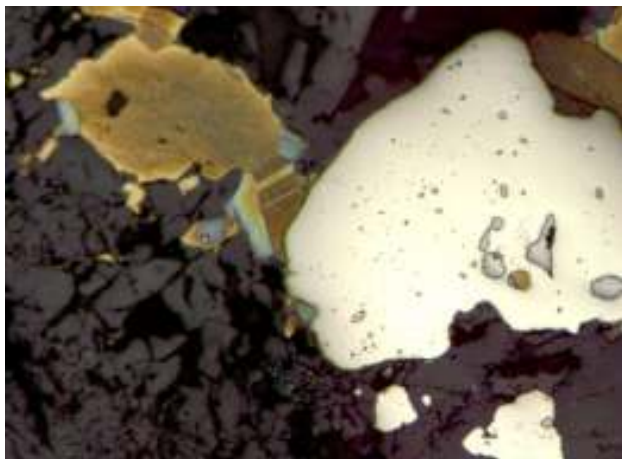


Рис. 4.55. Реликты галенита – светло-серое, в пирите-III – желтовато-белое, желтое – халькопирит. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Протравлено. Ник. II. Ув.125^x.

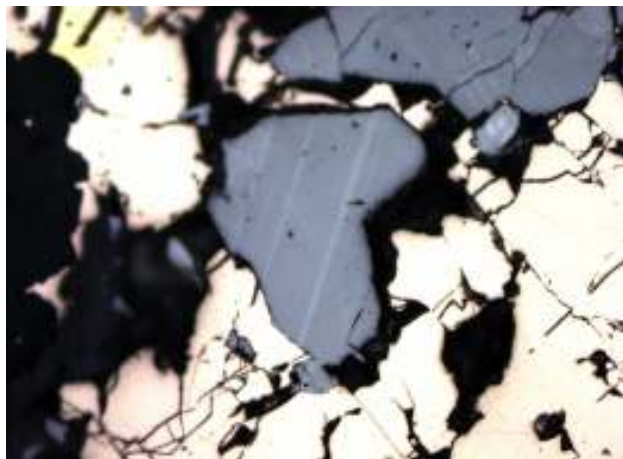


Рис. 4.56. Полисинтетические двойники в сфалерите – серое. Пирит – белое. Халькопирит – желтое вверху слева М-е Николаевское. Полированный шлиф. Протравлено. Ник. II. Ув.130^x.

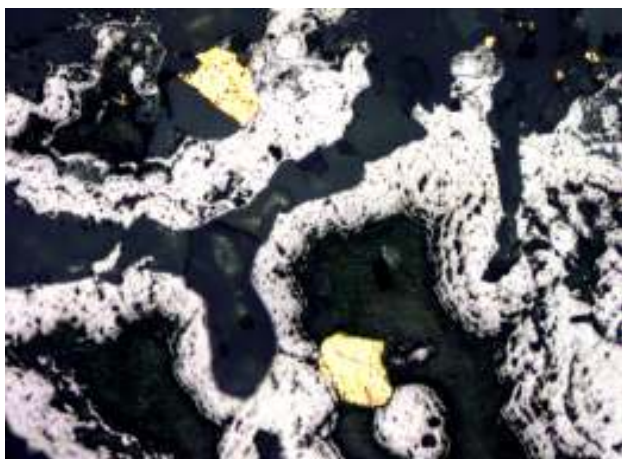


Рис. 4.57. Тонкое золото – желтое, с гетитом – белое, в анкерите – черное. Месторождение Николаевское. Полированный шлиф. Ник. II. Ув.600^x.

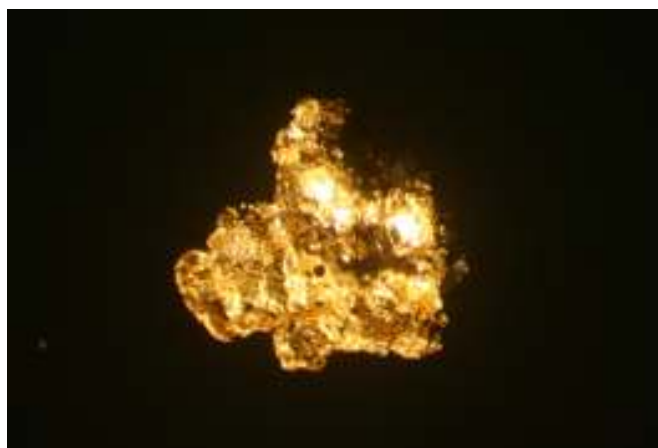


Рис. 4.58. Сложная форма золота. Кварц в сростке – белое. Месторождение Николаевское. Ув.25^x.



Рис. 4.59. Золото в концентрате – удлиненная сложная форма (в центре). Белое – сульфиды, серое – магнетит, темно-серое – цемент. М-е Николаевское. Искусственный полированный шлиф. Ник. II. Ув.35^x.



Рис. 4.60. Неоднородное строение золота – желтое. Белые включения – арсенопирит, черное – цемент. Месторождение Николаевское. Искусственный полированный шлиф. Ник. II. Ув.90^x.

Таблица 4.10.
Распределение золота Николаевского месторождения по классам крупности по данным анализа технологических проб.

Класс крупности, мм	Организация исполнитель, автор, место отбора.								
	Университет цветных металлов и золота-2004 г. Алгебраистова. Уч. Центральный			Институт химии и химической технологии-2007 г. Самойлов. Карьер Северный			ТОМС-2010 г. Романченко. Карьер Северный		
	Выход класса, %	Содержание золота, г/т	Распределение золота, %	Выход класса, %	Содержание золота, г/т	Распределение золота, %	Выход класса, %	Содержание золота, г/т	Распределение золота, %
-2+1	29,4	1,5	11,2	60,0	12,0	58,8	38,3	9,6	33,0
-1+0,5	16,3	11,5	47,7	3,7	12,2	3,7	13,8	17,5	21,5
-0,5+0,3	8,9	6,4	14,5	3,5	16,7	4,8	6,6	13,2	7,8
-0,3+0,16	11,4	4,0	11,6	10,4	12,4	10,5	7,0	9,4	5,9
-0,16+0,074	14,4	2,2	8,0	3,7	13,4	4,0	17,3	9,2	14,3
-0,074	19,6	1,4	7,0	18,7	11,9	18,2	17,0	11,5	17,5
Исходная руда	100	2,33	100	100	12,31	100	100	11,1	100

Пробность золота варьирует от 767 /130/ до 872-898 /103/.

Проведенными в разные годы исследованиями руд Николаевского месторождения, не установлена приуроченность золота к каким либо парагенетическим ассоциациям. Однако в ходе разведочных работ /103, 130/ отмечена устойчивая связь промышленных концентраций золота с такими рудными минералами, как пирротин, магнетит и арсенопирит. Самородное золото в пирротине устанавливается под микроскопом практически повсеместно. Золотоспектральный анализ мономинеральных проб пирротина и пирита показал его наличие в количестве 10-20 г/т и 10 г/т соответственно /130/. Из 38 пересечений жилы с магнетитовой минерализацией содержание золота более 4 г/т отмечено в 29 случаях. Из 23 пересечений кварцевой жилы с арсенопиритовой минерализацией, 13 имеют содержание золота свыше 4 г/т /130/. Минераграфические исследования так же показали более частую связь золота с пирротинном.

Б.Е. Шелеховым (1965 г) установлены более высокие концентрации золота в обособлениях молочно-белого крупнозернистого кварца, по сравнению с мелким сахаровидным метасоматическим кварцем /130/.

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 мало-сульфидной 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.

4.3. Вещественный состав рудных метасоматитов

4.3.1. Герфедское рудное поле

Минеральный состав околожильных метасоматитов существенно варьирует, как по степени удаленности от контакта с жилой Магистральной, так и, особенно, по принадлежности к ее лежащему, или висячему боку. Различия минерального состава лежачего (пенченгинская свита) и висячего (кординская свита) боков жилы Магистральной наглядно отражены на диаграмме распределения минералов (рис. 4.61) и в таблице 4.11. Из приведенных рисунков и таблиц отчетливо видно, что метасоматиты лежачего и висячего крыла жилы, существенно отличаются по своему минеральному составу, в связи с чем ниже они рассматриваются отдельно. Если для метасоматитов кординской свиты характерен достаточно простой минеральный состав с преобладанием кварца и мусковита, то для пенченгинской свиты отмечается значительное возрастание количества породообразующих минералов (рис. 4.61, табл. 4.11).

Вмещающие породы кординской свиты (интервал 5-10 м от контакта с жилой) представлены полосчатыми углеродистыми сланцами, где углеродистые прослои составляют почти половину породы. В этих прослоях отмечается микроплойчатость, которую подчеркивают листочки тонкозернистого мусковита-серицита. Состав породы: кварц – 60%, серицит – 20%, хлорит – 10%, альбит – 3%, углеродистое вещество – 5%, рудные минералы – до 2%. Химический и ее формульный состав породы в этом интервале (проба Г-7) приведен в таблице 4.12.

Химический состав пород в интервале 3-5 м от контакта жилы (табл. 4.11) практически не меняется (пробы Г-6, Г-5). Здесь по-прежнему в составе пород преобладают кварц и серицит (рис. 4.61, табл. 4.11), однако количество гранобластового кварца снижается при нарастании содержания хлорита, а углеродистое вещество сохраняется только в виде отдельных участков. Размеры линзовидных выделений кварца возрастают до 1,5 мм. Углеродистые сланцы местами преобразованы в хлорит-карбонатные сланцы, которые обладают ясно сланцеватой текстурой, подчеркнутой распределением пеннинового агрегата.

На расстоянии 2 м (проба Г-4) от контакта минералогический состав породы так же практически не меняется, однако распределение углеродистого вещества становится ключевидным, хотя сланцеватость сохраняется за счет чешуек хлорита и серицита. В составе хлорит-карбонатного сланца возрастает количество хлорита и снижается роль карбонатов.

Заметные изменения состава метасоматитов наблюдаются на расстоянии 1,0 м (проба Г-3) от контакта с жилой. Эти изменения касаются в основном перекристаллизации мелкозернистого мусковита в метакристаллы, размеры которых возрастают на порядок. Кроме того, становится заметным количество карбонатов, представленных анкеритом, возрастает до 7% количество гидроксидов железа, а размеры реликтовых сульфидов снижаются вдвое (менее 0,01 мм).

Таблица 4.11.
 Минеральный состав жилы Магистральной и ее околожильного пространства (РЛ 23, скважина С-393) по результатам рентгенофазового анализа.

Расстояние от контакта	№ пробы	Кварц	Мусковит	Клинохлор	Альбит	Пирит	Анагаз	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 жила	Г-15	97,5	11,2	20,6	13,9				0,4				12,4	1,5
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				

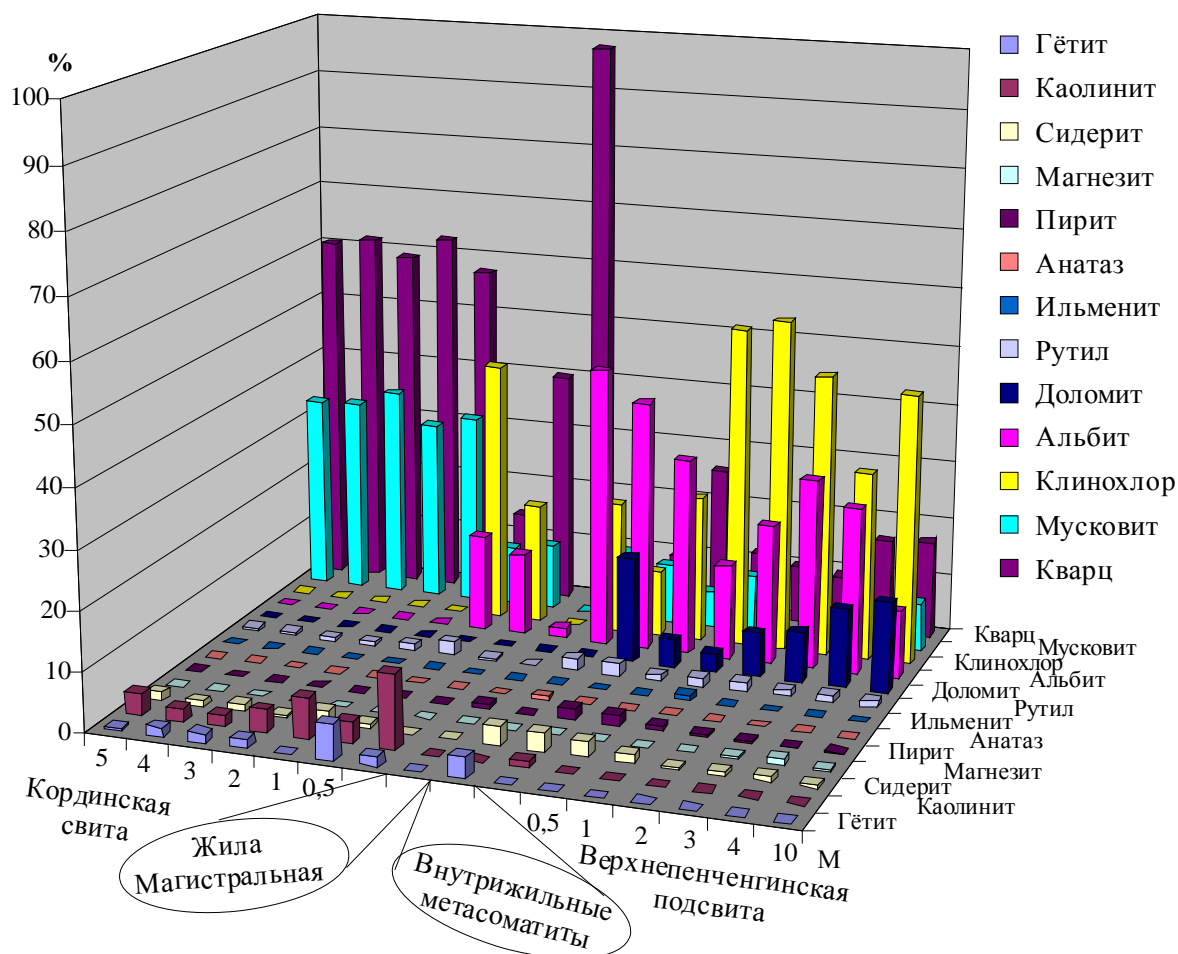


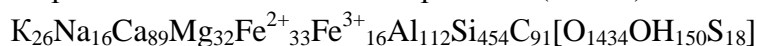
Рис 4.61. Диаграмма распределения рудных и нерудных минералов в околожильном пространстве жилы Магистральная.

Таблица 4.12.
Изменение химического состава метасоматитов кординской свиты по мере приближения к жиле Магистральная

Химические компоненты	Контакт с жилой	0,5 м от контакта	1 м от контакта	2 м от контакта	3 м от контакта	4 м от контакта	5 м от контакта
	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	Г-5	Г-6	Г-7
SiO ₂	54,53	42,51	63,68	63,14	64,15	66,73	66,02
TiO ₂	0,79	3,87	1,27	0,89	1,18	1,2	0,96
Al ₂ O ₃	17,48	17,03	19,8	15,81	16,66	15,64	15,94
Fe ₂ O ₃	14,4	12,19	2,99	9,07	6,59	5,55	6,28
FeO	1,5	5,5	0,22	0,15	0,15	0,11	0,22
MnO	0,029	0,04	0,021	0,15	0,11	0,068	0,019
CaO	0,94	0,82	0,51	0,53	0,59	0,52	0,46
MgO	2,1	4,27	1,2	1,05	1,23	1,23	1,09
Na ₂ O	1,17	2,5	0,15	0,13	0,14	0,14	0,11
K ₂ O	0,15	0,84	5,27	4,43	5,05	5,16	4,48
P ₂ O ₅	0,15	0,18	0,053	0,051	0,048	0,042	0,031
SO ₃	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
п.п.п.	7,81	7,04	4,9	4,3	3,87	3,42	4,26
Сумма	99,55	99,29	99,84	99,55	99,62	99,7	99,65
S	0,017	0,06	0,018	0,015	0,016	0,016	0,011
CO ₂	0,11	0,11	0,11	0,055	0,055	0,055	0,11

Г-1	$K_1Na_8Ca_8Mg_{23}Fe_9^{+2}Fe_{122}^{+3}Al_{232}Ti_9Si_{817}C_1P_0[O_{1216}(OH)_{384}]$
Г-2	$K_4Na_{19}Ca_7Mg_{50}Fe_{36}^{+2}Fe_{178}^{+3}Al_{236}Ti_{46}Si_{666}C_1P_0[O_{1238}(OH)_{362}]$
Г-3	$K_{26}Na_1Ca_4Mg_{14}Fe_{14}^{+2}Fe_{26}^{+3}Al_{270}Ti_{15}Si_{976}C_1P_0[O_{1238}(OH)_{362}]$
Г-4	$K_{23}Na_1Ca_5Mg_{13}Fe_{10}^{+2}Fe_{82}^{+3}Al_{223}Ti_{11}Si_{1011}C_{0.5}P_0[O_{1373}(OH)_{227}]$
Г-5	$K_{25}Na_1Ca_5Mg_{15}Fe_{10}^{+2}Fe_{59}^{+3}Al_{235}Ti_{14}Si_{1025}C_{0.5}P_0[O_{1396}(OH)_{204}]$
Г-6	$K_{26}Na_1Ca_5Mg_{15}Fe_7^{+2}Fe_{50}^{+3}Al_{221}Ti_{14}Si_{1067}C_1P_0[O_{1396}(OH)_{204}]$
Г-7	$K_{23}Na_1Ca_4Mg_{13}Fe_{15}^{+2}Fe_{55}^{+3}Al_{220}Ti_{11}Si_{1035}C_1P_0[O_{1383}(OH)_{217}]$

Средний состав пород кординской свиты по Г.А. Середенко (1987 г).



Еще более заметные изменения происходят на расстоянии 0,5 м от контакта (проба Г-2). Здесь резко уменьшается количество кварца и мусковита, заметно возрастает количество альбита и хлорита вместе с появлением кальцита (рис. 4.62). Если хлорит подчеркивает направление реликтовой сланцеватости, то мусковит в породе располагается неравномерно в случайном порядке. В основном метасоматит представляет собой слабо оруденелый агрегат, состоящий преимущественно из хлорита (пеннина). К практически мономинеральным участкам пеннина приурочена равномерная сеть «лапчатых» (ксеноморфных) кристаллов графита размером не более 0,1-0,2 мм. Среди хлоритолитов выделяются участки тонкозернистого (0,001-0,01 мм) кальцит-хлоритового состава, где карбонат образует равномерную сыпь в хлорите. Текстура пород линзовидно-сланцеватая. Наблюдаются линзовидные обособления микрозернистого кварца, с пелитоморфными карбонатами и небольшим количеством углеродистого вещества.

Область контакта кординской свиты с жилой Магистральной представлена окисленной рудой бурого цвета и обломками перетертой породы (проба Г-1). Состав рудных минералов ограничивается гетитом – 10%, гидрогетитом – 5%, ильменитом и рутилом – 1%, корочками и вкрапленностью малахита, скородита, а также единичными выделениями ковеллина и реликтами пирита. Линзовидные кварц-пиритовые включения раздроблены, растащены и замещены гидроксидами железа. Структуры указанных минералов в основном метаколлоидные. Нерудные минералы заметно увеличены в размерах – розетки хлорита достигают 3 мм, мусковита, карбоната и альбита – до 1 мм (рис. 4.62 и 4.63). Также ведет себя рутил, зерна которого достигают 0,5 мм. О неравномерности минералогического состава измененных пород свидетельствует появление чисто мусковит-карбонатных прослоев (рис. 4.64).

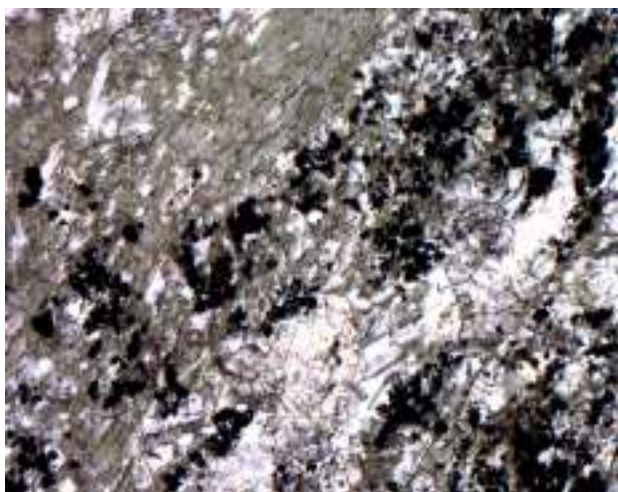


Рис. 4.62. Рудный метасоматит. Прожилочек кальцита (белое) в центре. Агрегат хлорита – слева, рудный минерал – черное. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г-2. Ник. II. Ув.100^x.

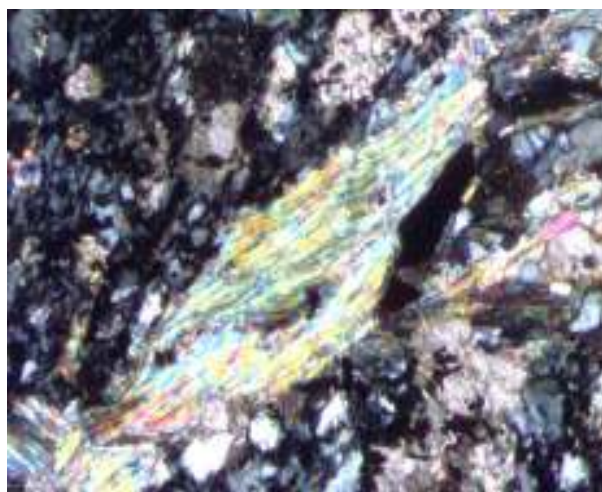


Рис. 4.63. Рудный метасоматит. В центре линза мусковита – яркое, карбонаты и хлорит – серое, рудные минералы – черное. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г-3. Ник.+ Ув.100^x.

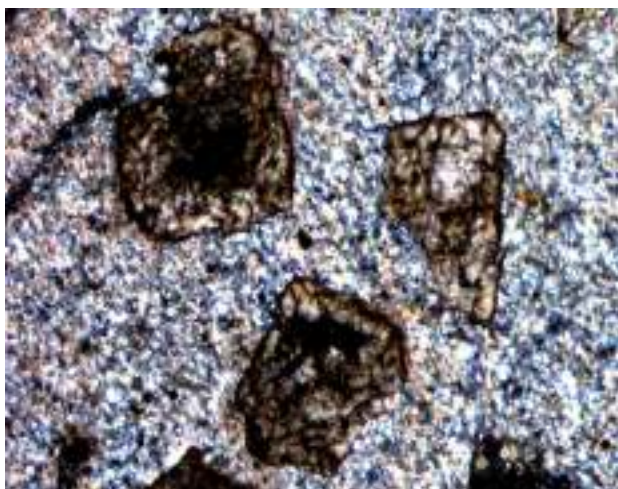


Рис. 4.64. Рудный метасоматит. Железистые карбонаты – бурое, агрегат мусковита – пестрое, черное – рудные минералы. М-е Герфед. Прозрачный шлиф Г 349/84,7. Ник.+ Ув.100^x.

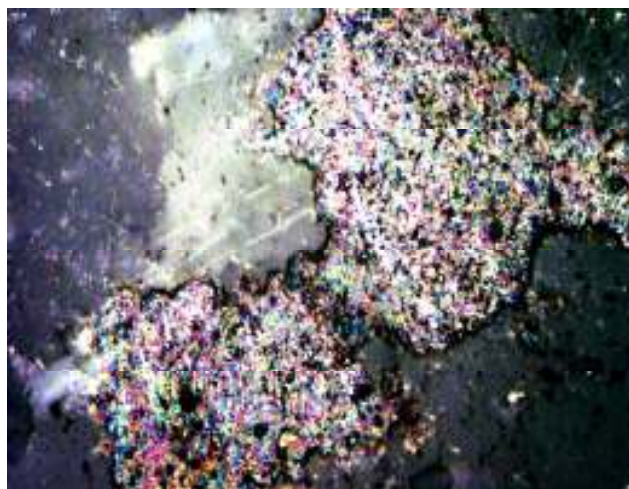


Рис. 4.65. Скопления графита – пестрое в карбонатном метасоматите – серо-белое. Месторождение Герфед. Полированный шлиф. Г 327/101,4. Ник.+ Ув.370^x.

В целом для метасоматитов всякого бока оруденения можно констатировать, что в интервале до 1 м от контакта в их составе отмечается существенная доля альбита (13-17%) и клинохлора (20-45%). На большем удалении от жилы состав пород выравнивается и представлен главным образом кварцем (57-63%) и мусковитом (30-36%). Данный состав характерен и для неизмененных пород. Такие минералы, как гетит и каолинит обнаружены только в наджилльных образованиях кординской свиты. Наличие этих минералов в залегающих на глубине до 100 м и более (от современного эрозионного среза) отложениях указывает на широкое проявление процессов выветривания в сланцах кординской свиты.

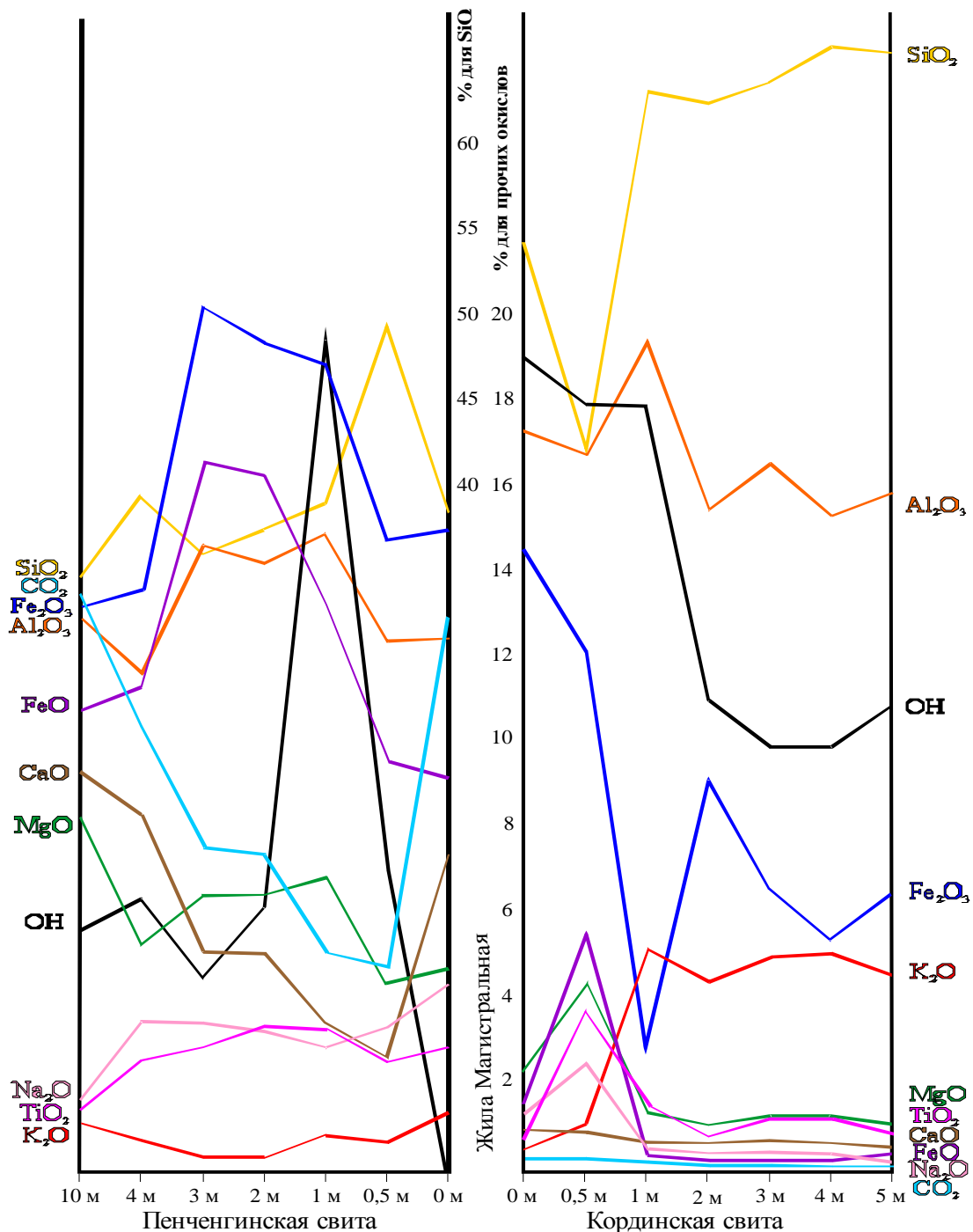


Рис. 4.66. Диаграмма привноса-выноса основных химических компонентов при метасоматозе пород в зависимости от расстояния до жилы Магистральная (линия 23, скважина С-393).

Химические анализы, пересчет их на формульный состав метасоматитов (табл. 4.12) и диаграмма привноса-выноса химических компонентов (рис. 4.66) показывают:

1) в приконтактные области жилы (до 1 м от контакта) происходил привнос железа, магния, кальция, титана, натрия, воды, частично глинозема и незначительного количества серы;

2) из приконтактных зон метасоматоза в жилу выносились кремнезем и калий.

Спектральные анализы метасоматитов кординской свиты свидетельствуют о значительном изменении содержаний отдельных элементов так же только в интервалах до 1 м от контакта с жилой Магистральной. В приконтактной зоне возрастают концентрации As, Be, Cu, Fe, P, Zn, Ni, Ti, W, V; и снижаются – B, Cr, Mo, Pb, (табл. 4.13).

Таблица 4.13.

Изменение состава элементов-примесей в метасоматитах кординской свиты по мере приближения к жиле Магистральная (линия 23, скважина С-393).

Хим. элемент	Контакт с жилой	0,5 м от контакта	1 м от контакта	2 м от контакта	3 м от контакта	4 м от контакта	5 м от контакта
	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	Г-5	Г-6	Г-7
Ag	<0,1	0,59	0,38	0,46	0,62	0,98	0,45
As	180	15	17	41	14	7	<5
B	1,3	<1	11	8,2	8,6	11	9,5
Ba	15	11	8,4	9	8,2	7,6	8,7
Be	0,61	0,34	<0,1	0,18	0,15	<0,1	0,17
Cd	0,14	0,38	0,2	0,24	0,21	0,26	0,16
Co	3	1,6	0,31	2,9	1,7	0,84	1,2
Cr	3,2	3,1	5,4	6,4	6,2	5,7	6
Cu	56	52	14	43	35	29	39
Fe	5,7	5,5	0,92	2,8	2,3	1,8	2,5
Mn	<20	<20	<20	53	49	23	<20
Mo	0,18	<0,1	1,1	0,86	0,81	1,3	0,56
Ni	5,3	3,7	2	3	2,2	1,5	3,9
P	69	60	18	21	22	18	16
Pb	0,58	0,63	<0,5	5	2,7	2	1,9
Sb	1,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	0,29	0,53	0,41	0,79	0,43	0,42	0,34
Sr	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ti	240	1300	340	240	350	330	310
V	7	110	30	34	26	44	24
W	0,36	2	0,4	0,31	0,3	0,27	0,28
Y	<3	4,4	<3	<3	<3	<3	3,1
Zn	25	21	4,9	4,4	4,4	4,7	4,6
Zr	1,9	11	5,7	4,3	4,1	6,2	3,9

Метасоматиты верхнепенченгинской подсвиты имеют несколько иной характер изменчивости по мере приближения к жиле Магистральная.

На расстоянии 10 м от жилы (проба Г-14) вмещающие породы представлены полосчатым кварц-карбонат-хлоритовым сланцем с мусковитом (хлорит – 30-40%, карбонат – 15-25%, кварц – 20%, мусковит – 5-15%, альбит – 5-10%). Рудная минерализация убогая: пирит, пирротин, халькопирит, рутил – 2%. В хлоритовой массе карбонаты, кварц и альбит представлены отдельными обломками, линзочками и микропрожилками мощностью до 0,9 мм. Обломки овальной, реже остроугольной формы, вероятно, это сближенные и сильно будинированные прослои. Средние размеры обломков – 0,15 мм. Чешуйки хлорита подчеркивает сланцеватость пород.

На расстоянии 4 м от контакта (Г-13) сланцеватость становится теневой, возрастает содержание альбита, который встречается часто в раздробленных кристаллах размером 0,7 мм. В то же время сокращается количество будинированных карбонатов, и несколько возрастает рудная составляющая. Состав породы: хлорит – 25-30%, кварц – 15-25%, карбонат – 15-20%, альбит – 25-30%, рудные минералы – до 10%, мусковит и цоизит – 5-7%. Зерна кварца в основной массе до 0,03 мм, карбоната – до 0,15 мм, цоизита – до 0,2 мм. Рудная минерализация представлена пирротинном – 4%, пиритом – 1%, рутилом – 5%, халькопиритом и сфалеритом – единичные выделения. Зерна пирротина и пирита до 0,3 мм. Рутил встречается в сростках (до 0,05 мм).

На расстоянии 3 м от жилы (Г-12) состав метасоматитов практически не меняется, несколько снижается количество доломита, мусковита и кварца.

На удалении 2 м от жилы (Г-11) в кварцитовидной породе с пятнами карбонатов появляются углеродистые прослои и пятна. По составу это полосчатый кварц-карбонатно-хлоритовый метасоматит с рудными минералами, тяготеющими к мусковит-карбонатным просечкам. Карбонат представлен буроватым анкеритом (зерна до 0,6 мм), реже кальцитом.

На расстоянии 1 м от контакта (Г-10) метасоматит представляет собой кварциты с размерами зерен 0,03 мм с просечками гранулированного кварца и карбоната (зерна до 0,35 мм), чередующиеся с участками хлорит-углеродистых узелковых сланцев (хлорит-углеродистые узелки до 2,5 мм). В узелках присутствуют пластинки мусковита (до 0,2 мм) и вкрапленность рудных минералов. Углерод в них реликтовый. Рудные минералы – пирит и рутил (в сумме до 5%) с незначительной примесью халькопирита, пирротина и мельниковита (вместе до 1%).

В области контакта с жилой полностью исчезает сланцеватость вместе с углеродистостью. Это существенно кварц-альбит-хлоритовый метасоматит с карбонатом и рудной минерализацией. Состав: альбит – 30-40%, кварц – 10-30%, хлорит – 10-30%, карбонат – 5-20%, рудные минералы – 10%, редкие зерна актинолита и мусковита. Размеры карбонатов и кварца увеличиваются на порядок (в среднем 0,3 мм). Рудная минерализация на контакте с жилой отличается от более удаленных участков появлением совместно с пиритом – арсенопирита (до 5% каждого). В незначительных количествах присутствуют пирротин, мельниковит, борнит, халькопирит и сфалерит.

В целом для метасоматитов пенченгинской свиты характерны столь сильные вариации количества главных минералов, что часто встречаются участки мономинерального состава, представленные скоплением пеннина с реликтами альбита и крупными пластинками мусковита.

По сравнению с кординской свитой, метасоматиты пенченгинской свиты характеризуются существенно пониженным содержанием кварца (10-25%) и мусковита (0-16%), на фоне высоких концентраций клинохлора (25-55%) и альбита (16-30%) и заметных содержаний доломита (3-15%). В целом, по направлению к жиле в них снижается количество хлорита и карбоната при увеличении доли альбита, кварца и пирита. Во внутренних зонах метасоматоза (0,5 м от контакта и ближе) доли клинохлора (11%) и кварца (9%) снижаются, за счет возрастания количества альбита (43%) и доломита (18%). Из таблиц 4.12 и 4.14 отчетливо просматривается повышенная титанистость подрудных метасоматитов пенченгинской свиты (титановых минералов – 2-6%), которая несколько снижается вблизи контакта с жилой Магистральная (1-2%).

Таблица 4.14

Изменение химического состава метасоматитов верхнепенченгинской подсвиты по мере приближения к жиле Магистральная (линия 23, скважина С-393)

Химические компоненты	Контакт с жилой	0,5 м от контакта	1 м от контакта	2 м от контакта	3 м от контакта	4 м от контакта	10 м от контакта
	Г-8	Г-9	Г-10	Г-11	Г-12	Г-13	Г-14
SiO ₂	38,45	49,73	38,84	37,12	36,69	39,84	35,14
TiO ₂	2,87	2,85	3,43	3,45	3,08	2,72	1,62
Al ₂ O ₃	12,56	12,53	14,99	14,16	14,56	11,97	13,16
Fe ₂ O ₃	15,32	15,03	18,94	19,44	20,24	13,83	13,22
FeO	9,25	9,76	13,68	16,29	16,66	11,74	10,86
MnO	0,22	0,11	0,099	0,15	0,14	0,17	0,33
CaO	7,54	2,85	3,48	5,2	5,23	8,29	9,15
MgO	4,71	4,61	6,95	6,65	6,61	5,49	8,2
Na ₂ O	4,49	3,65	2,88	3,27	3,52	3,66	1,8
K ₂ O	1,17	0,56	0,68	0,024	<0,02	0,62	1,42
P ₂ O ₅	0,19	0,31	0,38	0,35	0,35	0,29	0,16
SO ₃	0,1	0,16	0,14	0,012	0,027	<0,01	0,011
п.п.п.	12,3	7,3	8,68	9,75	9,26	12,78	15,49
Сумма	99,92	99,69	99,49	99,58	99,71	99,66	99,7
S	3,16	2,65	2,08	0,46	0,84	0,31	0,22
CO ₂	13,2	4,95	5,28	7,65	7,7	10,62	13,61

Г-8	$K_7Na_{42}Ca_{78}Mg_{68}Fe_{75}^{+2}Fe_{167}^{+3}Al_{215}Ti_{42}Si_{742}C_{174}P_1O_{1600}$
Г-9	$K_3Na_{30}Ca_{26}Mg_{58}Fe_{69}^{+2}Fe_{144}^{+3}Al_{189}Ti_{37}Si_{845}C_{58}P_2[O_{1467}(OH)_{133}]$
Г-10	$K_4Na_{24}Ca_{32}Mg_{88}Fe_{97}^{+2}Fe_{181}^{+3}Al_{225}Ti_{44}Si_{660}C_{61}P_3[O_{1222}(OH)_{378}]$
Г-11	$K_0Na_{28}Ca_{48}Mg_{86}Fe_{123}^{+2}Fe_{189}^{+3}Al_{216}Ti_{45}Si_{643}C_{90}P_3[O_{1478}(OH)_{122}]$
Г-12	$K_0Na_{30}Ca_{50}Mg_{98}Fe_{123}^{+2}Fe_{201}^{+3}Al_{227}Ti_{41}Si_{648}C_{93}P_3[O_{1509}(OH)_{91}]$
Г-13	$K_3Na_{31}Ca_{78}Mg_{72}Fe_{86}^{+2}Fe_{138}^{+3}Al_{186}Ti_{36}Si_{703}C_{128}P_2[O_{1473}(OH)_{127}]$
Г-14	$K_8Na_{16}Ca_{89}Mg_{110}Fe_{82}^{+2}Fe_{136}^{+3}Al_{208}Ti_{22}Si_{632}C_{168}P_2[O_{1487}(OH)_{113}]$

Химические анализы (табл. 4.14) и диаграмма привноса-выноса химических компонентов из пород верхнепенченгинской подсвиты (рис. 4.66) показывают:

1) из вмещающих пород в приконтактовые области метасоматоза (до 5 м от контакта) привносились кремнезем, железо, алюминий, титан, натрий, вода и сера;

2) из приконтактовых зон метасоматоза (до 5 м от контакта) в метасоматические кварциты жилы Магистральной выносились калий, магний, кальций и углекислота.

Таким образом, следует отметить, что инфильтрационные флюиды, обусловившие метасоматические процессы Герфедского рудного поля, проявились в верхнепенченгинской и кординской свитах в формировании различных по химическому составу метасоматитов, что объясняется различным составом исходных пород. **Однако по мере приближения к метасоматическим кварцитам жилы магистральной состав метасоматитов постепенно выравнивается, приближаясь к составу рудообразующих флюидов.**

Для оперяющих жил, локализованных внутри пенченгинской свиты, существенных различий в составе надрудных и подрудных метасоматитов не просматривается (табл. 4.15).

Таблица 4.15.

Минеральный состав оперяющей жилы и околожилных метасоматических измененных филлитов пенченгинской свиты (РЛ IV, скважина 446) по результатам рентгенофазового анализа.

Расстояние от контакта	№ пробы	Кварц	Мусковит	Клинохлор	Альбит	Пирит	Анатаз	Ильменит	Рутил	Доломит	Сидерит	Магнетит
10 м	ГК17372	36,0	5,4	29,7	15,5	0,4			0,4	9,9	0,4	2,1
3 м	ГК17379	36,7	4,0	26,1	18,7	0,4			1,5	10,6	0,4	1,5
2 м	ГК17380	25,4	4,6	35,4	23,6				0,5	10,0	0,2	
1 м	ГК17381	24,9	7,7	27,4	20,5	1,3	2,7	0,3	1,8	11,9	1,3	
контакт	ГК17382	32,2	9,2	18,2	24,7	0,8	1,9		1,4	10,9	0,6	
жила	ГК17389	100										
контакт	ГК17401	52,0	11,9	10,3	11,5	1,3			1,1	11,2	0,5	
1 м	ГК17402	30,9	8,1	20,0	22,7	0,4			0,6	14,4	0,6	2,1
2 м	ГК17403	26,3	8,4	29,9	20,2	0,6		1,5	0,6	11,6	0,25	0,5
3 м	ГК17404	28,8	8,4	20,0	24,5	0,3		1,3	0,6	14,6	0,3	0,9
5 м	ГК17405	24,0	7,0	27,9	25,8	0,3		1,4	0,2	12,2	0,2	0,6

Однако отчетливо просматриваются различия состава внутренних и внешних зон метасоматоза. Во внутренних зонах метасоматоза отмечается увеличение содержания мусковита, сопровождаемое снижением количества клинохлора, что характерно и для лежащего бока жилы Магистральной. В отличие от контактов жилы Магистральной, в зальбандах оперяющих жил происходит существенное прокварцевание пород (вблизи жилы Магистральной кварц выносит-

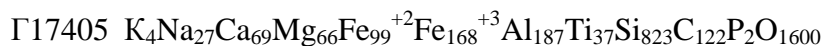
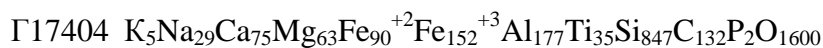
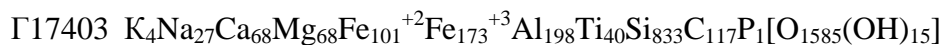
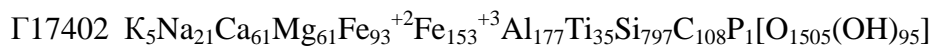
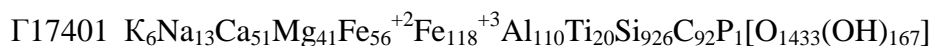
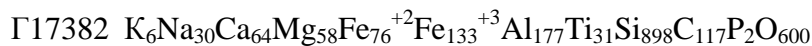
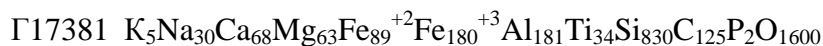
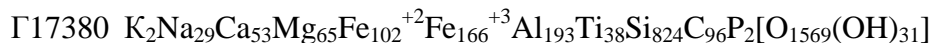
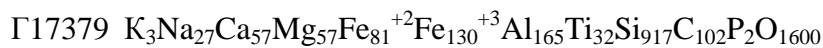
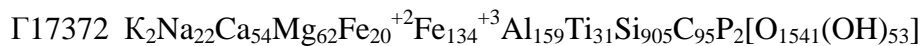
ся) и не отмечается сколько-нибудь значимой альбитизации, характерной для жилы Магистральная. Это говорит о несколько разных процессах участвующих в формировании жил – метасоматоз и выполнение пустот.

Химические анализы, пересчет их на формульный состав метасоматитов (табл. 4.16) и диаграмма привноса-выноса химических компонентов (рис. 4.67) показывают:

Таблица 4.16

Изменение химического состава метасоматитов пенченгинской свиты по мере приближения к оперяющей жиле (РЛ IV, скважина 446)

Химические компоненты	5 м от контакта	3 м от контакта	2 м от контакта	1 м от контакта	Контакт	Контакт	1 м от контакта	2 м от контакта	3 м от контакта	10 м от контакта
	Г17405	Г17404	Г17403	Г17402	Г17401	Г17382	Г17381	Г17380	Г17379	Г17372
	Метасоматиты лежащего бока					Метасоматиты висячего бока				
SiO ₂	44,15	45,55	43,89	45,23	56,74	49	44,47	45,77	50,99	51,28
TiO ₂	2,57	2,45	2,78	2,61	1,62	2,22	2,35	2,79	2,24	2,25
Al ₂ O ₃	11,33	10,76	11,8	11,35	7,59	10,95	10,97	12,12	10,3	10,2
Fe ₂ O ₃	15,93	14,46	16,22	15,35	12,82	12,85	17,13	16,33	13,8	13,49
FeO	12,66	11,56	12,73	12,66	8,22	9,87	11,41	13,5	10,64	10,75
MnO	0,21	0,21	0,22	0,24	0,17	0,22	0,24	0,24	0,22	0,21
CaO	6,92	7,49	6,65	6,44	5,89	6,49	6,76	5,55	5,9	5,67
MgO	4,77	4,52	4,84	4,64	3,38	4,24	4,5	4,87	4,23	4,76
Na ₂ O	2,98	3,16	3,01	2,44	1,6	3,42	3,38	3,35	3,12	2,61
K ₂ O	0,66	0,77	0,68	0,94	1,13	0,92	0,78	0,37	0,56	0,42
P ₂ O ₅	0,28	0,26	0,31	0,28	0,18	0,27	0,27	0,3	0,25	0,25
SO ₃	0,029	0,039	0,057	0,041	0,032	<0,01	0,079	0,044	0,084	0,047
п.п.п	9,95	10,06	9,35	10,44	8,54	9,19	8,84	8,32	8,11	8,66
Сумма	99,78	99,73	99,81	100	99,69	99,77	99,77	100,1	99,8	99,85
S	0,7	0,87	0,74	0,71	2,77	1,68	3,14	0,71	1,43	0,58
CO ₂	9,57	10,4	9,08	8,91	8,25	9,35	9,85	7,81	8,25	7,7



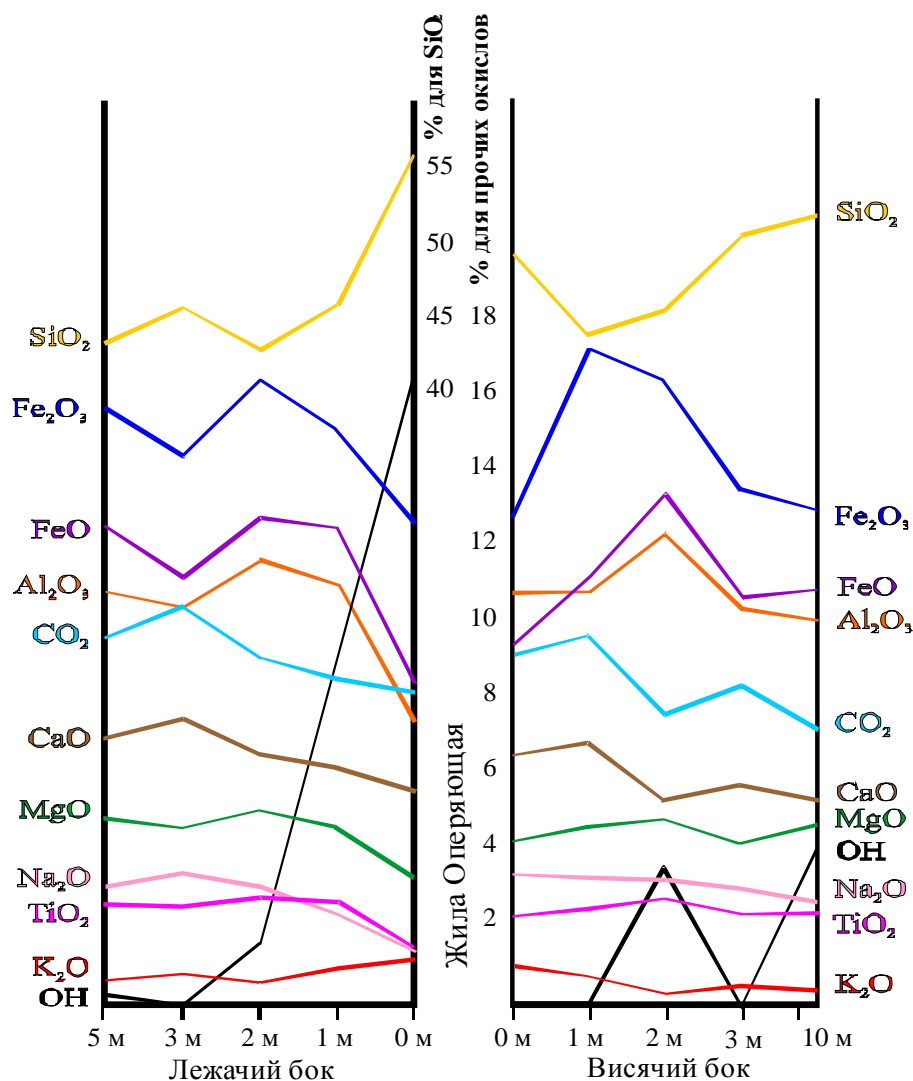


Рис. 4.67. Диаграмма привноса-выноса основных химических компонентов при метасоматозе в породах верхнепенченгской подсвиты в зависимости от расстояния до секущей жилы.

1) из вмещающих пород в приконтактовые области метасоматоза (до 1-2 м от контакта) привносились кремнезем и калий, с чем и связана повышенная серицитизация и окварцевание пород внутренних зон метасоматоза;

2) из зоны приконтактового метасоматоза (1-3 м от контакта) в жильное пространство выносилось в основном железо, что привело к обеднению внутренних зон метасоматоза хлоритом.

Спектральные анализы метасоматитов, локализованных вблизи контактов с оперяющими жилами, показывают отсутствие сколько-нибудь значимых вариаций содержаний микроэлементов по мере приближения к жиле, в отличие от метасоматических кварцитов жилы Магистральной (табл. 4.13 и 4.17). Это и естественно, поскольку образование метасоматических кварцитов происходило при нарастании интенсивности гидротермально-метасоматической проработки среды, а оперяющие жилы образовывались путем выполнения флюидами свободного пространства трещин. Рассматривая в целом околорудные изменения вмещающих пород вблизи опе-

ряющих жил, отмечается широкий ореол их пиритизации, перекристаллизации и гораздо более узкие и слабоконтрастные метасоматические изменения вблизи контактов с жилами.

Таблица 4.17
Изменение состава элементов-примесей метасоматитов пенченгинской свиты по мере приближения к кварцевым жилам (РЛ IV, скважина 446)

Элементы	Контакт с жилой Магистральной	0,5 м от контакта с жилой Магистральной	10 м от контакта с жилой Секущей	3 м от контакта с жилой Секущей	2 м от контакта с жилой Секущей	1 м от контакта с жилой Секущей	Контакт с жилой	Контакт с жилой	Контакт с жилой	1 м от контакта с жилой Секущей	2 м от контакта с жилой Секущей	3 м от контакта с жилой Секущей	5 м от контакта с жилой Секущей
	Г-8	Г-9	Г17372	Г17379	Г17380	Г17381	Г17382	Г17389	Г17401	Г17402	Г17403	Г17404	Г17405
Ag	0,18	0,25	0,1	<0,1	0,1	0,18	0,11	0,11	0,33	0,25	0,17	0,12	<0,1
As	<5	34	<5	20	5,9	5,3	<5	<5	21	<5	<5	7,2	<5
B	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,3	1,3	1,8	<1	<1	<1
Ba	<6	8,1	7,4	6,5	7	6	6,1	16	10	9,3	6,8	6,3	6
Be	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cd	0,25	0,25	0,18	0,17	0,19	0,18	0,22	<0,1	0,25	0,37	0,26	0,18	0,23
Co	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	7	<6	<6	<6	<6	<6
Cr	2,2	5,2	1,6	2,9	2,3	3,8	2,1	0,13	3,6	3,5	3,4	2,3	2,6
Cu	<2	2,3	3,2	3,7	<2	2,3	4,6	2,9	13	5,7	2,7	3,2	2,5
Fe	13	26	7,7	10	7	22	11	3,3	32	8	12	8,4	10
Mn	5,6	6,5	3,8	4	4,1	5,9	4	3,1	6,6	5,2	4,4	3,5	4,4
Mo	160	67	76	62	84	89	70	29	82	87	69	62	74
Nb	<0,1	0,13	0,14	0,15	0,13	0,17	0,18	0,31	0,28	0,15	0,13	0,13	0,12
Ni	2,2	3,9	3,2	3,4	3,3	4,3	3,3	2,4	3,8	4,6	3,9	3,1	3,6
P	51	110	70	76	73	85	73	18	82	87	77	61	79
Sn	0,39	0,45	0,23	0,21	0,19	0,31	0,25	<0,1	0,32	0,3	0,25	0,19	0,23
Ti	1100	680	510	430	590	630	560	46	630	700	710	460	620
V	70	50	28	27	31	34	38	<0,5	53	78	46	28	38
W	1,2	0,94	0,42	0,56	0,19	0,43	0,55	0,21	0,59	0,24	0,2	0,17	0,18
Zn	4,6	22	13	13	15	12	11	1,4	10	16	16	10	15
Zr	13	8,3	7,9	7,4	8,7	7,7	8,5	<0,5	8,9	11	9,2	7,8	9,6

4.3.2. Николаевское рудное поле

Вещественный состав метасоматитов внутренних и внешних зон метасоматоза изучался на Северном рудном участке, где жила Николаевская локализована среди метаэффузивов пенченгинской свиты, которые выше по разрезу (3-4 м от жилы) переходят в филлиты, которые в свою очередь контактируют с углеродистыми сланцами кординской свиты (около 20 м от жи-

лы). Таким образом, и лежащий и висячий бок жилы Николаевской представлен метасоматически измененными породами пенченгинской свиты.

Внешние зоны метасоматоза висячего бока жилы Николаевской (5-10 м от контакта) представлены тонкослоистыми микросланцами кварц-альбит-хлоритового состава с биотитом, мусковитом и небольшим количеством рудных минералов (ильменит – 4%, рутил – 2%). Слюдистые минералы (мусковит, биотит, хлорит) равномерно распределяются в породе (размер листочков до 0,02 мм, при размерах зерен кварца – до 0,04 мм). Структура породы гранолепидобластовая. Отмечается общая направленность замещений биотита хлоритом. На расстоянии 5 м от контакта с рудной жилой состав и структура породы сохраняются, однако происходит заметное увеличение размеров зерен всех минералов в 2-5 раз.

На расстоянии 3-4 м от контакта вмещающие породы определенно приобретают черты метаэффузива со средним составом: хлорит – 40%, кварц – 25%, карбонаты – 14%, альбит – 10%, мусковит – 3%, рудный минерал – 8%. По сравнению с вышележащими филлитами, в метаэффузивах ниже количество кварца и широко проявлены процессы карбонатизации. Рудная минерализация представлена ильменитом и магнетитом (до 5% в сумме). Халькопирит, пирротин, арсенопирит и пирит образуют единичные выделения (до 0,07 мм). На расстоянии 2 м от жилы Николаевской состав метасоматитов существенно не меняется за исключением появления редких и мелких – до 0,05 мм зерен актинолита и турмалина. На расстоянии от 0,5 м до контакта с жилой вновь возрастает количество кварца в метасоматите (зерна до 0,12 мм), заметным становится присутствие биотита и актинолита (до 3%). Карбонатизация имеет наложенный характер, кальцит преобладает над доломитом и проявляется в виде прожилков и отдельных гнезд (рис. 4.68). По мере приближения к контакту наблюдаются процессы изменения ильменита с появлением рутила и магнетита. Структуры рудных минералов исключительно метазернистые.

Внешние зоны метасоматоза лежащего бока жилы Николаевской на расстоянии 5-10 м от контакта представлены карбонатизированными метаэффузивами основного состава (рис. 4.69). Средний состав (в %): плагиоклаз – 30, хлорит – 25, карбонаты – 20, кварц – 10, рудные минералы – 10, биотит – 4, мусковит – 1, актинолит – единичные зерна. Рудная минерализация представлена зернами (до 0,17 мм) ильменита – 6% и магнетита – 4%. На расстояниях 1-5 м от жилы состав пород практически не меняется, за исключением некоторого увеличения количества биотита – до 6% (рис. 4.70), вариаций содержаний кальцита и кварца, появления небольших количеств пирротина, халькопирита, пирита, арсенопирита и рутила. Для этого интервала характерно изменение ильменита с переходом части его в рутил, а непосредственно на контакте с жилой рутил замещается анатазом. На контакте с жилой в метасоматитах заметно обеднение кварцем (местами до 5%), возрастает количество альбита (до 45%), появляются отдельные розетки мусковита (рис. 4.71 и 4.72) и встречается видимое золото.

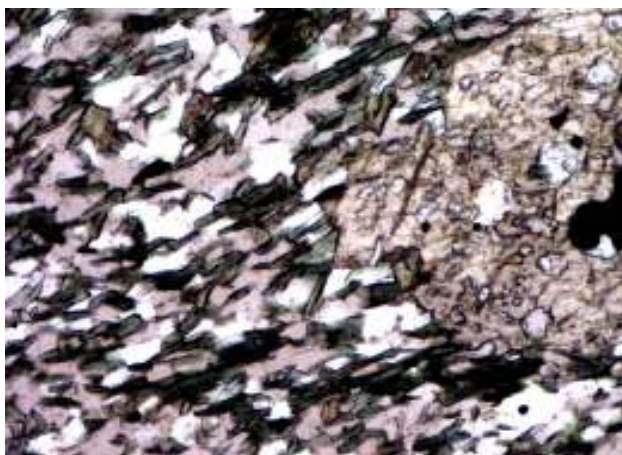


Рис. 4.68. Метасоматит внутренней зоны метасоматоза. Метакристалл кальцита справа, хлорит и актинолит – зеленое, кварц и альбит – серое и белое, рудный минерал – черное. М-е Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40^x.

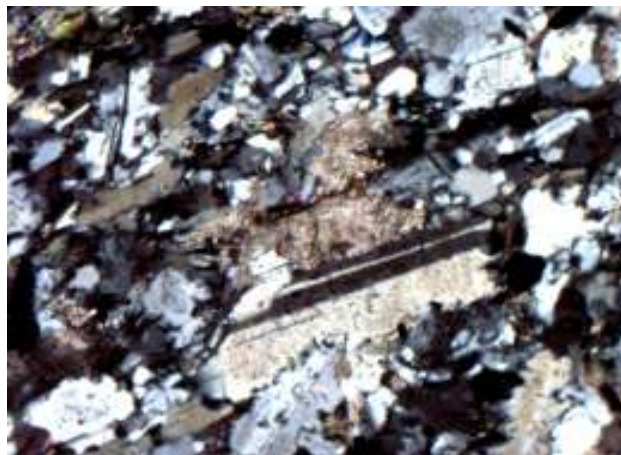


Рис. 4.69. Карбонатизированный метаэффузив (пенченгинская свита). Альбит – серое и белое, карбонат – бурое. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40^x.

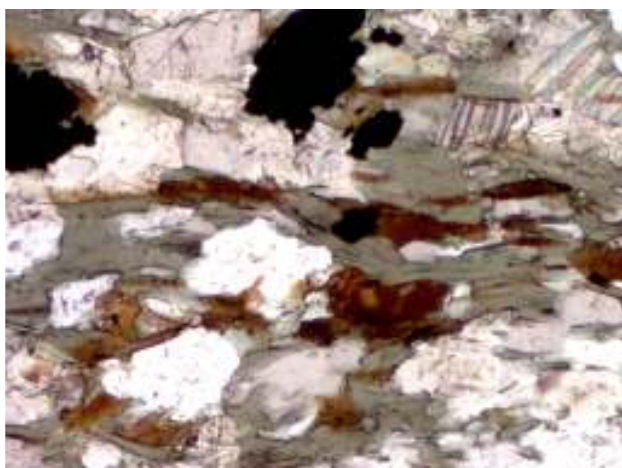


Рис. 4.70. Рудный метасоматит. Темно-бурое – биотит, зеленое – хлорит, кальцит – вверху справа, кварц – белое, рудный минерал – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник II. Ув.40^x.

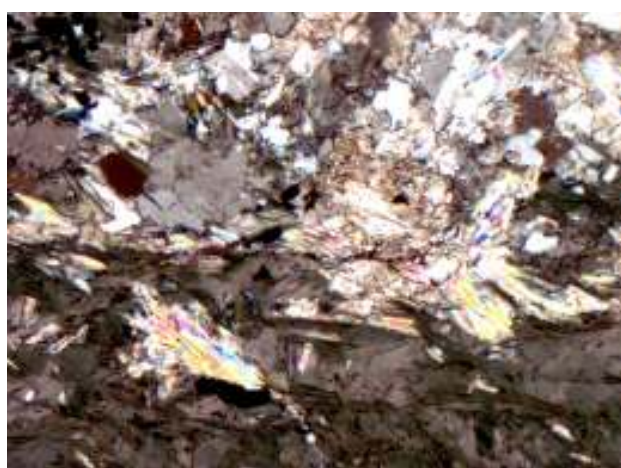


Рис. 4.71. Сложный состав околорудного метасоматита. Мусковит – яркие розетки, хлорит – зеленое, альбит и кварц – серо-белое, рудный минерал – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40^x.

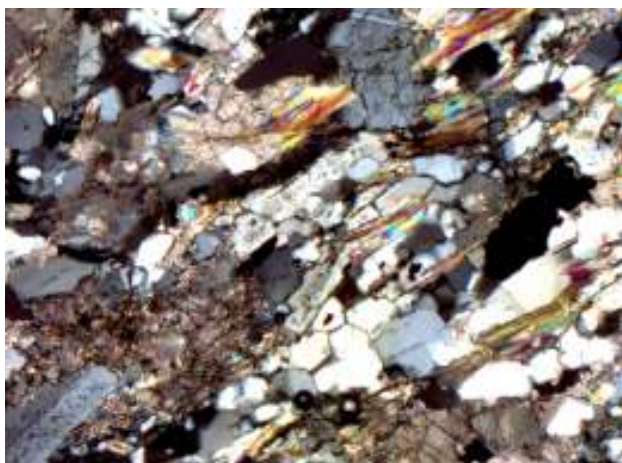


Рис. 4.72. Мусковит-кварц-альбитовый рудный метасоматит. Рудный минерал – черное. Месторождение Николаевское. Прозрачный шлиф. Ник +. Ув.40^x.

Результаты силикатных анализов и пересчет их на формульные количества по методу Т. Барта /95/ представлены в таблице 4.18, а результаты пересчета в таблице 4.19. Для большей наглядности результаты химических анализов так же вынесены на диаграмму привноса-выноса химических компонентов (рис. 4.73).

Таблица 4.18.
Усредненный химический состав метасоматитов месторождения Николаевское

Химические компоненты	4-10 м от контакта (3 пробы)	0,5-1 м от контакта (4 пробы)	Контакт с жилой (4 пробы)	Контакт с жилой (4 пробы)	0,5-1 м от контакта (5 проб)	2-3 м от контакта (5 проб)	5-10 м от контакта (5 проб)
	Н-1	Н-2	Н-3	Н-4	Н-5	Н-6	Н-7
	Метасоматиты лежачего бока			Метасоматиты висячего бока			
SiO ₂	37,60	41,56	38,04	46,22	41,56	41,01	44,07
TiO ₂	4,44	3,57	4,24	3,99	3,57	3,74	3,31
Al ₂ O ₃	11,74	11,66	12,96	11,0	11,66	11,72	11,85
Fe ₂ O ₃	3,16	4,51	5,03	2,90	4,51	2,21	2,77
FeO	11,06	14,59	15,17	14,02	14,59	12,98	15,45
MnO	0,24	0,29	0,27	0,23	0,29	0,24	0,25
MgO	4,18	5,04	4,82	4,13	5,04	3,94	3,74
CaO	8,39	4,90	4,86	4,84	4,90	7,29	4,14
Na ₂ O	2,80	2,06	2,66	2,25	2,06	2,06	2,50
K ₂ O	1,20	0,44	0,51	0,38	0,44	0,92	0,54
P ₂ O ₅	0,41	0,30	0,40	0,34	0,30	0,34	0,35
H ₂ O	1,16	2,85	2,82	1,45	2,85	2,06	2,90
CO ₂	12,05	6,63	6,38	6,03	6,63	10,14	6,42
Собщ	1,28	1,86	2,00	0,37	1,86	0,44	0,37
Сумма	99,78	100,34	100,1	98,22	100,34	99,11	98,73

Н-1	$K_9Na_{30}Ca_{100}Mg_{74}Fe^{2+}_{105}Fe^{3+}_{39}Al_{232}Ti_{74}Si_{839}P_{10} [O_{1514}OH_{86}]$
Н-2	$K_2Na_{20}Ca_{52}Mg_{75}Fe^{2+}_{142}Fe^{3+}_{52}Al_{206}Ti_{55}Si_{830}P_6 [O_{1410}OH_{190}]$
Н-3	$K_3Na_{24}Ca_{88}Mg_{67}Fe^{2+}_{120}Fe^{3+}_{52}Al_{213}Ti_{59}Si_{709}P_7 [O_{1425}OH_{175}]$
Н-4	$K_2Na_{24}Ca_{51}Mg_{61}Fe^{2+}_{119}Fe^{3+}_{32}Al_{194}Ti_{60}Si_{923}P_6 [O_{1503}OH_{97}]$
Н-5	$K_2Na_{20}Ca_{52}Mg_{75}Fe^{2+}_{124}Fe^{3+}_{50}Al_{206}Ti_{54}Si_{830}P_6 [O_{140}OH_{190}]$
Н-6	$K_6Na_8Ca_{84}Mg_{64}Fe^{2+}_{96}Fe^{3+}_{27}Al_{224}Ti_{61}Si_{888}P_6 [O_{1452}OH_{148}]$
Н-7	$K_3Na_{24}Ca_{42}Mg_{55}Fe^{2+}_{119}Fe^{3+}_{30}Al_{206}Ti_{48}Si_{866}P_7 [O_{1278}OH_{322}]$

Таблица 4.19.
Характер изменений при метасоматозе в экзоконтактах жилы Николаевской

Метасоматиты лежачего бока		Метасоматиты висячего бока	
Привнос	Вынос	Привнос	Вынос
15 ионов Fe ²⁺	6 ионов K	6 ионов Mg	1 ион K
13 ионов Fe ³⁺	6 ионов Na	2 иона Fe ³⁺	12 ионов Al
4 иона Ti	12 ионов Ca	12 ионов Ti	1 ион P
89 ионов OH	7 ионов Mg	57 ионов Si	225 ионов OH
	19 ионов Al		
	130 ионов Si		
	3 иона P		

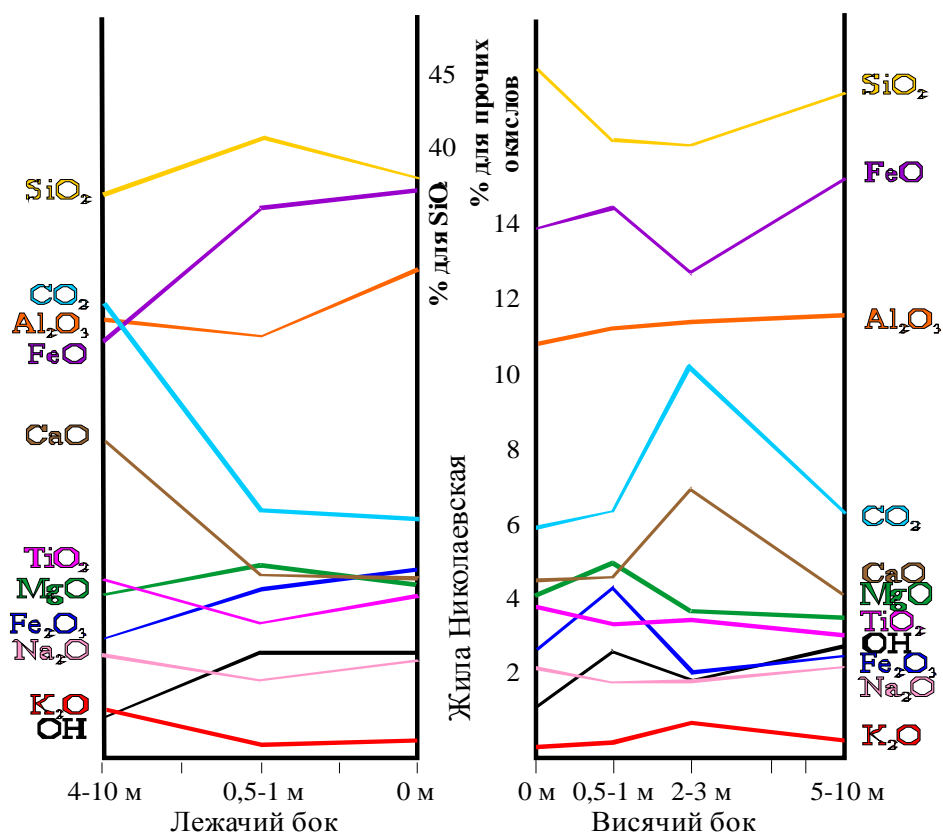


Рис. 4.73. Диаграмма привноса-выноса основных химических компонентов при метасоматозе пород в зависимости от расстояния до жилы Николаевская.

Результаты пересчета химических анализов свидетельствуют (табл. 4.19):

1) о привносе со стороны висячего бока жилы Николаевской в приконтактовую зону рудных метасоматитов Si, Ti вместе с Mg и небольшим количеством Fe;

2) из зоны контакта выносились при этом вода, Al и незначительное количество K и P.

В лежачем боку жилы Николаевской метасоматоз отличается:

1) выносом из зоны метасоматоза Si и Al вместе со щелочными и щелочноземельными металлами;

2) привносом во внутреннюю зону метасоматоза Fe, Ti и воды.

4.3.3. Метасоматические формации Герфед-Николаевской зоны.

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

Результаты химических анализов метасоматитов месторождений Герфед и Николаевское вынесены на треугольную диаграмму подразделения гидротермально-метасоматических формаций по характерным петрогенным элементам внутренних зон /70/ для определения их формационной принадлежности (рис. 4.74).

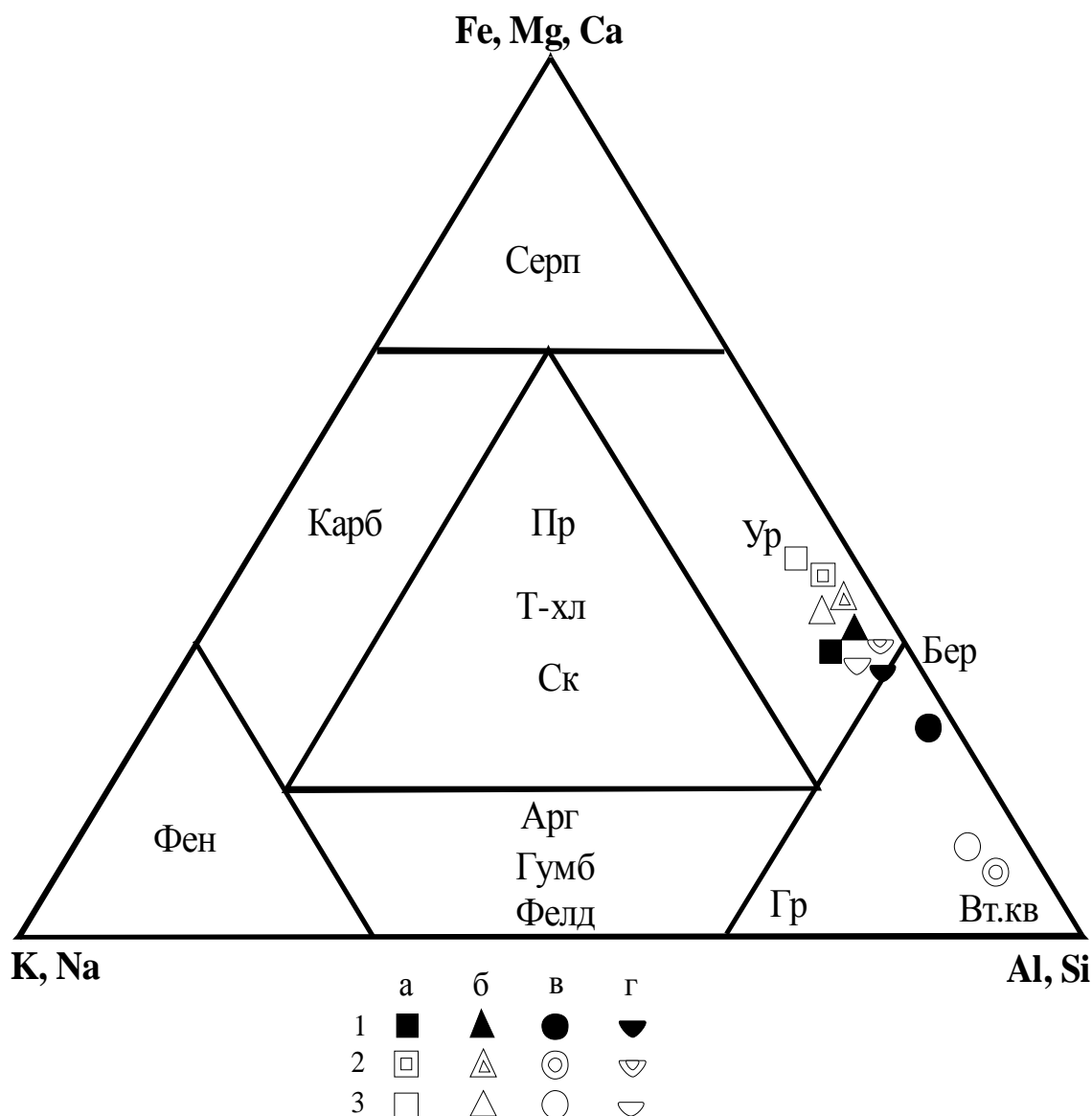


Рис. 4.74. Положение рудных метасоматитов Герфед-Николаевской рудной зоны на диаграмме (Д.В. Рундквист, И.Г. Павлова, 1975) гидротермально-метасоматических формаций. Формации: Арг - аргиллизиты, Бер - березиты, Вт.кв - вторичные кварциты, Гр - грейзены, Гумб - гумбеиты, Карб - карбонатиты, Пр - пропициты, 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 опережающей 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.

Как следует из приведенной диаграммы (рис. 4.74), результаты химических анализов метасоматитов кординской свиты расположены 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.

Что касается химических анализов метасоматитов пенченгинской свиты (табл. 4.14, 4.16 и 4.18), их пересчетов и диаграмм (рис. 4.66, 4.67 и 4.73), то их формационная принадлежность (рис. 4.74) несколько иная. Область расположения их анализов соответствует формации урали-

тов – метасоматических амфиболитов. Особенностью метасоматитов пенченгинской свиты для этой формации является характерное для них преобладание хлоритовой составляющей, вместо амфиболовой. Амфибол здесь представлен актинолитом, который лишь изредка встречается во внутренних зонах метасоматитов. Более того, для внутренних зон метасоматитов пенченгинской свиты заметен тренд в сторону березитовой формации метасоматитов, но никак не в сторону области формации серпентинитов (рис. 4.74). Минералогически это выражается в некотором выравнивании минеральных составов метасоматитов в их приконтактных частях с жилой Магистральной (наличие существенного хлорит-карбонатного состава со стороны висячего и лежащего боков жилы). Результаты анализов околожилных метасоматитов Николаевского месторождения так же располагаются в поле развития метасоматических амфиболитов (уралитов), тяготея к березитам. Что подтверждается и петрографическим составом – набор минералов метасоматитов (хлорит-серицит-кварц-карбонаты-пирит) более соответствует типичным березитам. Можно отметить, что рудные метасоматиты висячего бока Николаевской жилы располагаются ближе к березитам, чем метасоматиты лежащего бока.

Согласно петрографическому кодексу /63/ представленный химический и минералогический составы внутренних зон метасоматоза соответствуют для метасоматитов кординской свиты низкотемпературному классу, кислотному отряду, кремнеземистому подотряду, семейству березитов с парагенезом кварц, пирит ± серицит, анкерит, доломит. Также по петрографическому кодексу, метасоматиты внутренних зон пенченгинской свиты принадлежат среднетемпературному классу, отряду основных пород, подотряду кальциевых пород, семейству актинолитовых амфиболитов с парагенезом актинолит, олигоклаз-андезин ± эпидот, цоизит.

Рассматривая формационную принадлежность метасоматитов Герфед-Николаевской зоны с точки зрения связи их с магматическими породами различного состава и с глубинами их формирования /70/, метасоматиты пенченгинской свиты следует связывать с глубинными основными породами, а березиты кординской свиты – с эффузивами среднего состава. Однако, если в комплексе рассмотреть диаграмму гидротермально-метасоматических формаций Герфедского и Николаевского месторождений (рис. 4.74), то можно отметить следующее:

1) Метасоматиты внешних зон метасоматоза, которые по своему составу ближе к исходным породам, нежели к метасоматитам, занимают краевые части ряда уралиты – березиты – вторичные кварциты.

2) Неизменные углеродистые сланцы кординской свиты имеют преимущественно кварц-серицитовый состав (кварц – 55-65%, серицит – 30-35%), что делает их близкими к породам кислого состава. Та же тенденция сохраняется и во внешних зонах метасоматоза (2-10 м от жилы) (табл. 4.12 и рис. 4.66), поэтому и на диаграмме гидротермально-метасоматических формаций они располагаются в области вторичных кварцитов.

3) Филлиты пенченгинской свиты имеют существенно полевошпат-хлоритовый состав (альбит – 10-30%, хлорит – 20-50%) с высоким содержанием карбонатов (10-20%) при малых количествах кварца (10-20%) и серицита (10-20%). Близким к ним составом характеризуются и породы внешних зон метасоматоза (2-10 м от жилы). Их состав ближе к породам основного ряда. Что же касается андезитовых порфиритов, вмещающих жилу Николаевскую, то они по определению относятся к основным вулканогенным породам, нормально щелочного ряда. Это и обусловило попадание метасоматитов пенченгинской свиты внешних зон метасоматоза в область уралитов – метасоматических амфиболитов.

4) Для внутренних зон метасоматоза, где гидротермальные процессы проявились наиболее активно, и минеральный состав пород в значительно меньшей степени зависит от состава исходных пород, отмечается смещение всех вышеназванных разностей в сторону березитов. Это просматривается как в Герфедском, так и в Николаевском рудном поле.

Все это позволяет высказать предположение, что золотоносные флюиды имели состав близкий березитам, а различия химического состава метасоматитов обусловлены исходным составом пород.

4.4. Эндогенные парагенетические ассоциации месторождения Герфед

Детальный минералогический анализ позволяет выделить на месторождении Герфед следующие основные эндогенные минеральные парагенетические ассоциации:

- 1) пиритовая;
- 2) пирит-арсенопирит-кварцевая;
- 3) золото-галенит-сфалерит-халькопирит-пирротин-карбонатная;
- 4) пирит-II-арсенопирит-кварцевая;
- 5) золото-II-галенит-сфалерит-халькопирит-пирротин-карбонатная;
- 6) пирит-марказит-кварц-карбонатная.

Пиритовая ассоциация. Пирит-I образует достаточно широкий ореол минерализации вокруг жилы Магистральной. Метасоматическая первичная природа пирита-I, его развитие в перемятых, деформированных породах, частая приуроченность крупных метакристаллов к участкам перекристаллизации филлитов в кварц-серицитовые узлы свидетельствует о предшествующей отложению пирита тектонической подготовке и инфильтрации горячих растворов, приводящих к образованию локальных участков перекристаллизации пирита. Вместе с тем, в этих же узелковых образованиях, с укрупнением идет перекристаллизация кварца, рутила, серицита, магнетита, хлорита и карбонатов. Другой границей образования указанной ассоциации служил процесс дробления образовавшихся метазерен пирита. Для данной ассоциации характерны вкрапленные текстуры наряду с метазернистыми первичными структурами.

Пирит-арсенопирит-кварцевая ассоциация. Ее появлению предшествовала более интенсивная тектоническая подготовка, приведшая к образованию трещиноватости в более компетентных (ранее уже пиритизированных) прослоях среди пластичной толщи филлитов и андезитовых порфиритов. Сопутствующая инфильтрация гидротерм вызвала вынос из вмещающих пород кремнекислоты, что обусловило широкое окварцевание раздробленных пород. Причем значительная часть кремнекислоты приносилась из более глубоких горизонтов. Интенсивное воздействие нагретых растворов на деформированный пирит-I приводило к рекристаллизации последнего по периферии и ослабленным зонам. В результате приноса мышьяка пирит-I преобразовался в арсенопирит-I, развивающийся по пириту-I. Фациальная изменчивость между первой и второй ассоциациями наблюдается за счет постоянного увеличения интенсивности тектонической подготовки при образовании метасоматитов.

Золото-галенит-сфалерит-халькопирит-пирротин-карбонатная ассоциация. Привнос S, Fe, Mg, углекислоты и, в незначительных количествах, Cu, Pb, Zn и Ti приводил к образованию пирротина, халькопирита, а также рутила, обрастающего мелкие выделения пирротин-халькопиритового агрегата. Мелкие и тонкие выделения рудной минерализации сопровождались отложением карбонатов магния и железа. В эффузивных породах преобладали процессы их альбитизации, хлоритизации и карбонатизации. Минералы этой ассоциации тесно связаны с минералами пирит-арсенопирит-кварцевой ассоциации, образуя совместно с ней рудную минерализацию метасоматических кварцитов жилы Магистральной. Однако отчетливые коррозионные границы между минералами двух ассоциаций являются вещественным отображением ступеней минерального равновесия. Вероятно, граница этих ступеней лежит в смене отложения мелкозернистого кварца-I отложением мелкозернистых карбонатов. Галенит, сфалерит, халькопирит, пирротин и золото, находясь в постоянной связи с карбонатами, образуют такие взаимоотношения друг с другом, которые позволяют характеризовать их как близко одновременные. В то же время они совместно замещают и корродируют пирит-I, арсенопирит-I и кварц.

Таким образом, выделяя указанные минеральные ассоциации, мы учитываем и общие границы позднего, метасоматического рудообразования, т.е. объединяем их в единую стадию этого процесса. Для обеих ассоциаций этой рудной поздней метасоматической стадии характерны метазернистые структуры и вкрапленные текстуры минеральных зерен.

Пирит-II-арсенопирит-кварцевая ассоциация. Эта ассоциация связана с интенсивным раскрытием трещин при изменении плана деформаций и появлением секущих жил в пределах рудного поля. Процессы метасоматоза уступают место процессам выполнения пустот. В то же время связь с источником растворов осталась не прерванной, что обусловило унаследованный характер минерализации типичного гидротермального процесса, в связи, с чем состав данной ассоциации минералов практически полностью совпадает с составом соответствующей метасома-

тической ассоциации. Характер же кристаллизации из растворов обусловил различный состав элементов-примесей (отличие в цвете минералов); большее богатство кристалломорфологических особенностей; отличающиеся электрофизические свойства; большие размеры, а также резко отличающиеся структурные (зернистые) и текстурные (пятнистые) рисунки руд. В связи с интенсивным тепловым воздействием растворов (гидротермальным метаморфизмом) на вмещающие породы и более ранние метасоматиты, в контактах секущих жил происходила перекристаллизация, что обусловило появление в жилах ксеногенных минералов – мусковита, ильменита, рутила, амфиболов и др. Кварц-II отличается от мелкозернистого сероватого метазернистого кварца-I белизной, крупностью кристаллических зерен, наличием друзовых пустот, меньшей гранулированностью, пятнистым расположением минерализации и ксенолитов вмещающих пород. По классификации Н.В. Петровской (1956) это типичный «удерейский кварц». Пирит-II в кварцевых жилах уже редко обнаруживает во внутреннем строении реликты пирита-I, вероятно в большинстве случаев это полностью регенерированный пирит с хорошей устойчивостью к травлению, с изредка появляющейся зональной структурой роста, обладающей разнообразием форм (кубы, пентагондодекаэдры, октаэдры и комбинации куба с октаэдром). Арсенопирит кроме приобретения более крупных размеров ничем практически не отличается от арсенопирита метасоматитов.

Золото-II-галенит-сфалерит-халькопирит-пирротин-карбонатная ассоциация по минеральному составу не отличается от одноименной ассоциации стадии позднего метасоматоза. Взаимоотношения же с пирит-II-арсенопирит-кварцевой ассоциацией похожи на взаимоотношения одноименных метасоматических ассоциаций. Отличиями служат крупные размеры зерен, наличие зернистых и коррозионных структур, пятнистые и прожилковые текстуры минералов ассоциации. Пятнистые скопления и прожилки сульфидов в белом кварце часто крустифицированы тонкими оторочками прозрачного бесцветного рекристаллизованного кварца. Единая морфологическая форма распространения двух соседних ассоциаций (секущие жилы), наличие в тоже время коррозионных границ, общие текстурные рисунки позволяют считать их ступенями минерального равновесия в единой гидротермальной стадии – рудная стадия выполнения пустот (табл. 4.11). Общее незначительное содержание минералов продуктивных ассоциаций подтверждается химическими анализами технологических проб руд месторождения Герфед. По термоаналитическим данным наиболее отличаются термограммы жильного вещества, околосильного пространства (1-2 м) и горных пород, удалённых от жил на большее, чем 2-х метровое расстояние. Однако если для жилы Магистральной эта зависимость фиксируется достаточно чётко, то для опережающих жил она менее выражена. Очевидно, это связано с различным распределением термоактивных минералов. Различие это можно объяснить большей интенсивностью метасоматических процессов в призальбандовом пространстве опережающих жил.

Таблица 4.20.

Схема последовательности гидротермального минералообразования месторождения
Герфед

Минералы	Этапы минералообразования				
	Гидротермальный				Выветривания
	Стадии минералообразования				
	Ранняя метасоматическая (ассоц. 1 и 2)	Рудная поздняя метасоматическая (ассоц. 3)	Рудная выполнения пустот (жилы) - ассоц. 4 и 5	Рудная поздняя (прожилки, вкрапленность) - ассоц. 6	Окисления
Кварц	-X-	■ I	■ II	-X-	
Пирит	I ■		■ II	--- III	
Пирротин	I - - - -	II ■			
Арсенопирит		I ■	-X- II		
Халькопирит		I		II - - -	
Сфалерит		.....	- - -	
Галенит		.....		.....
Ильменит		.....		
Рутил	I	.....	II		
Марказит		- - -	-X- II	- - -	
Магнетит	-X-				
Тетраэдрит				.....
Висмут				.....
Графит			-X-		
Мельниковит					- - -
Пентландит				.....
Золото	I	II			
Медь	.....	.....	
Доломит	-X-	- - -	-X-		
Сидерит		.....	-X-		
Анкерит		- - -	-X-		
Кальцит		- - -	-X-		
Хлорит	-X-	- - -	-X-		
Альбит	.....	- - -	-X-		
Апатит		.....	-X-		
Серицит	-X-	.....	-X-		
Цоизит				.....
Эпидот		.....		.....
Актинолит		.....		.....
Турмалин		.....		.....
Гетит					- - - -
Ярозит					- - - -
Борнит					.....
Ковеллин					.....
Малахит					.....
Гематит					.....

Условные обозначения:

главные минералы - ■

второстепенные - - - -

Редко встречающиеся -

■

- - - -

.....

перекристаллизация - -X-

тектонические подвижки - ↑

-X-

↑

Сравнивая поздние метасоматические ассоциации и ассоциации выполнения пустот, нельзя не прийти к выводу о кристаллизации единой порции раствора в условиях развития тектонической структуры месторождения. Об этом говорит их практически идентичный минеральный состав, постепенное изменение текстурного рисунка, постепенное изменение размера зерен кварца по направлению к контакту секущей жилы с жилой Магистральной, расплывчатые границы метасоматического кварца-I и крупнозернистого кварца-II. Единство резких секущих контактов (резкого изменения плана деформаций) с указанными постепенными переходами, **говорит об отсутствии длительных перерывах между стадиями минералообразования.**

Пирит-марказит-кварц-карбонатная ассоциация. Минералы этой ассоциации выполняют мелкие трещины в рудах и во вмещающих породах и характеризуются развитием пирита-III, который обычно развивается по пирротину и тесно ассоциирует с марказитом. Ослабление тектонической активности, снижение температуры растворов в период образования данной ассоциации обусловили ее незначительное развитие, коллоидный характер растворов и метаколлоидные структуры минералов. Тектурный рисунок ассоциации – мелкопрожилковый.

Взаимоотношение описанных парагенетических ассоциаций позволило выделить четыре эндогенных стадии рудного процесса (табл. 4.11), смена которых в пространстве целиком зависит от интенсивности и направленности развития тектонической жизни Герфедского рудного поля.

Предрудная ранняя метасоматическая стадия морфологически проявилась в образовании значительного по мощности тектонически напряженного участка – рудного поля. Снятие напряжений происходило в участках микронеоднородности строения вмещающей толщи. За счет такой разрядки в указанных точках при перекристаллизации филлитов развивались новообразования хлорита, карбонатов, серицита, кварца и пирита. Эти процессы приводили к еще большей неоднородности в строении карбонатно-филлитовой толщи в пределах рудного поля. Микронеоднородность вмещающих пород стала макронеоднородностью за счет возникновения линзовидных узелков, сложенных перекристаллизованными минералами и пиритом.

Более мощные тектонические напряжения, предшествующие рудным стадиям, обусловили развитие крупных деформаций в компетентных прослоях филлитовой толщи, а затем и в пределах образовавшегося метасоматического рудного тела (жила Магистральная). 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.** Более мощные и менее длительные тектонические подвижки привели к локальному интенсивному развитию жильных полостей и, в конечном итоге,

к созданию рудных тел. Проявление тектонических подвижек выразилось и в частичном дроблении вкрапленной пиритовой минерализации, появлении кварца, залечивающего эти трещины и образующего своеобразные «рубашки» вокруг зерен пирита-I. Воздействие проникших растворов способствовало частичной рекристаллизации пирита-I, рассмотренной выше.

Пострудная поздняя гидротермальная стадия проявилась на фоне деградации и снятия тектонических напряжений и выполнения мелкой трещиноватости и пустот остывающими гидротермальными растворами и коллоидами. Масштабы проявления этой стадии несколько шире, чем рудных стадий, однако они не выходят за пределы распространения пиритизации. Интенсивность минерализации при этом была незначительной.

4.5. Температурный режим и компонентный состав золотоносных флюидов

Температурные условия формирования рудного кварца и состав флюидов изучены в лаборатории ИТМ СОРАН. В результате в кварцево-жильных образованиях месторождения Герфед (табл. 4.21), выявлены первичные и вторичные группы газовой-жидких включений.

Таблица 4.21.

Результаты исследования индивидуальных флюидных включений месторождения Герфед

№ образца	Генерация включений	Тип включений	Тобщ.гом. °С	Соленость, мас.%, NaCl-экв.	Т плавления CO ₂ , °С	Т част.гом. CO ₂ , °С	Давление, кбар
Гк-5	П	ЖН ₂ О+Г		0,2-3,06			
	В	ЖН ₂ О+ЖСО ₂ ±Г	360-370	11,7-26,5	-60,4 ÷ -58,8	10,5-13,3	0,39-2,94
Гк-2	В	ЖН ₂ О+Г	260-270				
	В	ЖН ₂ О+ЖСО ₂ ±Г	360-370		-80 ÷ -85		
Гк-1	П	ЖН ₂ О+Г	300-325				
	В	ЖН ₂ О+ЖСО ₂ ±Г	310-325		-60,1 ÷ -60,9		
ГЮ-4	П	ЖН ₂ О+Г	140-165				
	В	ЖН ₂ О+Г	170-205				
Гк 9	П	ЖН ₂ О+Г	225-235				
	В	ЖН ₂ О+ЖСО ₂ ±Г	>250		-58 ÷ -58,6	13,9-14,5	
	В	ЖН ₂ О+Г	318-320				

Примечание: П – первичные, В – вторичные; Ж – жидкая фаза, Г – газовая фаза.

Первичные флюидные включения, как правило, имеют водно-солевой состав и характеризуются преобладанием жидкости над газом (ЖН₂О+Г). Криометрическими исследованиями установлено, что оттаивание жидкой фазы этих включений происходит в диапазоне температур от -1,8 до +2,0°С. Подобные вариации свидетельствуют о стабильности гидротермальной системы. В соответствие с фазовой диаграммой системы NaCl-H₂O, показатель солености слабосоленых включений колеблется в интервале 0,2-3,06 мас.%, NaCl-экв (в единичных случаях 26,2 мас.%,

NaCl-экв). В составе флюида преобладает хлорид натрия. Общая гомогенизация первичных включений по данным термометрии варьируется в пределах 140-325°C.

Среди вторичных флюидных включений встречаются образования существенно водно-углекислотного (с азотом и метаном) и водно-солевого состава. Вторичные водно-солевые включения, как и первичные, имеют жидко-газовый состав. Однако, по сравнению с первичными, для них характерна неправильная форма вакуолей, а сами включения часто расшнурованы. Температура общей гомогенизации этого типа включений несколько выше чем у первичных включений этого же состава и колеблется в интервале 170-370°C при температуре оттаивания жидкой фазы от -8 до +13°C, что соответствует показателю солёности 11,7-26,5 мас%, NaCl-экв.

Водно-углекислотные флюидные включения, как правило встречаются в виде двухжидких ($\text{Ж}_{\text{H}_2\text{O}} + \text{Ж}_{\text{CO}_2}$) соединений. Температура оттаивания, варьирующая в диапазоне от -58 до -85°C, указывает на присутствие в их составе азота и метана. Этот вывод подтверждается результатами КР-спектроскопии единичных включений /72/, которые показали существенную примесь этих компонентов в составе включений. Концентрации метана, при этом в ряде случаев превышают содержания углекислоты, и даже достигают 100%. В основном же существенно-углекислотные включения в своем составе содержат от 0 до 27% метана и 0-22,8% азота.

Частичная гомогенизация водно-углекислотных включений проходила в жидкую фазу в интервале температур 10,5-14,5°C, что указывает на незначительные изменения плотности углекислоты в составе раствора, которая соответствует 0,73-0,86 г/см³. Вместе с тем, во включениях, где наблюдаются повышенные концентрации азота и метана, плотность углекислоты снижается, достигая 0,17-0,32 г/см³. Вариации плотности CO₂, очевидно, являются результатом изменения давления в процессе эволюции рудоносного раствора, которое, согласно проведенным расчетам, могло колебаться в диапазоне 0,39-2,94 кБар (табл. 4.21).

Результаты исследования флюидных включений в кварце говорят о том, что метасоматические кварциты и кварцевые жилы сформированы, как минимум, двумя типами флюидов.

Первый тип – существенно водный, гомогенный, низко солёный, температура которого не превышала 325°C, на это указывают первичные флюидные включения в кварце.

Второй гетерогенный тип в виде вторичных включений присутствует в кварце. Этот тип флюида отличается от первого более высокими температурами (370-400°C), более высокой солёностью (до 30 мас.%) и повышенными содержаниями углекислоты, азота и метана.

Исходя из полученных результатов, следует /93/, что золотоносность кварцевых жил определяется масштабами проявления водно-углекислотного флюида. Исследования состава и температуры гомогенизации газовой-жидких включений в кварце позволяют сделать заключение, что температура рудоносных растворов находилась в диапазоне 325-400°C, то есть их следует относить к среднетемпературным флюидам.

4.6. Химико-минералогическая зональность Герфед-Николаевской рудной зоны.

4.6.1. Сравнительные петрохимические характеристики пород и руд Герфед-Николаевской рудной зоны (месторождения Герфед и Николаевское)

Средний петрохимический состав пород и руд Герфед-Николаевской зоны и рассчитанные по нему петрохимические показатели приведены в таблице 4.22.

Таблица 4.22.

Сравнительные петрохимические характеристики вмещающих пород и руд золоторудных месторождений Герфед и Николаевское.

Химические компоненты и петрохимические показатели	Месторождение Герфед						Месторождение Николаевское					
	Вмещающие породы		Метасоматиты		Жила Магистральная	Жилы Оперяющие	Вмещающие породы		Метасоматиты		Жила Николаевская	
	Висячий бок (кординская свита)	Лежачий бок (пенченгинская свита)	Висячий бок	Лежачий бок			Висячий бок (пенченгинская свита)	Лежачий бок (пенченгинская свита)	Висячий бок	Лежачий бок		
SiO ₂	66,02	35,14	48,52	44,09	48,86	91,35	44,07	37,60	43,89	39,80	72,20	
TiO ₂	0,96	1,62	2,33	2,86	1,99	0,13	3,31	4,44	3,78	3,91	0,25	
Al ₂ O ₃	15,94	13,16	17,26	12,55	12,00	0,88	11,85	11,74	11,33	12,31	2,76	
Fe ₂ O ₃	6,28	13,22	13,30	15,18	12,74	3,91	2,77	3,16	3,71	4,77	10,42	
FeO	0,22	10,86	3,50	9,51			15,45	11,06	14,31	14,88		
MnO	0,02	0,33	0,03	0,17	0,16	0,09	0,25	0,24	0,26	0,28	0,15	
CaO	0,46	9,15	0,88	5,20	6,08	1,91	4,14	8,39	4,87	4,88	7,70	
MgO	1,09	8,20	3,19	4,66	2,30	0,24	3,74	4,18	4,59	4,93	0,88	
Na ₂ O	0,11	1,80	1,84	4,07	2,04	0,19	2,50	2,80	2,16	2,36	0,31	
K ₂ O	4,48	1,42	0,50	0,87	0,85	0,06	0,54	1,20	0,41	0,48	0,32	
Кислотность-щелочность (атом. %)	93,5	90,5	94,2	86,7	92,6	99,5	91,3	88,1	92,4	91,3	98,7	
Содержание щелочей (вес. %)	4,59	3,22	2,34	4,94	2,89	0,25	3,04	4,00	2,57	2,84	0,63	
Калиевость (мол. %)	96,4	34,1	15,2	12,3	21,5	17,2	12,4	22	11,1	11,8	40,4	
Магнезиальность (вес. %).	1,09	8,2	3,19	4,66	2,3	0,24	3,74	4,18	4,59	4,93	0,88	
Коэффициент магнезиальности (вес. %)	14,4	25,4	16	15,9	15,3	5,78	17	22,7	20,3	20,1	7,79	
Коэффициент железистости (мол. %)	61,1	53,5	62,5	66,3	66,2	85,2	71,4	62,6	66,1	65,9	85,5	

Анализируя петрохимические характеристики и показатели пород и руд Герфед-Николаевской рудной зоны, можно отметить следующее:

На диаграмме соотношения кислотности-щелочности к содержанию щелочей (рис. 4.75) просматривается четкий линейный тренд увеличения кислотности-щелочности пород за счет снижения в них доли щелочей и нарастания кремнистой составляющей. Породы Герфед-Николаевской рудной зоны в этом тренде, в целом, выстраиваются следующим образом: вмещающие породы пенченгинской свиты —> продукты метасоматического замещения пород —> продукты выполнения открытых полостей, то есть по мере нарастания интенсивности рудного процесса. Из этого тренда выпадают вмещающие породы кординской свиты, что говорит об их относительной чужеродности в этом процессе. Такое, весь рудный процесс сосредоточен в образованиях пенченгинской свиты, где отложения кординской свиты играют лишь роль экрана.

Для всех вмещающих оруденение пород не зависимо от их первичного состава (филлиты, метавулканыты, углеродистые сланцы), при метасоматозе происходит выравнивание их химического состава по содержанию кремнезема и соотношению Fe/Mg (коэффициент железистости), близкому к таковому в жиле Магистральной (рис. 4.75). Для филлитов и метавулканитов пенченгинской свиты это окварцевание и увеличение доли железа за счет снижения доли магния, для углеродистых сланцев кординской свиты – вынос кремнезема, при некотором преобладании роста железистой составляющей над магнезиальной. Все это говорит о единстве процесса образования жил Магистральной, Николаевской и околорудных метасоматитов.

Для всех образований Герфед-Николаевской рудной зоны характерно так же снижение в зоне метасоматоза, по сравнению с исходными породами, содержания калия, за счет возрастания доли натрия в сумме щелочей, т.е. нарастание альбитизации, при снижении серицитизации пород (рис. 4.75).

По своим петрохимическим показателям (табл. 4.22) Николаевская жила ближе к оперяющим жилам Герфедского рудного поля, чем к жиле Магистральной, аналогом которой она является. Это обусловлено высоким содержанием в теле жилы Николаевской кварцевых новообразований более поздней генерации (лестничные жилы), в отличие от жилы Магистральной, где оперяющие жилы локализованы преимущественно в ее лежачем боку и, в значительно меньшей степени, в самой жиле.

Резкие отличия петрохимических характеристик Николаевской жилы и Оперяющих жил Герфедского рудного поля от жилы Магистральной и ее околожильных метасоматитов обусловлены сменой процесса метасоматического замещения пород, процессом выполнения пустот. Для последнего характерен вынос практически всех химических компонентов за счет резкого возрастания кремнистой составляющей (кварц-II). Резкое преобладание железистой составляющей над магнезиальной (рис. 4.75) обусловлено повышением концентраций в жилах пирита (Герфед) и пирротина (Николаевское) при выносе породного хлорита и метасоматического доломита.

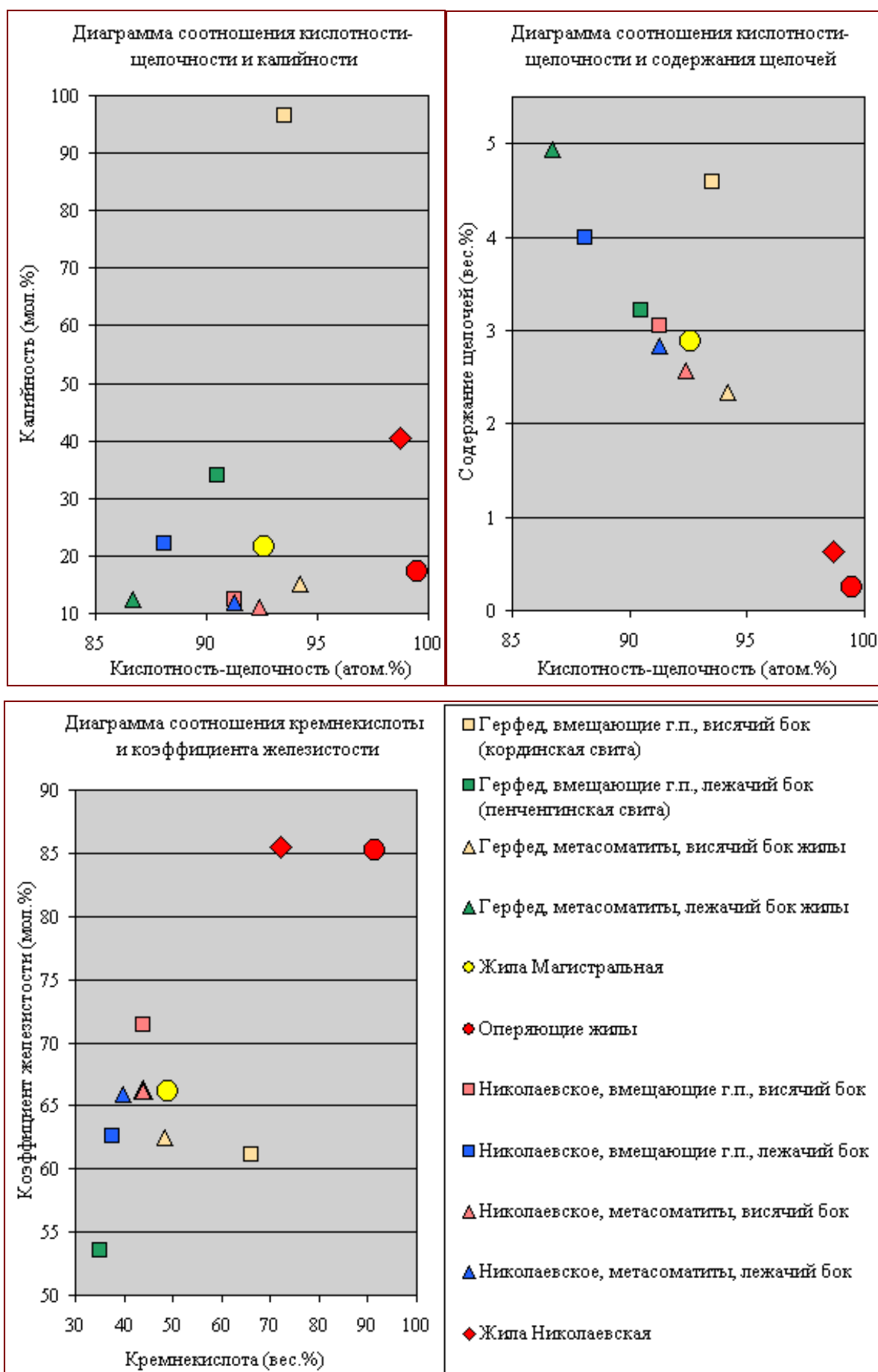


Рис. 4.75. Диаграммы соотношения петрохимических параметров пород и руд Герфед-Николаевской рудной зоны

Рассматривая химическую зональность Герфед-Николаевской рудной зоны по простиранию с севера на юг можно отметить следующее:

а) Для вмещающих пород характерно:

- возрастание калийности с 12-22 мол.% до 34-96 мол.%;
- возрастание магнезиальности пород пенченгинской свиты с 4% до 8%;
- возрастание коэффициента магнезиальности пород пенченгинской свиты с 17-22% до 25%, при соответственном снижении коэффициента железистости с 60-70 мол.% до 53 мол.%.

б) Для метасоматитов характерно нарастание содержания щелочей с 2-3 до 5%, при снижении кислотности-щелочности с 92 до 87 атом.%. Все остальные параметры выравниваются.

в) Что касается гидротермалитов, то руды Николаевской жилы по своим петрохимическим показателям (табл. 4.22) занимают промежуточное положение между жилой Магистральной и оперяющими жилами Герфедского рудного поля, тяготея к последним. Это обусловлено сочетанием в рудах жилы Николаевской производных двух рудных этапов – метасоматического замещения и выполнения пустот, а не зональной изменчивостью гидротермалитов. Таким образом, можно говорить в целом о сходстве химических показателей руд Герфедского и Николаевского рудных полей. Существенные отличия отмечаются лишь по показателю калийности, который снижается в южном направлении с 40 мол.% до 17-21 мол.%.

Подытоживая вышесказанное, можно констатировать, что наиболее существенные различия химического состава пород и руд северной и южной части Герфед-Николаевской рудной зоны отмечаются в области вмещающих пород. При преобразовании их в метасоматиты эти различия снижаются, а в гидротермалитах становятся и вовсе малосущественными.

4.6.2. Эндогенная зональность Герфед-Николаевской рудной зоны.

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

Рассматривая структуру Герфед-Николаевской рудной зоны в целом, следует отметить многочисленность оперяющих жил в ее южной части (месторождения Герфед и Партизанское) и отсутствие таковых в северной (месторождение Николаевское). В пределах северной части рудной зоны секущие жилы в основном не выходят за пределы метасоматических кварцитов Николаевской жилы. 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 оперяющие жилы становятся еще более многочисленными и уже практически не связаны с жилой Магистральной, удаляясь от нее на 300 м и более (рис. 4.76).

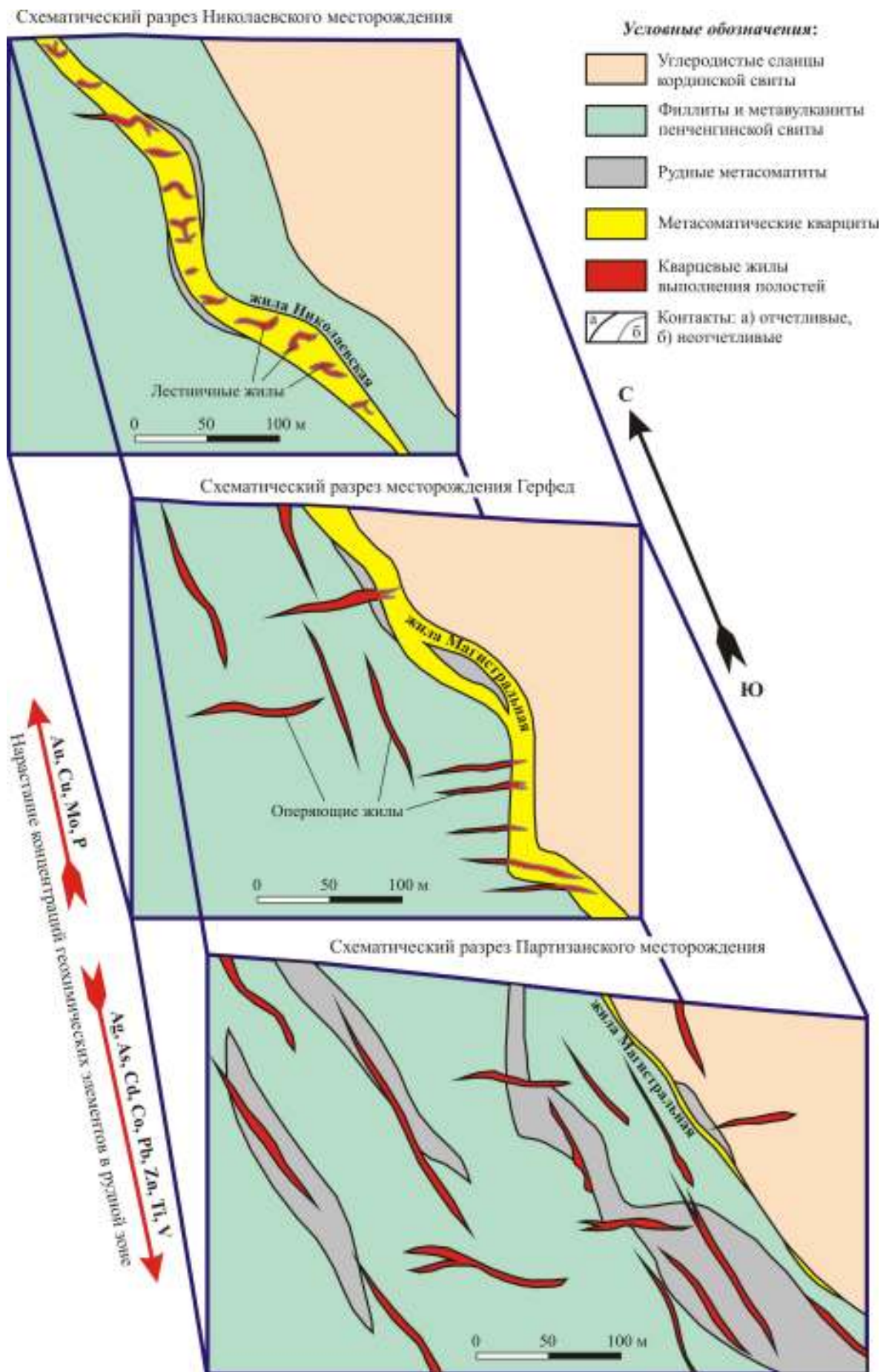


Рис. 4.76. Схематическая модель Герфед-Николаевской рудной зоны

Так же в пределах Партизанского месторождения отмечаются оперяющие жилы и висячем боку жилы Магистральной, чего не встречалось на Николаевском месторождении и очень редко – на Герфедском месторождении.

Рассматривая особенности поведения оперяющих жил по мере погружения на глубину, можно отметить /130, 108/:

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

Б.Е. Шелехов /130/ отмечал, что видимое золото в секущих жилах месторождения Герфед встречалось только до глубины 50 м, что подтверждается и данными последних разведочных работ /108/. На Партизанском же месторождении проведенными разведочными работами не отмечено, каких либо тенденций изменения поведения оперяющих жил с глубиной.

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 месторождения (появление гранатов, биотита, актинолита), мощные зоны альбитизации на контактах Магистральной жилы и др. Направленность рудного потока в направлении с севера на юг подтверждается и изменчивостью вещественного состава руд (вариации 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, рутил и анатаз, тогда как пирротин и, особенно магнетит, встречаются гораздо реже. **Таким образом, можно говорить об увеличении глубины эрозионного среза в северном направлении.**

4.7. Выводы.

Анализ геологического строения, золотоносности, вещественного состава пород и руд, газозово-жидких включений и текстурно-структурных особенностей руд Герфед-Николаевской рудной зоны позволяет сделать следующие выводы:

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 мало-

сульфидной формации, пирит-арсенопиритовому (Герфед, Партизанское) и пирротин-магнетитовому (Николаевское, Верхне-Удереиское) минеральному типу и в своем строении характеризуется комбинацией процессов раннего метасоматического замещения и более позднего выполнения пустот.

2. Эндогенная зональность Герфед-Николаевской рудной зоны проявлена в пологом понижении эрозионного среза рудной зоны в северном направлении. Она 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

5. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕРФЕД-НИКОЛАЕВСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ

5.1. Вмещающие породы

Вмещающими породами золотого оруденения Герфед-Николаевской рудной зоны служат филлиты и метавулканы пенченгинской свиты, а так же углеродистые сланцы, алевритоглинистые сланцы и филлиты кординской свиты. Микроэлементный состав пород пенченгинской свиты приведен в таблице 5.1, углеродистых сланцев кординской свиты – в таблице 5.2.

Таблица 5.1
Геохимическая характеристика вмещающих пород пенченгинской свиты Герфед-Николаевской золоторудной зоны

Элемент	Кларк в сланцах	Метаэффузивы									Филлиты								
		Николаевское (37 проб)			Герфед (51 проба)			Партизанское (152 пробы)			Николаевское (130 проб)			Герфед (417 проба)			Партизанское (970 пробы)		
		С	K _v	K _к	С	K _v	K _к	С	K _v	K _к	С	K _v	K _к	С	K _v	K _к	С	K _v	K _к
Ag	0,08*	0,09	109	1,1	0,14	41	1,8	0,14	58	1,8	0,04	136	0,5	0,12	54	1,5	0,11	64	1,4
As	2,9*	4,4	56	1,5	3,9	100	1,3	4,4	83	1,5	4,8	52	1,7	2,9	70	1	8,2	168	2,8
B	10	0,6	68	0,1	0,9	57	0,1	1,5	137	0,2	2	82	0,2	1	116	0,1	3,9	104	0,4
Ba	33*				29,4	63	0,9	22,9	53	0,7				19,7	39	0,6	24,5	54	0,7
Be	0,3*				0,08	77	0,3	0,1	65	0,3				0,11	61	0,4	0,1	72	0,3
Bi	0,01*	0,18	38	18	0,05	0	5,5	0,06	42	5,7	0,22	35	22	0,05	0	5	0,06	54	6
Cd	0,03*	0,16	53	5,3	0,23	25	7,5	0,18	46	6	0,14	60	4,7	0,22	34	7,3	0,14	66	4,7
Co	2	4,3	37	2,2	3,1	30	1,6	3,1	23	1,6	4,3	35	2,2	3,1	28	1,6	2,6	44	1,3
Cr	10	8,6	36	0,9	6,7	58	0,7	8,3	42	0,8	13,2	26	1,3	7,6	57	0,8	10,4	45	1
Cu	4,2*	19,8	37	4,7	17,1	40	4,1	14,3	44	3,4	13,7	48	3,3	17,8	38	4,2	10,4	61	2,5
Fe	3,33	6,1	22	1,8	6,2	19	1,9	5,6	31	1,7	5,4	23	1,6	5,7	27	1,7	4,4	46	1,3
Mn	67	230	30	3,4	156	30	2,3	220	50	3,3	350	45	5,2	162	40	2,4	195	53	2,9
Mo	0,2	0,31	35	1,6	0,09	52	0,5	0,07	57	0,4	0,27	32	1,4	0,09	72	0,5	0,1	71	0,5
Ni	9,5	5,5	24	0,6	4,1	25	0,4	4,2	24	0,4	7,2	38	0,8	3,9	23	0,4	4,1	36	0,4
P	77	90	43	1,2	100	17	1,3	91	47	1,2	75	42	1	95	31	1,2	81	63	1,1
Pb	2,5*	1,05	34	0,4	0,28	31	0,1	0,45	92	0,2	1,7	85	0,7	0,3	45	0,1	0,8	96	0,3
Sb	5,9				0,5	0	0,1	0,5	0	0,1				0,51	27	0,1	0,51	12	0,1
Sn	0,3*	0,34	24	1,1	0,27	25	0,9	0,26	34	0,9	0,32	43	1,1	0,25	30	0,8	0,24	33	0,8
Sr	45	33	30	0,7	16,5	67	0,4	19	59	0,4	30	37	0,7	16,8	63	0,4	15,1	61	0,3
Ti	450	800	24	1,8	750	20	1,7	590	49	1,3	530	33	1,2	670	38	1,5	390	66	0,9
V	13	28,1	28	2,2	39,8	32	3,1	29,2	51	2,2	22	38	1,7	32,7	40	2,5	19,1	75	1,5
W	0,2				0,25	52	1,2	0,22	72	1,1				0,2	76	1	0,22	69	1,1
Y	3				4,1	22	1,4	3,8	35	1,3				4,1	30	1,4	3,1	41	1
Zn	7,7*	17	21	2,2	17	35	2,2	13,9	41	1,8	13	28	1,7	15,9	34	2,1	12,5	47	1,6
Zr	20				12,5	21	0,6	10,1	36	0,5				11,2	34	0,6	8,1	41	0,4

С – среднее содержание (для серебра в г/т, для всех других элементов в $n \cdot 10^{-3}\%$); K_v – коэффициент вариации; K_к – коэффициент концентрации к кларковым значениям для сланцев.

Кларковые содержания элементов взяты по А.П. Виноградову, 1962; * Кларковые значения взяты из работы КНИИГиМС /109/.

Таблица 5.2

Геохимическая характеристика углеродистых сланцев кординской свиты Герфед-Николаевской золоторудной зоны

Элемент	Кларк в сланцах	Николаевское (488 проб)			Герфед (1152 пробы)			Партизанское (406 проб)		
		С	Кv	Кк	С	Кv	Кк	С	Кv	Кк
Ag	0,08*	0,1	183	0,6	0,97	93	12	0,59	92	7,4
As	2,9*	4,2	53	1,4	6,1	111	2,1	11,9	137	4,1
B	10	9,9	153	1	14,7	25	1,5	12,1	21	1,2
Ba	33*				20,1	37	0,6	20,8	45	0,6
Be	0,3*				0,15	45	0,5	0,15	40	0,5
Bi	0,001	0,2	24	24	0,07	46	7	0,07	46	7
Cd	0,003	0,3	89	10	0,42	68	14	0,4	65	13
Co	2	3	52	1,5	2,2	84	1,1	2,6	50	1,3
Cr	10	15	25	1,5	17,2	35	1,7	17,1	29	1,7
Cu	4,2*	25	102	6	29,2	62	7	23,8	67	5,7
Fe	3,33	5,5	24	1,7	5,1	56	1,5	5,1	40	1,5
Mn	67	170	91	2,5	37	106	0,6	135	87	2
Mo	0,2	0,9	110	4,4	1,08	59	5,4	0,75	65	3,8
Ni	9,5	9,7	51	1	9	55	0,9	8,9	41	0,9
P	77	80	49	1	85	48	1,1	95	37	1,2
Pb	2,5*	3,6	57	1,4	3,55	47	1,4	3,17	53	1,3
Sb	5,9				0,63	63	0,1	0,55	36	0,1
Sn	0,3*	0,5	13	1,7	0,42	29	1,4	0,43	26	1,4
Sr	45	19	36	0,4	5,2	79	0,1	5,4	37	0,1
Ti	450	650	28	1,4	320	31	0,7	315	30	0,7
V	13	25	39	1,9	35	83	2,7	22,5	65	1,7
W	0,2				0,34	33	1,7	0,36	33	1,8
Y	3				4,1	34	1,4	3,3	40	1,1
Zn	7,7*	28	52	3,6	48,8	98	6,3	71	68	9,2
Zr	20				9,1	46	0,5	7,6	34	0,4

Примечание – см. табл. 5.1.

В целом филлиты и метавулканиты пенченгинской свиты, как в пределах Николаевского, так и Герфедского рудных полей, характеризуются довольно близкими концентрациями микроэлементов. Для метавулканитов всей Герфед-Николаевской зоны характерны несколько более высокие концентрации Ag, Ti и V, что закономерно для вулканических пород основного состава. Филлиты Николаевского рудного поля имеют повышенные, по сравнению с метавулканитами, содержания Cr, Mn и Pb, а Партизанского месторождения – As и B (табл. 5.1). По всей видимости, такое геохимическое сходство генетически различных пород говорит о том, что в формировании их геохимической специализации большую роль играли рудные гидротермальные процессы, нежели геохимический состав исходных пород. Как филлиты, так и метавулканиты лежащего бока жилы Магистральной отличаются повышенными содержаниями рутила, который является рудным минералом для околожильных метасоматитов.

Сравнивая концентрации микроэлементов филлитов и метавулканитов пенченгинской свиты с их кларковыми значениями для сланцев (форм. 5.1-5.4), можно отметить, что вмещающие оруденение породы характеризуются повышенными значениями Bi, Cd, Cu, Mn, V (для Николаевского рудного поля, еще и кобальта) и пониженными концентрациями – Sb, B, Be, Pb, Sr, Ni, Zr (для Герфедского рудного поля, еще и молибдена).

$$\text{Филлиты Герфедского р.п.} \quad \frac{\text{Cd}_6, \text{Bi}_{5.5}, \text{Cu}_3, \text{Mn}_{2.8}, \text{As}_2, \text{V}_2}{\text{Sb}_{0.1}, \text{B}_{0.2}, \text{Be}_{0.3}, \text{Pb}_{0.3}, \text{Sr}_{0.3}, \text{Ni}_{0.4}, \text{Mo}_{0.5}, \text{Zr}_{0.5}} \quad (5.1)$$

$$\text{Метавулканиты Герфедского р.п.} \quad \frac{\text{Cd}_6, \text{Bi}_{5.5}, \text{Cu}_{3.5}, \text{Mn}_3, \text{V}_{2.5}}{\text{Sb}_{0.1}, \text{B}_{0.2}, \text{Pb}_{0.2}, \text{Be}_{0.3}, \text{Sr}_{0.4}, \text{Ni}_{0.4}, \text{Mo}_{0.4}, \text{Zr}_{0.5}} \quad (5.2)$$

$$\text{Филлиты Николаевского р.п.} \quad \frac{\text{Bi}_{22}, \text{Mn}_{5.2}, \text{Cd}_{4.7}, \text{Cu}_{3.3}, \text{Co}_{2.2}}{\text{B}_{0.2}, \text{Ag}_{0.5}} \quad (5.3)$$

$$\text{Метавулканиты Николаевского р.п.} \quad \frac{\text{Bi}_{18}, \text{Cd}_{5.3}, \text{Cu}_{4.7}, \text{Mn}_{3.4}, \text{Co}_{2.2}, \text{Zn}_{2.2}, \text{V}_{2.2}}{\text{B}_{0.1}, \text{Pb}_{0.4}, \text{Ni}_{0.6}} \quad (5.4)$$

Геохимическая латеральная изменчивость вмещающих пород пенченгинской свиты в направлении север-юг проявляется (табл. 5.1) в нарастании концентраций Ag и B, при общем снижении количества Bi, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sr и Ti.

Подытоживая вышесказанное можно констатировать:

1) В формировании геохимической специализации вмещающих оруденение пород пенченгинской свиты большую роль играли рудные гидротермальные процессы, нежели геохимический состав исходных пород;

2) В ходе рудогенеза в породы пенченгинской свиты в пределах Герфедского рудного поля происходил привнос Bi, Cd, Cu, Mn, V и вынос Sb, B, Be, Pb, Sr, Ni, Zr.

3) В южной части Герфед-Николаевской зоны (Партизанское) толща пород пенченгинской свиты подверглась более обширной гидротермальной проработке, что привело к нарастанию в них концентраций As, B, Ag, а так же частичному выносу породных элементов Ti и Zr.

Сравнительные характеристики концентраций микроэлементов в углеродистых сланцах месторождений Партизанское и Герфед с их кларковыми значениями приведены в формулах 5.5 и 5.6 соответственно, а Николаевского месторождения – в формуле 5.7.

$$\text{Партизанское} \quad \frac{\text{Cd}_{13}, \text{Zn}_{9.2}, \text{Ag}_{7.4}, \text{Bi}_7, \text{Cu}_{5.7}, \text{As}_{4.1}, \text{Mo}_{3.8}, \text{Mn}_2}{\text{Sb}_{0.1}, \text{Sr}_{0.1}, \text{Be}_{0.5}, \text{Zr}_{0.4}, \text{Ba}_{0.6}} \quad (5.5)$$

$$\text{Герфед} \quad \frac{\text{Cd}_{14}, \text{Ag}_{12}, \text{Cu}_7, \text{Bi}_7, \text{Zn}_{6.3}, \text{Mo}_{5.4}, \text{V}_{2.7}, \text{As}_{2.1}}{\text{Sb}_{0.1}, \text{Sr}_{0.1}, \text{Be}_{0.5}, \text{Zr}_{0.5}, \text{Mn}_{0.6}, \text{Ba}_{0.6}} \quad (5.6)$$

$$\text{Николаевское} \quad \frac{\text{Bi}_{24}, \text{Cd}_{10}, \text{Cu}_6, \text{Mo}_{4.4}, \text{Zn}_{3.6}, \text{Mn}_{2.5}, \text{V}_2}{\text{Sr}_{0.4}, \text{Ag}_{0.6}} \quad (5.7)$$

В целом, микроэлементный состав углеродистых сланцев Герфед-Николаевской зоны довольно однородный (повышенные концентрации Cd, Bi, Cu, Zn, Mo и пониженные – Sb, Sr, Be, Zr, Ba) и различается лишь их коэффициентами концентрации.

Сравнивая различные породы кординской свиты между собой можно отметить, что углеродистые сланцы характеризуются наиболее высокими значениями Ag, Cd, Cu, Mo, Pb, V, что обусловлено сорбционными свойствами углеродистого вещества. Для глинистых сланцев наоборот отмечаются пониженные значения этих элементов, что позволяет проводить границу средней и верхней части разреза нижней подсвиты по геохимическим полям. Кроме того, глинистые сланцы характеризуются наиболее высокими значениями бора, который в целом тяготеет к породам висячего бока жилы магистральной. Сравнивая геохимическую специализацию филлитов кординской и пенченгинской свит, следует отметить повышенные концентрации В, Pb, Mo, Ag, Zn, Cr, Ni, Cd в филлитах кординской свиты и повышенные значения Mn, Ti, Sr и Zr – в пенченгинской свите. Таким образом, породы, имеющие близкий исходный минеральный состав, существенно отличаются по своим геохимическим особенностям. Из этого можно сделать вывод что, перечисленные элементы характеризуют поперечную зональность оруденения – лежащий (пенченгинская) и висячий (кординская) бок рудной зоны, а литологические особенности пород служат лишь локализирующим фактором для концентрации микроэлементов из гидротермальных рудоносных растворов.

При анализе геохимической латеральной зональности пород кординской свиты в направлении север-юг для углеродистых сланцев можно отметить следующее (табл. 5.2):

- в южном направлении возрастают концентрации Ag, As, Cd, Zn
- в южном направлении снижаются содержания Bi, Cu, Mo, Sr, Ti.

В южной части рудного поля глинистые сланцы южной части Герфед-Николаевской зоны характеризуются повышенными концентрациями Ag, Mo, Cu, V, Pb, As, Cd, Zr и пониженными значениями Zn и Co.

В целом же набор геохимических элементов и корреляционные связи между ними в сланцах кординской свиты Николаевского рудного поля близки к таковым для Герфедского рудного поля, это говорит о единстве рудного процесса для обоих объектов.

Подытоживая все вышесказанное можно констатировать:

1) В формировании геохимической специализации образований кординской свиты, как и для пород пенченгинской свиты, главную роль играли рудные гидротермальные процессы, нежели геохимический состав исходных пород, а литологические особенности пород служили лишь локализирующим фактором для концентрации микроэлементов из гидротермальных рудоносных растворов.

2) В ходе рудогенеза в породы кординской свиты в пределах Герфедского рудного поля происходил привнос Cd, Bi, Cu, Zn, Mo и вынос Sb, Sr, Be, Zr, Ba.

3) Благодаря сорбционным свойствам углеродистого вещества, углеродистые сланцы кординской свиты отличаются наиболее высокими значениями Ag, Cd, Cu, Mo, Pb, V.

4) В направлении с севера на юг, вследствие расширения зоны гидротермального метасоматоза, в всячем боку Герфед-Николаевской рудной зоны отмечается нарастание концентраций Ag, As, Cd, Zn и снижение значений Bi, Cu, Mo, Sr, Ti.

5) Сравнивая всячий и лежащий бок Герфед-Николаевской рудной зоны можно отметить, что породы всячего бока в целом отличаются повышенными концентрациями Mo, Ag, V, Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Cr, а лежащего бока – Mn, Ti, Sr и отчасти Zr.

5.2. Рудные образования

Как уже отмечалось выше, к рудным образованиям Герфед-Николаевской зоны относятся продукты гидротермального метасоматоза – рудные метасоматиты, метасоматические кварциты жил Магистральной и Николаевской и кварцевые оперяющие и «лестничные» жилы.

5.2.1. Герфедское рудное поле

Рассматривая геохимическую характеристику различных типов руд Герфедского рудного поля (табл. 5.3) можно отметить следующее:

1. В рудных метасоматитах месторождения Герфед, по сравнению с исходными филлитами и метавулканитами пенченгинской свиты, отмечаются отчетливо повышенные концентрации As (в 3 раза) и W (в 3,6 раза) и пониженные значения Mn и Sr (в 2,5 раза). В меньшей степени проявлено нарастание содержаний V (2,1), Cd (1,9), Mo (1,8), Cu (1,8), Ba (1,8), Be (1,7) (Прил. 1), Zn (1,7), Fe (1,5), Ag (1,4) (Прил.2).

Для рудных метасоматитов Партизанского месторождения характерен более бедный спектр элементов с повышенными (по отношению к вмещающим породам) концентрациями. Здесь, так же как и в северной части, отмечается нарастание концентраций As (63), W (2,6) (Прил. 3), Ag (1,5), Fe (1,4), Cd (1,4) и Cu (1,3). Кроме того, в южной части рудного поля имеется и своя специфика – возрастают содержания Co (1,7) и Bi (1,5).

Сравнительная характеристика концентраций микроэлементов в рудных метасоматитах Герфедского рудного поля (в целом) с их кларковыми значениями для сланцев (Виноградов А.П., 1962) приведена в формуле 5.8.

$$\frac{\text{Au}_{2600}, \text{As}_{75}, \text{Cd}_9, \text{Bi}_7, \text{Cu}_{4.5}, \text{W}_{3.5}, \text{V}_3, \text{Zn}_{2.5}, \text{Ag}_{2.2}, \text{Fe}_2, \text{Co}_2}{\text{Sb}_{0.1}, \text{B}_{0.2}, \text{Pb}_{0.2}, \text{Sr}_{0.3}, \text{Be}_{0.4}, \text{Zr}_{0.5}} \frac{\text{(привнос)}}{\text{(вынос)}} \quad (5.8)$$

Таблица 5.3

Сравнительная характеристика микроэлементного состава вмещающих пород и руд Герфедского рудного поля

Элемент	Кларк в сланцах	Неизменные породы пенчегинской свиты (1590 проб)						Рудные метасоматиты						Жила Магистральная						Жилы Оперяющие											
		Герфед (71 проба)			Партизанское (342 пробы)			Общее по рудному полю			Герфед (84 пробы)			Партизанское (26 проб)			Общее по рудному полю			Герфед (25 проб)			Партизанское (125 проб)			Общее по рудному полю					
		С	Кв	Кк	С	Кв	Кк	С	Кв	Кк	С	Кв	Кк	С	Кв	Кк	С	Кв	Кк	С	Кв	Кк	С	Кв	Кк	С	Кв	Кк			
Au	0,001			3,4	243	3400	1,9	191	1900	2,2	222	2200	3,3	146	3300	3,2	171	3200	3,3	152	3300	4,2	214	4200	3,6	240	3600	3,7	235	3700	
Ag	0,08*	0,12	60	1,5	0,17	66	2,1	0,18	66	2,3	0,18	66	2,3	0,18	75	2,3	0,35	78	4,4	0,22	85	2,8	0,25	97	3,1	1,30	340	16,3	1,13	359	14,1
As	2,9*	6,3	176	2,2	19,0	74	6,6	395	165	136	338	182	117	173	165	59,7	188	144	64,8	175	160	60,3	69,8	221	24,1	418	185	144	350	202	121
B	10	2,8	126	0,3	2,4	66	0,2	1,4	99	0,1	1,6	90	0,2	2,3	101	0,2	3,0	92	0,3	2,5	100	0,3	2,0	96	0,2	2,1	105	0,2	2,1	104	0,2
Ba	33*	23,2	53	0,7	40,6	50	1,2	23,8	47	0,7	26,7	55	0,8	65,0	34	2,0	46,2	61	1,4	60,5	42	1,8	62,6	31	1,9	36,8	64	1,1	40,7	60	1,2
Be	0,3*	0,10	68	0,3	0,17	76	0,6	0,07	73	0,2	0,09	90	0,3	0,34	75	1,1	0,22	76	0,7	0,31	77	1,0	0,36	58	1,2	0,17	91	0,6	0,20	90	0,7
Bi	0,001	0,06	49	6,0	0,05	27	5,0	0,09	66	9,0	0,09	63	9,0	0,06	80	6,0	0,21	104	21,0	0,09	140	9,0	0,05	0	5,0	0,33	303	33,0	0,29	325	29,0
Cd	0,003	0,17	56	5,7	0,33	47	11,0	0,23	40	7,7	0,24	46	8,0	0,13	108	4,3	0,15	107	5,0	0,13	108	4,3	0,11	86	3,7	0,23	271	7,7	0,21	272	7,0
Co	2	2,8	38	1,4	3,0	44	1,5	4,7	46	2,4	4,4	49	2,2	2,1	86	1,1	4,4	75	2,2	2,6	93	1,3	1,2	48	0,6	4,0	102	2,0	3,5	110	1,8
Cr	10	9,4	50	0,9	9,5	49	1,0	8,4	56	0,8	8,5	55	0,9	20,9	63	2,1	11,2	111	1,1	18,8	72	1,9	18,2	47	1,8	12,8	117	1,3	13,7	104	1,4
Cu	4,2*	12,9	56	3,1	23,0	47	5,5	16,3	46	3,9	17,4	49	4,1	18,3	75	4,4	31,1	71	7,4	21,2	80	5,0	13,5	43	3,2	68,2	183	16,2	59,2	196	14,1
Fe	3,33	4,9	40	1,5	7,4	31	2,2	6,8	24	2,0	6,9	26	2,1	6,6	54	2,0	8,1	57	2,4	6,9	56	2,1	5,9	43	1,8	8,3	58	2,5	7,9	58	2,4
Mn	67	185	51	2,8	68	55	1,0	180	43	2,7	165	50	2,5	55	127	0,8	140	58	2,1	74	109	1,1	47	46	0,7	112	70	1,7	100	76	1,5
Mo	0,2	0,09	70	0,5	0,16	70	0,8	0,09	94	0,5	0,11	85	0,6	0,54	53	2,7	0,24	104	1,2	0,47	66	2,4	0,60	39	3,0	0,17	133	0,9	0,24	116	1,2
Ni	9,5	4,0	32	0,4	5,5	37	0,6	5,3	29	0,6	5,3	31	0,6	4,0	40	0,4	5,0	58	0,5	4,3	48	0,5	3,8	33	0,4	4,5	52	0,5	4,4	51	0,5
P	77	86	52	1,1	120	35	1,6	60	81	0,8	70	75	0,9	65	69	0,8	65	65	0,8	65	68	0,8	59	47	0,8	44	90	0,6	46	83	0,6
Pb	2,5*	0,62	106	0,2	0,56	104	0,2	0,52	82	0,2	0,53	86	0,2	0,75	135	0,3	2,13	169	0,9	1,06	190	0,4	0,43	117	0,2	2,69	230	1,1	2,30	250	0,9
Sb	5,9	0,51	17	0,1	0,62	47	0,1	0,50	6	0,1	0,52	26	0,1	1,12	54	0,2	0,66	59	0,1	1,01	59	0,2	1,14	49	0,2	0,71	101	0,1	0,78	91	0,1
Sn	0,3*	0,25	32	0,8	0,36	32	1,2	0,33	33	1,1	0,34	33	1,1	0,23	76	0,8	0,32	62	1,1	0,25	73	0,8	0,21	42	0,7	0,29	51	1,0	0,27	52	0,9
Sr	45	16,0	62	0,4	7,1	88	0,2	13,5	52	0,3	12,4	59	0,3	6,7	98	0,1	5,7	35	0,1	6,5	90	0,1	5,0	0	0,1	16,2	143	0,4	14,4	150	0,3
Ti	450	500	58	1,1	700	46	1,6	500	50	1,1	530	51	1,2	220	100	0,5	250	104	0,6	225	101	0,5	190	74	0,4	240	90	0,5	230	89	0,5
V	13	24,2	64	1,9	49,7	52	3,8	29,1	43	2,2	32,3	53	2,5	10,5	134	0,8	9,5	97	0,7	10,3	127	0,8	6,9	98	0,5	10,0	89	0,8	9,5	91	0,7
W	0,2	0,22	70	1,1	0,79	59	4,0	0,57	73	2,9	0,61	71	3,1	0,61	94	3,1	0,96	95	4,8	0,68	99	3,4	0,42	43	2,1	0,90	107	4,5	0,81	110	4,1
Y	3	3,4	39	1,1	4,1	43	1,4	2,6	51	0,9	2,8	54	0,9	2,5	65	0,8	2,6	57	0,9	2,5	63	0,8	2,1	50	0,7	2,5	74	0,8	2,4	72	0,8
Zn	7,7*	13,6	43	1,8	22,9	53	3,0	15,4	44	2,0	16,6	50	2,2	12,5	94	1,6	15,6	102	2,0	13,3	98	1,7	8,3	63	1,1	20,8	230	2,7	18,7	235	2,4
Zr	20	9,2	41	0,5	10,0	44	0,5	9,1	30	0,5	9,2	34	0,5	3,7	114	0,2	5,0	69	0,3	4,0	101	0,2	3,0	56	0,2	5,2	62	0,3	4,9	65	0,2

Примечание – см. табл. 5.1.

2. Для метасоматических кварцитов жилы Магистральной и оперяющих кварцевых жил, в целом, характерно еще большее нарастание концентраций As в 10-60 раз по сравнению с неизменными породами пенченгинской свиты (Прил. 3). Так же отмечается существенное возрастание доли таких спутников золота, как Ag (в 2-9 раз), Mo (2-6), W (2-4), Ba и Be (2-3), и в несколько меньшей степени – Cr, Sb (1,5-2) (Прил. 1-3). В южной части рудного поля (месторождение Партизанское), кроме того, отмечается нарастание концентраций Bi, Cu, Pb (2-5). Концентрации железа остаются практически на том же уровне, что и в рудных метасоматитах. На фоне этого отчетливо наблюдается вынос литофильных элементов – Mn, Ti, V, Zr, Sr и P, концентрации которых снижаются в 2-3 раза по сравнению с вмещающими породами.

Следует отметить, что для таких элементов, как Ag, Bi, Sb отмечается четкая тенденция возрастания их концентраций с нарастанием интенсивности рудного процесса: рудные метасоматиты → метасоматические кварциты → кварц выполнения полостей (Прил.2).

Таким образом, такие элементы, как As, Ag, Mo, W, Ba, Be, Cr, Sb, Bi, Cu, Pb можно считать индикаторами золотого оруденения в пределах Герфедского рудного поля.

Содержания таких элементов, как Co, Cd и V, возрастают в метасоматитах, затем резко снижаются в метасоматических кварцитах и кварцевых жилах (Прил.2), что позволяет предположить, что эти элементы лишь перераспределяются в ходе гидротермально-метасоматических преобразований, а не приносятся с рудоносными растворами.

Близкие концентрации железа в жильных породах и метасоматитах, при несколько более высоком их уровне по сравнению с вмещающими породами могут свидетельствовать о привносе железа с рудоносными флюидами. Только в метасоматитах оно осаждалось, преимущественно, в виде хлоритов, а в кварцитах и кварцевых жилах – в виде сульфидов железа.

Сравнительная характеристика концентраций микроэлементов в метасоматических кварцитах и кварцевых жилах с их кларковыми значениями для сланцев (Виноградов, 1962) приведена в формулах 5.9 и 5.10.

$$\text{Жила Магистральная} \quad \frac{\text{Au}_{3300}, \text{As}_{60}, \text{Bi}_{10}, \text{Cu}_5, \text{Cd}_{4.5}, \text{W}_4, \text{Ag}_3, \text{Fe}_{2.2}, \text{Mo}_{2.2}, \text{Zn}_2}{\text{Sr}_{0.1}, \text{Sb}_{0.2}, \text{Zr}_{0.2}, \text{B}_{0.3}, \text{Ni}_{0.3}, \text{Ti}_{0.5}} \quad (5.9)$$

$$\text{Оперяющие жилы} \quad \frac{\text{Au}_{3800}, \text{As}_{90}, \text{Bi}_{20}, \text{Ag}_{10}, \text{Cu}_{10}, \text{Cd}_6, \text{W}_4, \text{Fe}_2, \text{Mo}_2, \text{Zn}_2}{\text{Sb}_{0.2}, \text{B}_{0.2}, \text{Sr}_{0.3}, \text{Zr}_{0.3}, \text{Ti}_{0.5}, \text{Ni}_{0.5}} \quad (5.10)$$

Рассматривая геохимическую латеральную изменчивость рудных образований в направлении север-юг (Прил. 4-7), по характеру поведения можно выделить 3 группы элементов:

1. Элементы, которые преобладают во всех рудных образованиях в южной части рудного поля – Bi (Прил. 4), Ag (Прил. 5), Co (Прил. 6), As (Прил. 7), Mn (Прил. 6) и Pb. Причем, для таких элементов, как Bi, Ag, Co, Pb отмечается отчетливый рост их концентраций в южном на-

правлении по мере нарастания интенсивности рудного процесса (метасоматиты —> метасоматические кварциты —> кварц выполнения полостей).

2. Элементы, концентрации которых падают во всех рудных образованиях в южной части рудного поля – Sb (Прил. 4), Mo (Прил. 5), Ba, Be, Cr. Причем, для молибдена и сурьмы отмечается обратная тенденция, нежели для элементов первой группы – снижение их концентраций в южном направлении по мере нарастания интенсивности рудного процесса (метасоматиты —> метасоматические кварциты —> кварц выполнения полостей).

3. Элементы, содержания которых в метасоматитах падают в направлении на юг, а в метасоматических кварцитах и гидротермалитах напротив возрастают – W (Прил. 7), Cd, Cu, Fe, Zn.

Интересно соотношение Sb и Bi в северной и южной частях Герфедского рудного поля. Многими исследователями отмечается геохимическая зональность золоторудных месторождений, выраженная в смене висмутовой специализации на сурьмяную по мере удаления от Татарского гранитоидного массива. В рудах Герфедского рудного поля Sb и Bi находятся в концентрациях близких к пределу обнаружения атомно-эмиссионного анализа, что конечно затрудняет их достоверную интерпретацию. Однако из формул 5.8-5.10 видно, что Bi во всех типах руд содержится в количествах значительно превосходящих кларковые значения для сланцев (в 7-20 раз), а Sb, наоборот – в количествах существенно ниже кларковых (в 5-10 раз). Сравнивая руды северной и южной частей Герфедского рудного поля (Прил. 4) видно, что в южном направлении отмечается рост концентраций Bi, при снижении доли Sb. Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что Герфедское рудное поле расположено в зоне висмутовой минерализации, занимая в ней краевую позицию (близкую к переходу в зону сурьмяной минерализации).

Сходная картина наблюдается и в отношении Mo – Ag (Прил. 5). Концентрации Ag в рудах слабо нарастают в южном направлении, а содержания Mo резко падают. Диаграммы распределения Ag в северной и южной части рудного поля в целом совпадают. Существенные различия наблюдаются в области ураганных (свыше 1 г/т) значений. Особенно отчетливо это просматривается для оперяющих жил – в южной части 20% проб имеют значения свыше 1 г/т, против 4% – в северной части. Концентрации Ag в виде отдельных ураганных значений характерны для периферических частей рудных зон, где они расщепляются и выклиниваются на манер «конского хвоста». Таким образом, снижение содержания в руде Mo, и нарастание концентраций Ag в южном направлении может говорить о том /15/, что в этом направлении происходит удаление от источника гидротерм, и южная часть рудного поля характеризуется меньшим эрозийным срезом.

Интересная ситуация наблюдается в распределении Co и Mn (Прил. 6). Сравнивая концентрации этих элементов в рудах и исходных породах месторождения Герфед, можно сделать вывод, что они выносятся золотоносными флюидами из вмещающих пород на более высокие го-

ризонты. Такую же закономерность отмечает и С.В. Григорян /15/ для гидротермальных месторождений золотокварцевой формации. Однако в южной части рудного поля (месторождение Партизанское) концентрации этих элементов существенно возрастают, а для Со даже превышают таковые во вмещающих породах. Это опять-таки может свидетельствовать о том, что в южной части рудного поля мы имеем дело с более высокими и удаленными от источника уровнями рудной зоны. Снижение концентраций W, при нарастание содержаний As в метасоматитах Партизанского месторождения (Прил. 7), так же свидетельствует в пользу этой гипотезы.

Рассматривая ассоциации геохимических элементов в рудных образованиях (Прил. 8-13) можно отметить следующее:

1. Во всех рудных образованиях отчетливо выделяется литофильная ассоциация, костяк которой составляют Ti-V-Zr-Y (0,6-0,9). Данная ассоциация является унаследованной от вмещающих пород – филлитов и метавулканитов, но в метасоматически проработанных породах (рудных метасоматитах и метасоматических кварцитах) как Герфедского, так и Партизанского месторождений, она отличается большим разнообразием элементов. В рудных метасоматитах в нее входят P и Cd, а в метасоматических кварцитах – Fe, Sn, P, W. В оперяющих жилах, имеющих несколько иное происхождение, эта ассоциация представлена лишь своими основными компонентами – Ti-V-Zr с более слабыми корреляционными связями. Отчетливым антагонистом к этой ассоциации в рудных метасоматитах выступает **бор**, а в южной части рудного поля – так же Bi и As. В жиле Магистральная на месторождении Герфед выделяется, антагонистическая к литофильной, рудная ассоциация – Be-Ba-Sb-Cr. Эта ассоциация элементов, которые выносятся рудоносными растворами из вмещающих пород в область рудолокализации.

2. Что касается золоторудных ассоциаций, то наиболее прочные и устойчивые связи с золотом (табл. 5.4) отмечаются у Ag (0,4-0,8). Корреляция между Au-Ag отмечается во всех рудоносных образованиях Герфедского рудного поля (Прил. 8-13). По мере нарастания интенсивности гидротермально-метасоматического процесса эти корреляционные связи усиливаются. В метасоматических кварцитах и оперяющих кварцевых жилах хорошие корреляционные связи отмечаются между Au и Fe (0,3-0,5), что подтверждает парагенезис золота с пиритом и пирротинном, и несколько менее контрастные связи Au-Cu (0,2-0,4) – халькопирит. Корреляционные связи Au-As проявляются в рудах только в южной части рудного поля (Прил. 11-13), что может объясняться мало-мышьяковистым типом руд месторождения Герфед (арсенопирита около 1%) и возрастанием доли арсенопирита в рудах Партизанского месторождения. В метасоматических кварцитах и кварцевых жилах северной части рудного поля отмечаются так же хорошие корреляционные связи Au с P (0,4) и Sn (0,3-0,4), а в южной части – с Bi, Cd и Pb. Характерным для южной части Герфедского рудного поля являются довольно устойчивые связи между Au и W (0,4-0,6), которые образуют самостоятельную **золото-вольфрамовую** ассоциацию.

Таблица 5.4

Геохимические элементы, образующие корреляционные связи с золотом в различных рудных образованиях Герфед-Николаевской рудной зоны

Рудные образования	Месторождение Николаевское	Месторождение Герфед	Месторождение Партизанское
Рудные метасоматиты	*As-0,67, Fe-0,55, Co-0,55, Ag-0,49, Zn-0,48, Sn-0,46 Cu-0,3, Ni-0,3	Ag-0,41, W-0,2	*Ag-0,42, As-0,32, Cu-0,28
Метасоматические кварциты	*Ag-0,57, Fe-0,57 Cu-0,5, As-0,27, Ni-0,38	*Ag-0,54, Fe-0,46, P-0,43, Cu-0,41, Sn-0,41, Zn-0,4	Ag-0,6, W-0,59, Bi-0,5, Cd-0,35, Fe-0,3, Cu-0,26, P-0,2
Кварцевые жилы		Ag-0,81, P-0,44, Fe-0,4, Sn-0,27, Mn-0,25	*Ag-0,55, Fe-0,54, Co-0,5, Cu-0,44, W-0,44, As-0,42, Pb-0,41, Zn-0,41, Cd-0,36

* в симметризованных выборках корреляционные связи с золотом возрастают.

Следует отметить, что в метасоматических кварцитах и кварцевых жилах **Au-Ag** ассоциация является более многокомпонентной, чем в рудных метасоматитах. На месторождение Герфед в жиле Магистральной к ней присоединяются Fe-Cu-P-Sn-Zn, а в оперяющих жилах – Fe-P-Sn. На Партизанском месторождение – Fe-Co-Cu-Pb-Zn-Cd в оперяющих жилах.

Сравнивая геохимические и парагенетические ассоциации золота, можно сделать вывод, что многокомпонентная Au-Ag геохимическая ассоциация в метасоматических кварцитах соответствует золото-галенит-сфалерит-халькопирит-пирротин-карбонатной, а в кварцевых жилах – ЗолотоII-галенит-сфалерит-халькопирит-пирротин-карбонатной парагенетическим ассоциациям

В целом можно констатировать, что четким индикатором золотой минерализации в пределах Герфедского рудного поля служит только **Ag**, которое является основной примесью в самом золоте (до 10%). Корреляционные связи с золотом других элементов определяются парагенетическими и минеральными ассоциациями, в которых связь с золотом не столь устойчивая. Таким образом, их можно рассматривать, как косвенные признаки золотой минерализации.

5.2.1.1 Геохимическая изменчивость Герфедского рудного поля

Геохимическая изменчивость в пределах Герфедского рудного поля просматривается по трем направлениям:

1. Поперечная изменчивость, которая выражается в разделении элементов на собственно рудные и элементы лежачего и висячего боков рудной зоны.

2. Латеральная изменчивость по простирацию рудного поля, характеризующая его изменчивость с севера на юг.

3. Геохимическая изменчивость окolorудных изменений по степени удаленности от кварцевых жил, отражающая изменчивость характера внешних и внутренних зон метасоматоза.

Поперечная изменчивость отчасти уже была рассмотрена в предыдущих подразделах, при характеристике вмещающих пород и руд Герфедского рудного поля.

К элементам лежащего бока рудной зоны следует относить Ti (Прил. 16), а так же Mn, Sr и отчасти Co. Ореолы марганца и стронция имеет породное происхождение и, объясняются более высокой долей карбонатной составляющей в филлитах и метавулканитах пенченгинской свиты лежащего бока рудной зоны. Co и Ti имеют двойственную природу. С одной стороны их повышенные концентрации в метавулканитах пенченгинской свиты обусловлены породным фактором – более высокими кларковыми содержаниями этих элементов в вулканических породах основного состава. С другой стороны спектральным анализом в монофракции пирита и арсенопирита из рудных метасоматитов установлены концентрации Co до 0,13%, то есть на порядок выше, чем в материнских породах (в пиритах из андезитовых порфиритов 0,015-0,03%). В этих же метасоматитах в значительных количествах отмечается новообразованный (вероятно за счет ильменита) рутил (до 2%). Таким образом, и Co и Ti можно считать элементами-индикаторами гидротермальных и собственно рудных процессов. Их приуроченность к лежащему боку жилы Магистральной (Прил. 16) обуславливается широким распространением здесь рудных метасоматитов. Справедливости ради следует сказать, что в углеродистых сланцах кординской свиты, так же спорадически отмечаются аномальные (до 0,01%) содержания Co, что вероятно обусловлено сорбированием его на углеродистое вещество из гидротермальных растворов.

К элементам-индикаторам, непосредственно отражающим процессы формирования золотого оруденения, следует отнести As, W, Ba, Be, Bi, Sb и отчасти Cr, Fe, Cu.

Мышьяк служит одним из наиболее отчетливых индикаторов золоторудных процессов в пределах Герфедского рудного поля, хотя и не образует устойчивых прямых корреляционных связей с золотом. Арсенопирит является вторым по распространенности, после пирита, рудным минералом, который присутствует, как в жильных образованиях, так и в околожильных метасоматитах. Концентрация его в породе находится в прямой зависимости от интенсивности гидротермально-метасоматических процессов. В связи с этим аномальные поля мышьяка на разрезах, в целом, отражают зоны наиболее высокой степени метасоматической проработки пород, с которыми и связано золото (Прил. 17). Локальные повышения содержаний мышьяка связаны с зонами максимального развития опережающих жил. Концентрация мышьяка в жильных породах и околожильных метасоматитах варьирует в пределах 0,01-0,8%.

Вольфрам, как и мышьяк не образует хороших корреляционных связей с золотом на Герфедском месторождении, хотя в пределах Партизанского месторождения формирует Au-W рудную ассоциацию. Он так же является довольно отчетливым индикатором золоторудных

процессов. Повышенные в 2-5 раз, по сравнению с общим фоном, концентрации вольфрама характерны, как для жильных образований, так и для околожильных метасоматитов (табл. 5.3). Поэтому первичные литогеохимические поля вольфрама, в целом, довольно отчетливо трассируют зоны развития интенсивного гидротермального метасоматоза (Прил. 17). Концентрация вольфрама в рудоносных образованиях довольно неоднородна от 0,0003 до 0,019%.

Барий, бериллий, сурьма образуют в рудах Герфедского месторождения (особенно жиле Магистральная) рудную ассоциацию, поэтому их аномальные литохимические поля в первичных ореолах довольно отчетливо выделяют зоны золоторудной минерализации именно в метасоматических кварцитах (Прил. 16 и 18), особенно в северной части рудного поля. Рудные же метасоматиты большей частью характеризуются фоновыми, или слабо аномальными значениями этих элементов. Барий образует поля интенсивностью 0,008-0,02% на метасоматических кварцитах и кварцевых жилах и 0,006-0,012% на рудных метасоматитах. Бериллий соответственно: 0,0002-0,001% – на кварцевых образованиях и 0,00005-0,00015% – на метасоматитах. Концентрации сурьмы находятся на уровне чувствительности анализа (0,0005%), и только в жиле Магистральной и оперяющих жилах возрастают до 0,001-0,0025%.

Висмут, так же, присутствует в породах Герфедского рудного поля в концентрациях близких к порогу обнаружения анализа (0,00005%). В рудных образованиях его содержания возрастают в 1,5-2 раза (табл. 5.3). На месторождение Партизанское висмут входит в состав золото-серебряной ассоциации в гидротермалитах. В первичных ореолах Герфедского рудного поля он образует, как аномальные поля оконтуривающие рудные образования (Партизанское месторождение), так и преимущественно надрудные ореолы в углеродистых сланцах.

Хром во вмещающих породах месторождения Герфед присутствует в незначительных количествах (0,005-0,015%). В кварцевых метасоматитах и жильных образованиях его содержания возрастает в 2-3 раза (табл. 5.3). Поэтому узкие высококонтрастные (0,02-0,05%) аномалии хрома в первичных ореолах трассируют жилу Магистральная и оперяющие жилы, а менее контрастные (0,02-0,03%), но более обширные ореолы сопровождают зоны тонкого кварцевого прожилкования – рудные метасоматиты. Надрудные же области характеризуются слабоконтрастными (0,015-0,025%) ореолами хрома, которые не имеют четкой привязки к каким либо литологическим разностям пород, а охватывают надрудные области в целом.

Повышенные концентрации *железа* в первичных ореолах Герфедского рудного поля связаны, главным образом, с зонами сульфидной минерализации (табл. 5.3). Кроме того, несколько повышенным породным фоном обладают метавулканы пенченгинской свиты (табл. 5.1), где железо приурочено в основном к хлоритам. Ореолы сульфидной минерализации вмещающих пород на месторождение Герфед имеют широкое распространение. Содержания сульфидов в породах на отдельных участках достигают 5%. Учитывая, что само месторождение относится к

малосульфидному типу, можно констатировать, что геохимические поля железа только косвенно «отбивают» зоны золоторудной минерализации, лишь на тех участках, где они сопровождаются повышенными концентрациями сульфидов в руде. Зачастую аномальные поля железа в первичных ореолах отражают горизонты сульфидизированных углеродистых сланцев.

Медь имеет двойственную природу – повышенные ее концентрации отражают как рудные образования, так и их надрудные ореолы. Как в рудах, так и в надрудных углеродистых сланцах ореолы меди связаны с халькопиритовой минерализацией, которая находится в парагенетической связи с пирротиновой минерализацией. В связи с этим конфигурация первичных ореолов меди в Герфедском рудном поле в целом сходна с конфигурацией ореолов железа. Медь так же можно считать косвенным признаком золотого оруденения на участках повышенной сульфидизации (золото-галенит-сфалерит-халькопирит-пирротиновая ассоциация).

Таким образом, в первичных ореолах Герфедского рудного поля собственно рудными элементами следует считать As, W, Ba, Be и Sb. Такие элементы, как Bi, Fe, Cr и Cu скорее служат индикаторами гидротермальных процессов, которые отражают как сами рудные зоны, так и околорудные изменения всяческого бока рудной зоны.

К элементам всяческого бока рудной зоны следует относить (Прил. 16-18) Ag, Pb, Zn, Cd, Mo, V, V и в какой то степени Ni, Sn.0

Серебро во всех рудоносных образованиях имеет довольно устойчивые связи с золотом, поскольку входит в его химический состав, в связи с чем, и является его наиболее отчетливым индикатором. Сравнивая концентрации серебра в лежащем боку жилы Магистральной (породах пенченгинской свиты) и рудных образованиях, можно отметить возрастание его содержаний в метасоматических кварцитах и жильном кварце в 2-3 раза (табл. 5.3). Однако его концентрация в вышележащих образованиях кординской свиты и, особенно, в углеродистых сланцах в 2-3 раза выше, чем в рудах.

Похожим образом ведут себя *молибден и свинец*. Образую повышенные концентрации в рудных образованиях, максимальной интенсивности их геохимические поля приурочены к углеродистым сланцам всяческого бока оруденения. Таким образом, являясь в целом индикаторами рудных процессов, в первичных ореолах Герфедского рудного поля серебро, свинец, молибден образуют преимущественно аномальные геохимические поля в всячем боку рудной зоны, а сами рудные тела характеризуются более слабыми их ореолами.

Такие элементы, как *бор, цинк, кадмий* так же образуют максимально интенсивные первичные геохимические поля в горизонтах углеродистых и алевритоглинистых сланцев.

Приуроченность всех этих элементов к горизонтам углеродистых и обуглероженных алевритоглинистых сланцев обусловлена высокими сорбционными свойствами углеродистого вещества и подвижностью данных элементов.

Латеральная изменчивость имеет не столь отчетливый характер. Для рудных образований она выражается в нарастании с севера на юг концентраций As, Mn, Bi, Ag, Co, Pb, Zn, Cu, Cd и соответственном снижении количества Ba, Be, Cr, Mo, Sb. В целом, как для руд, так и для вмещающих пород, в южном направлении повышаются размеры и интенсивность геохимического поля As (Прил. 17), **Mn, Pb** (Прил. 18), **Bi** (Прил. 16), **Ag** (Прил. 16) и **Cd**.

Для мышьяка (Прил. 17) отмечается общее нарастание его концентраций в рудоносных образованиях с севера на юг от 0,01-0,08% (на линии 26,3) до 0,02-0,8% (на линии -5). Это связано с общим нарастанием доли арсенопирита в сульфидной минерализации в центральной и особенно в южной частях месторождения.

Для бария и бериллия (Прил. 18) отмечается затухание интенсивности геохимического поля в южном направлении, что объясняется постепенным выклиниванием основного рудного тела – жилы Магистральной, к которой и тяготеют максимальные концентрации этих элементов. В ассоциации с барием и бериллием в жиле Магистральной находятся хром и сурьма, концентрации которых так же падают в южном направлении по той же причине.

Для вольфрама (Прил. 16) характерно нарастание интенсивности и размеров геохимических ореолов от центральных частей Герфедского рудного поля к его флангам. Наиболее обогащены вольфрамом фланговые части рудного поля: северный – 0,0005-0,0022% (РЛ 26,3-21,5) и южный – 0,0005-0,006% до 0,019% (РЛ -5). Центральные части рудного поля несколько обеднены вольфрамом, вплоть до фоновых (0,0003-0,0004%) содержаний в рудной зоне (линия 11,5).

Нарастание в южном направлении концентраций таких элементов, как As, Ag, Pb, Zn, Cd, занимающих краевые (периферийные) части в ряду зональности для среднетемпературных золоторудных месторождений /15/, говорит о том, что **южная часть рудного поля является более удаленной от источника золотоносных растворов, чем северная**. Об этом же свидетельствует и нарастание в северном направлении содержания, тяготеющего к более глубоким горизонтам, молибдена. Относительное накопление в породах и рудах Партизанского месторождения Mn и Co, которые выносятся золотоносными растворами из рудной области на более высокие горизонты, так же говорит о его более высоком эрозионном срезе.

Геохимическая изменчивость околорудных метасоматитов по степени удаленности от кварцевых жил. Рассматривая геохимическую изменчивость метасоматитов по отношению к жиле Магистральной (атомно-эмиссионный анализ), можно выделить 3 группы элементов (табл. 5.5): 1) элементы, приуроченные к метасоматическим кварцитам и области непосредственного контакта, 2) элементы висячего бока жилы 3) элементы лежащего бока жилы. Такая же картина подтверждается и данными рентгенофлуоресцентного анализа (рис. 5.1 и 5.2).

К первой группе относятся As, Ba, Be, Cd, Ti, V, W, Zn, Ni, Sb. Повышенные концентрации As, Ba, Be отмечаются в самих метасоматических кварцитах и в их непосредственном ви-

сячем экзоконтакте (до 1 м от контакта). На удалении более 1 м незначительные вариации содержаний с общим их снижением к внешним зонам метасоматоза отмечаются только для As, а для Ва и Ве характерны фоновые значения. Сходное распределение имеют Ti, V, W, Cd. Повышенные их концентрации так же характерны для внутренних (до 1 м от контакта) зон метасоматоза, однако сами кварциты отличаются пониженными значениями этих элементов. По мере удаления от жилы постепенное снижение содержаний отмечается только для W. Для Ti, V, Cd на удалении более 1 м от контакта, каких либо изменений концентраций не просматривается. Zn, в целом тяготея к висячему боку оруденения, в околожильных метасоматитах отмечается преимущественно в лежащем боку жилы Магистральной, выделяя внутреннюю и центральную зоны метасоматоза (0,5-3 м от контакта), так же повышенными его концентрациями характеризуется и висячий экзоконтакт жилы. В теле же самой жилы Магистральной его концентрация минимальна. Для Ni и Sb существенное возрастание содержаний отмечается только непосредственно в метасоматических кварцитах.

К элементам висячего бока относятся Ag, В, Cr, Cu, Mo, Pb, Sn. Такие элементы, как Ag, Pb и В непосредственно в метасоматических кварцитах характеризуются минимальными концентрациями, так же обеднена ими и область непосредственного контакта с жилой. Максимальные их концентрации характеризуют центральные и внешние зоны метасоматоза в висячем боку жилы Магистральной. Для Mo и Cr, как и для предыдущей группы (Ag, В, Pb), характерен вынос этих элементов из зоны ближайшего (до 0,5 м) контакта с жилой и концентрация их в центральных и внешних зонах метасоматоза. Однако и сами метасоматические кварциты характеризуются их повышенными значениями. В отношении Cu, стабильно повышенные содержания характеризуют всю зону метасоматоза висячего бока жилы и, в несколько меньшей мере сами кварциты и область их нижнего экзоконтакта. В целом отмечается слабое нарастание концентраций Cu в направлении от внешних к внутренним зонам метасоматоза.

К элементам лежащего бока относятся Co, Mn, P. Наиболее высокие концентрации фосфора отмечаются в лежащем боку жилы на расстояние до 3 м от контакта. Сами кварциты, и область их непосредственного контакта испытывают обеднение фосфором, особенно отчетливо это наблюдается по результатам рентгенофлуоресцентного анализа (рис. 5.2). В висячем боку жилы повышенные концентрации фосфора отмечаются только вблизи контакта (до 0,5 м). Марганец, как и фосфор отчетливо приурочен к лежащему боку жилы Магистральной. Максимальные концентрации его сосредоточены в зоне непосредственного экзоконтакта жилы и во внешних зонах метасоматоза, сама жила резко обеднена марганцем, в висячем ее боку небольшой всплеск содержаний марганца отмечается в центральной зоне метасоматоза (2-3 м от контакта).

Таблица 5.5

Концентрации микроэлементов в околорудных метасоматитах по результатам атомно-эмиссионного анализа в $n \cdot 10^{-3}\%$.

Породы	Номер пробы	Расстояние от контакта	Ag (г/т)	As	В	Ва	Ве	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sb	Sn	Ti	V	W	Zn	Zr
Висячий бок, Кордунская свита	Г-7	5 м	0,45	<5	9,5	8,7	0,17	0,16	1,2	6,0	39	2,5	<20	0,56	3,9	16	1,9	<1	0,34	310	24	0,28	4,6	3,9
	Г-6	4 м	0,98	7	11	7,6	<0,1	0,26	0,84	5,7	29	1,8	23	1,3	1,5	18	2,0	<1	0,42	330	44	0,27	4,7	6,2
	Г-5	3 м	0,62	14	8,6	8,2	0,15	0,21	1,7	6,2	35	2,3	49	0,81	2,2	22	2,7	<1	0,43	350	26	0,30	4,4	4,1
	Г-4	2 м	0,46	41	8,2	9,0	0,18	0,24	2,9	6,4	43	2,8	53	0,86	3,0	21	5,0	<1	0,79	240	34	0,31	4,4	4,3
	Г-3	1 м	0,38	17	11	8,4	<0,1	0,20	0,31	5,4	14	0,9	<20	1,1	2,0	18	<0,5	<1	0,41	340	30	0,40	4,9	5,7
	Г-2	0,5 м	0,59	15	<1	11	0,34	0,38	1,6	3,1	52	5,5	<20	<0,1	3,7	60	0,6	<1	0,53	1300	110	2,00	21	11
	Г-1	Контакт	<0,1	180	1,3	15	0,61	0,14	3,0	3,2	56	5,7	<20	0,18	5,3	69	0,6	1,1	0,29	240	7	0,36	25	1,9
Кварц	Г-15		<0,1	52	<1	17	0,83	<0,1	5,0	9,7	26	5,7	33	0,60	8,4	42	<0,5	1,7	0,29	47	0,58	0,41	3,2	<0,5
Метасом	Г-16	Жила	0,18	28	1	8,1	0,21	0,4	0,42	4,2	15	3,6	<20	<0,1	1,3	60	0,6	<1	0,77	1300	100	4,5	9,4	11
Лежачий бок, Пенчугинская свита	Г-8	Контакт	0,18	<5	<1	<6	<0,1	0,25	2,2	<2	13	5,6	160	<0,1	2,2	51	<0,5	<1	0,39	1100	70	1,2	4,6	13
	Г-9	0,5 м	0,25	34	<1	8,1	<0,1	0,25	5,2	2,3	26	6,5	67	0,13	3,9	110	<0,5	<1	0,45	680	50	0,94	22	8,3
	Г-10	1 м	0,18	13	<1	7,4	<0,1	0,20	3,1	<2	14	5,7	51	<0,1	2,9	98	<0,5	<1	0,21	570	44	0,50	30	7,8
	Г-11	2 м	0,14	6,8	<1	7,3	<0,1	0,18	3,0	<2	6,4	5,1	70	<0,1	4,3	92	<0,5	<1	0,15	560	35	0,20	21	9,2
	Г-12	3 м	0,10	14	<1	7,2	<0,1	0,17	4,2	<2	7,0	6,1	75	0,11	4,8	95	<0,5	<1	0,18	570	35	0,22	27	8,4
	Г-13	4 м	0,21	<5	<1	6,4	<0,1	0,25	2,5	2,6	8,7	4,3	100	0,11	3,3	65	<0,5	<1	0,23	700	54	0,14	11	12
	Г-14	5 м	0,16	<5	<1	6,7	<0,1	0,19	3,5	9,5	8,1	4,7	220	0,18	5,2	48	<0,5	<1	0,20	630	44	0,17	9	10
Метавулканииты Пенчугинской свиты	ГК-17372	10 м	0,10	<5	<1	7,4	<0,1	0,18	1,6	3,2	7,7	3,8	76	0,14	3,2	70	<0,5	<1	0,23	510	28	0,42	13	7,9
	ГК-17379	3 м	<0,1	20	<1	6,5	<0,1	0,17	2,9	3,7	10	4,0	62	0,15	3,4	76	<0,5	<1	0,21	430	27	0,56	13	7,4
	ГК-17380	2 м	0,10	5,9	<1	7,0	<0,1	0,19	2,3	<2	7,0	4,1	84	0,13	3,3	73	<0,5	<1	0,19	590	31	0,19	15	8,7
	ГК-17381	1 м	0,18	5,3	<1	6,0	<0,1	0,18	3,8	2,3	22	5,9	89	0,17	4,3	85	<0,5	<1	0,31	630	34	0,43	12	7,7
	ГК-17382	Контакт	0,11	<5	<1	6,1	<0,1	0,22	2,1	4,6	11	4,0	70	0,18	3,3	73	<0,5	<1	0,25	560	38	0,55	11	8,5
	ГК-17389	Жила	0,11	<5	1,3	16	0,3	<0,1	0,13	2,9	3,3	3,1	29	0,31	2,4	18	<0,5	1,4	<0,1	46	<0,5	0,21	1,4	<0,5
	ГК-17401	Контакт	0,33	21	1,3	10	0,11	0,25	3,6	13	32	6,6	82	0,28	3,8	82	<0,5	<1	0,32	630	53	0,59	10	8,9
	ГК-17402	1 м	0,25	<5	1,8	9,3	<0,1	0,37	3,5	5,7	8,0	5,2	87	0,15	4,6	87	<0,5	<1	0,30	700	78	0,24	16	11
	ГК-17403	2 м	0,17	<5	<1	6,8	<0,1	0,26	3,4	2,7	12	4,4	69	0,13	3,9	77	<0,5	<1	0,25	710	46	0,20	16	9,2
	ГК-17404	3 м	0,12	7,2	<1	6,3	<0,1	0,18	2,3	3,2	8,4	3,5	62	0,13	3,1	61	<0,5	<1	0,19	460	28	0,17	10	7,8
ГК-17405	5 м	<0,1	<5	<1	6,0	<0,1	0,23	2,6	2,5	10	4,4	74	0,12	3,6	79	<0,5	<1	0,23	620	38	0,18	15	9,6	

Жилы Оперяющие

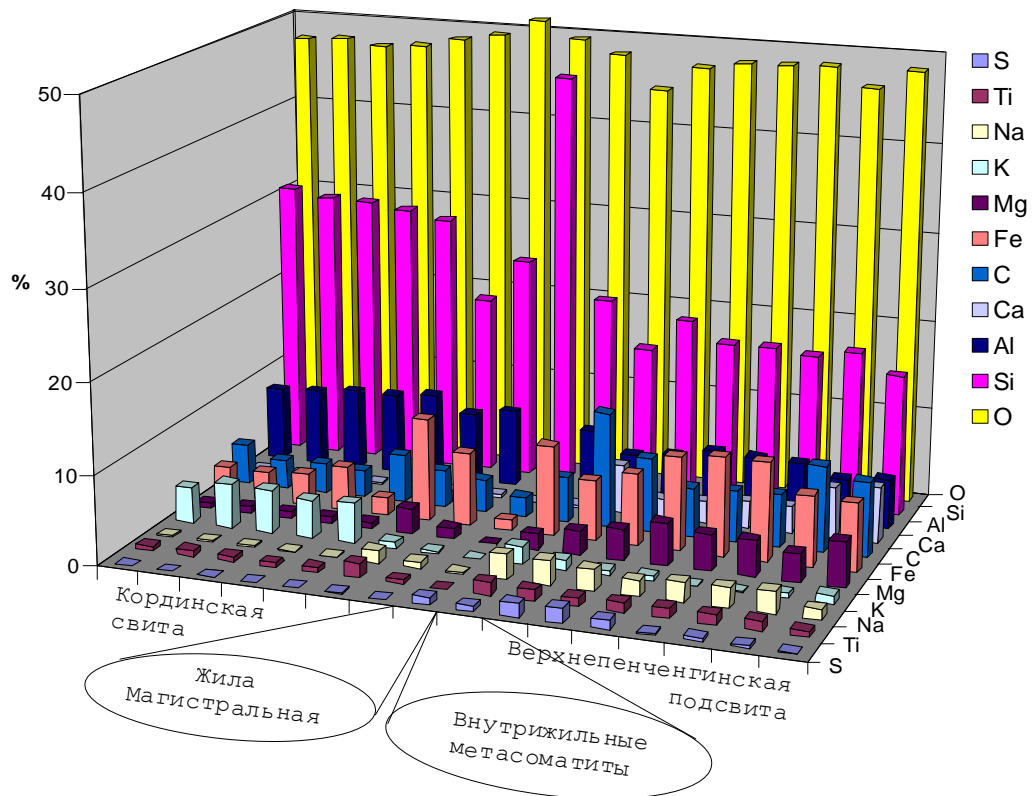


Рис 5.1. Распределение породообразующих элементов в околожильном пространстве жилы Магистральной по результатам рентгенофлуоресцентного анализа.

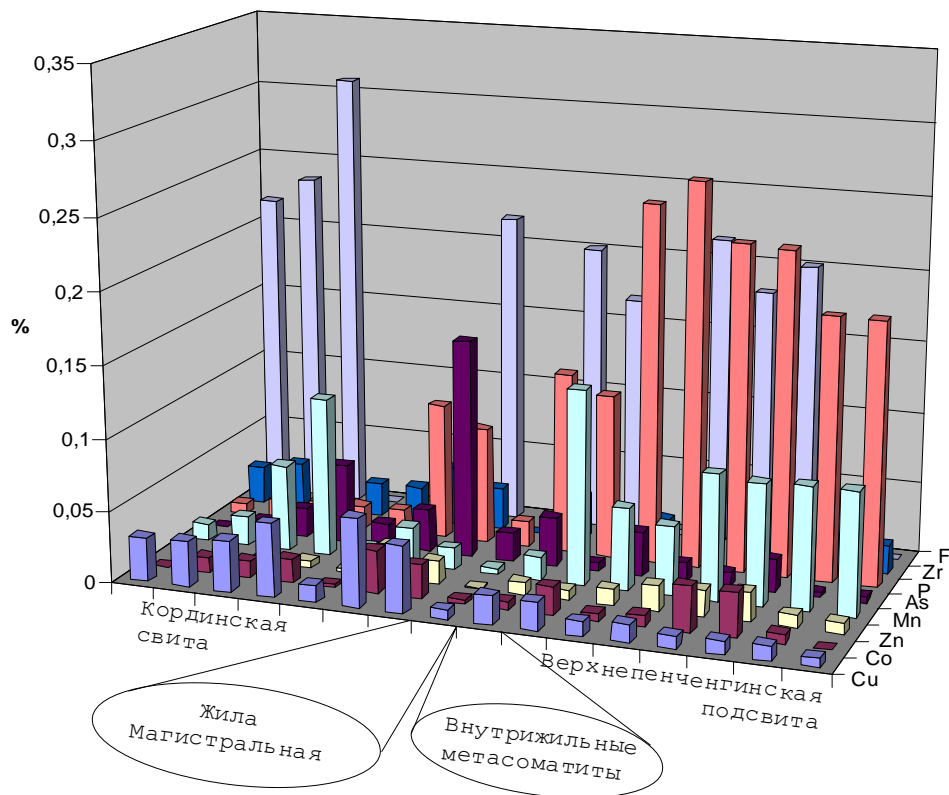


Рис 5.2. Распределение индикаторных микроэлементов в околожильном пространстве жилы Магистральной по результатам рентгенофлуоресцентного анализа.

Для оперяющих жил не отмечается такой четкой градации, как для жилы Магистральной. Здесь можно говорить только о возрастании концентраций таких элементов как Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Sn, V, W во внутренней зоне метасоматоза (до 2 м от контакта). Для Ba, Be и Sb повышенные значения отмечаются только непосредственно в жильных образованиях.

5.2.2. Николаевское рудное поле

К рудным образованиям Николаевского рудного поля относятся метасоматические кварциты и жильный кварц («лестничные» жилы) Николаевской жилы, а так же (в значительно меньшей степени) рудные метасоматиты. Рассматривая их геохимическую характеристику (табл. 5.6) можно отметить следующее:

Таблица 5.6
Геохимическая характеристика пород и руд Николаевского месторождения

	Кларк в сланцах	Кординская свита (488 проб)			Пенченгинская свита						Рудные метасоматиты (45 проб)			Жила Николаевская (84 пробы)		
		C	Kv	Kк	Висячий бок (130 проб)			Лежачий бок (37 проб)			C	Kv	Kк	C	Kv	Kк
					C	Kv	Kк	C	Kv	Kк						
Au	0,001	0,01	87	10	0,02	130	20	0,03	144	30	1,5	124	1500	7,1	103	7100
Ag	0,08*	0,05	183	0,6	0,04	136	0,5	0,09	109	1,1	0,22	38	2,8	0,34	89	4,3
As	2,9*	4,2	53	1,4	4,8	52	1,7	4,4	56	1,5	10,5	137	3,6	103	199	35,5
B	10	9,9	153	1,0	2,0	82	0,2	0,6	68	0,1	2,0	52	0,2	2,0	31	0,2
Bi	0,001	0,24	24	24	0,22	35	22	0,18	38	18	0,15	62	15	0,30	41	30
Cd	0,003	0,30	89	10,0	0,14	60	4,7	0,16	53	5,3	0,20	55	6,7	0,07	99	2,3
Co	2	3,0	52	1,5	4,3	35	2,2	4,3	37	2,2	4,3	52	2,2	3,0	66	1,5
Cr	10	15,4	25	1,5	13,2	26	1,3	8,6	36	0,9	9,7	35	1,0	18,2	28	1,8
Cu	4,2*	25,4	102	6,0	13,7	48	3,3	19,8	37	4,7	17,5	51	4,2	41,5	60	9,9
Fe	3,33	5,5	24	1,7	5,4	23	1,6	6,1	22	1,8	7,3	36	2,2	9,3	38	2,8
Mn	67	170	91	2,5	350	45	5,2	230	30	3,4	240	45	3,6	260	50	3,9
Mo	0,2	0,88	110	4,4	0,27	32	1,4	0,31	35	1,6	0,11	136	0,6	0,26	121	1,3
Ni	9,5	9,7	51	1,0	7,2	38	0,8	5,5	24	0,6	5,2	17	0,5	4,9	27	0,5
P	77	80	49	1,0	75	42	1,0	90	43	1,2	130	55	1,7	190	56	2,5
Pb	2,5*	3,60	57	1,4	1,70	85	0,7	1,05	34	0,4	0,45	91	0,2	1,40	42	0,6
Sn	0,3*	0,50	13	1,7	0,32	43	1,1	0,34	24	1,1	0,34	24	1,1	0,37	43	1,2
Sr	45	19	36	0,4	30	37	0,7	33	30	0,7	19	53	0,4	20	59	0,4
Ti	450	650	28	1,4	530	33	1,2	800	24	1,8	520	50	1,2	150	45	0,3
V	13	24,8	39	1,9	22,0	38	1,7	28,1	28	2,2	23,8	32	1,8	8,8	48	0,7
Zn	7,7*	27,5	52	3,6	13,0	28	1,7	17,0	21	2,2	17,7	59	2,3	6,8	46	0,9

Примечание – см. табл. 5.1

1. В рудных метасоматитах, по сравнению с исходными филлитами и метавулканитами пенченгинской свиты, отмечаются отчетливо повышенные концентрации As (в 2-3 раза) и Ag (в 3-5 раз), а так же некоторое возрастание содержаний Fe и P (в 1,5 раза). Концентрация таких

элементов, как Mo, Pb, и Sr напротив снижается (в 2-3 раза). Так же, в несколько меньшей степени, снижается содержание Ni (в 1,5 раза).

Сравнительная характеристика содержаний микроэлементов в рудных метасоматитах с их кларковыми значениями для сланцев (Виноградов А.П., 1962) приведена в формуле 5.11.

$$\frac{\text{Au}_{1500}, \text{Bi}_{15}, \text{Cd}_7, \text{Cu}_{4.2}, \text{As}_{3.6}, \text{Mn}_{3.6}, \text{Ag}_{2.8}, \text{Zn}_{2.3}, \text{Fe}_{2.2}, \text{Co}_{2.2}}{\text{B}_{0.2}, \text{Pb}_{0.2}, \text{Sr}_{0.4}, \text{Be}_{0.5}, \text{Ni}_{0.5}, \text{Mo}_{0.6}} \quad (6.11)$$

Следует отметить, что данный геохимический состав в целом близок рудным метасоматитам Герфедского рудного поля. Отличия заключаются в значительно меньшей мышьяковистости метасоматитов Николаевского месторождения, более высоких концентрациях Mn и Bi, при снижении содержаний Ni и Mo.

2. Для жилы Николаевской, включающей в себя две генерации кварца – жильного и метасоматического, в целом, характерно еще большее нарастание, по сравнению с неизменными филлитами, концентраций As (в 20-25 раз), Ag (4-9), а так же Fe и P (в 2 раза). Кроме того, наблюдается существенное возрастание содержаний Cu (2-3), Cr (1,5-2) и Bi (1,5), чего не отмечалось в метасоматитах. Спектр, выносимых из области рудолокализации, элементов значительно расширяется по сравнению с рудными метасоматитами. Как и на Герфедском месторождении, отчетливо наблюдается вынос литофильных элементов – Ti, V, Zr, Sr, концентрации которых снижаются в жиле в 2-3 раза по сравнению с вмещающими породами. Так же из жилы Николаевской выносятся на более высокие горизонты Zn, Cd, Ni и Co.

Таким образом, такие элементы, как As, Ag, Cu, P, Fe, Cr, Bi можно считать индикаторами золотого оруденения в пределах Николаевского месторождения.

Сравнительная характеристика концентраций микроэлементов в жиле Николаевской с их кларковыми значениями для сланцев (Виноградов, 1962) приведена в формуле 5.12.

$$\frac{\text{Au}_{7100}, \text{As}_{35}, \text{Bi}_{30}, \text{Cu}_{10}, \text{Ag}_{4.3}, \text{Mn}_4, \text{Fe}_3, \text{P}_{2.5}, \text{Cd}_{2.3}}{\text{B}_{0.2}, \text{Ti}_{0.3}, \text{Sr}_{0.4}, \text{Ni}_{0.5}, \text{Pb}_{0.6}} \quad (6.12)$$

Представленный геохимический состав в целом близок метасоматическим кварцитам жилы Магистральной и оперяющим жилам Герфедского рудного поля. Сравнивая Николаевскую жилу с гидротермалитами Герфедского рудного поля можно выделить две группы элементов:

- элементы, содержания которых возрастают в рудах Николаевского месторождения – Bi, Cu, Mn, Fe, P, Sr;

- элементы, содержания которых снижаются в рудах Николаевского месторождения – As, Ag, Cd, Zn, Pb, Ti.

Повышение содержаний **Mn** в рудах Николаевского месторождения обусловлены его изоморфным вхождением в пириты (табл. 4.9), а высокие концентрации **P** объясняются наличием в

рудах апатита, который на месторождение Герфед встречался лишь спорадически. Остальные элементы отражают латеральную изменчивость Герфед-Николаевской рудной зоны.

Рассматривая ассоциации геохимических элементов в рудоносных образованиях Николаевского рудного поля (Прил. 14 и 15) можно отметить следующее:

1. В рудных метасоматитах, помимо золоторудных ассоциаций, выделяется одна устойчивая $Bi-Fe-Mn$ ассоциация с хорошими корреляционными связями (0,5-0,7), к которой тяготеет Co . В жиле Николаевской выделяются три малокомпонентные геохимические ассоциации: $Cr-W-Mo$; $Zn-Sn-B$ и $Cu-Fe-Sn-Ni$. Из них высокотемпературная $Cr-W-Mo$ ассоциация самая устойчивая (0,55-0,8).

2. Золото в рудах Николаевского месторождения образует достаточно высокие корреляционные связи (табл. 5.4 и прил. 14 и 15) с Ag (0,5-0,6), As (0,3-0,7), Fe (0,5-0,6), Cu (0,3-0,5), Co (0,5) и несколько более слабые связи с Ni (0,3-0,4), Sn (0,2-0,5), Zn (0,2-0,5). В целом выделяются три золоторудные ассоциации, основу которых составляют пары $Au-Ag$, $Au-As$ и $Au-Fe$.

3. Золото-серебряная ассоциация (наиболее устойчивая) в рудных метасоматитах представлена $Au-Ag-Fe-Co$, а в жиле Николаевской – $Au-Ag-Fe-Cu$. Эта ассоциация обусловлена пространственной связью свободного (содержащего 10-20% серебра) золота с сульфидной (пирит-пирротиновой) и магнетитовой минерализацией, а в жиле – еще и с халькопиритом.

4. Золото-мышьяковая ассоциация двухкомпонентная как в метасоматитах, так и в кварцитах. Корреляционные связи Au с As выше в метасоматитах (0,67), причем корреляция As с Ag здесь практически равна нулю. Из этого можно сделать вывод, что золото-мышьяковая ассоциация в метасоматитах обусловлена присутствием тонкодисперсного золота в арсенопирите, или мышьяковистом пирите (табл. 4.9). В кварцитах и жильном кварце связь $Au-As$ более слабая (0,27), при довольно значимой связи $As-Ag$ (0,49), вероятно это обусловлено пространственной приуроченностью свободного золота в кварце к арсенопиритовой минерализации.

5. В рудных метасоматитах отмечается еще и $Au-Fe-Zn-Sn$ ассоциация, к которой тяготеют Co и Ni . Эта ассоциация наименее устойчивая и характеризует, по-видимому, наличие тонкодисперсного золота в пирротине и пирите, где Zn , Co и Ni являются акцессорными примесями (табл. 4.9).

Таким образом, анализируя корреляционные связи золота с другими элементами, можно сделать выводы, что в жиле Николаевской золото главным образом свободное, пространственно связанное с пиритом, пирротинном, магнетитом и арсенопиритом. В рудных метасоматитах золото, наряду со свободной формой, присутствует и в тонкодисперсной форме в сульфидах (арсенопирит, пирит, пирротин). Об этом же свидетельствуют и результаты технологических исследований руд.

В целом можно констатировать, что четким индикатором золотой минерализации в пределах Николаевского рудного поля служит **Ag**, которое является основной примесью в золоте (10-23%) и, в меньшей степени **As**. В отличие от Герфедского месторождения, где значительные концентрации Ag приурочены к пачкам углеродистых сланцев, на Николаевском месторождении максимальные содержания Ag приурочены только к рудным образованиям. Это позволяет расценивать Ag, как основной геохимический признак золотоносности. Такие элементы, как Fe, Cu, Zn, Co и Ni можно рассматривать, как косвенные признаки золотого оруденения.

5.2.2.1 Геохимическая изменчивость Николаевского рудного поля

Собранный, в ходе подготовки данной работы, геохимический материал позволяет произвести анализ поперечной изменчивости Николаевского рудного поля, которая отражена в приложениях 19-21. Анализ латеральной изменчивости является невалидным ввиду малой протяженности оруденения по простиранию (не более 1 км). Геохимическая изменчивость околорудных изменений по степени удаленности от кварцевой жилы на Николаевском месторождении проявлена слабо. Существенные отличия минерального и геохимического состава пород наблюдаются лишь в пределах 1 м от жилы Николаевской.

К элементам лежащего бока довольно условно можно отнести Ag-P-Ti-V-Sr.

Ореолы **стронция** имеют породное происхождение и так же, как на Герфедском месторождении, объясняются более высокой долей карбонатной составляющей в филлитах и метавулканитах пенченгинской свиты. Это хорошо видно при сравнении концентраций стронция в филлитах лежащего и висячего боков Николаевской жилы, которые имеют довольно близкие значения (табл. 5.6).

Повышенные концентрации **титана** в породах пенченгинской свиты так же обусловлены породным фактором – его более высокими кларковыми значениями в вулканитах основного состава. Это хорошо просматривается на участках выклинивания жилы Николаевской, где исходные породы слабо затронуты процессами метасоматоза. На участках же, где Николаевская жила имеет значительные мощности и высокую продуктивность золотого оруденения, титан выносятся из околосильных пород гидротермальными растворами и его концентрация в породах пенченгинской свиты значительно снижается. Поэтому на таких участках первичные геохимические ореолы титана смещаются в область развития кординской свиты (Прил. 20).

Серебро и фосфор на Николаевском месторождении являются рудными элементами. Их более высокие содержания в лежащем боку жилы (по сравнению с висячим боком) объясняются более широким ореолом гидротермального метасоматоза именно в лежащем боку жилы, нежели в висячем (Прил. 20 и 21). Вариации содержаний **ванадия** в лежащем и висячем боку оруденения довольно незначительны (табл. 5.6) и так же могут объясняться породным фактором.

Интересную позицию занимает *марганец*. Являясь в целом породным элементом, входящим в состав карбонатной составляющей филлитов пенченгинской свиты, наиболее контрастные ореолы он образует на контакте пенченгинской и кординской свит (Прил. 20). Вероятно, это объясняется его перераспределением золотоносными гидротермами из области рудолокализации в более высокие горизонты и осаждением на геохимическом барьере.

К элементам-индикаторам, непосредственно фиксирующим процессы формирования золотого оруденения, следует отнести As, Ag, P, Cu, Fe, Cr, Bi.

Мышьяк, в целом являясь главным элементом-спутником золота подавляющего большинства золоторудных месторождений Енисейского кряжа, в пределах Николаевского месторождения проявлен довольно слабо. Это объясняется, в целом, малосульфидным характером оруденения и, в частности, низким содержанием арсенопирита в рудах (менее 1%). Однако, несмотря на это, концентрации мышьяка в жиле (0,005-0,1%, до 0,6%) и околожилых метасоматитах (0,005-0,05%) на порядок превосходят его содержания во вмещающих породах (0,003-0,01%). В связи с этим аномальные первичные ореолы мышьяка отражают зоны наиболее высокой степени метасоматической проработки пород, с которыми и связано золото. В рудных образованиях, кроме того, отмечаются довольно устойчивые корреляционные связи мышьяка с золотом (0,3-0,6). Все это позволяет оценивать мышьяк, как отчетливый поисковый признак золотого оруденения Николаевского рудного поля.

Серебро является вторым и наиболее четким индикатором золотого оруденения Николаевского рудного поля. Серебро образует устойчивые корреляционные связи с золотом (0,5-0,6) как в самих рудных образованиях, так и в близлежащих вмещающих породах с бедной рассеянной золотой минерализацией (до 100 мг/т). Оно является главной примесью в золоте, составляя от 10 до 23% его состава. В связи с этим геохимические ореолы серебра на геологических разрезах (Прил. 21) отчетливо трассируют зоны золотого оруденения. Причем интенсивность геохимических ореолов находится в прямой зависимости от мощности и продуктивности рудных тел. Концентрация серебра в рудах варьирует от 50 мг/т до 1 г/т.

Повышенные концентрации *фосфора* в рудах связаны с присутствием в них (хоть и в небольших количествах) апатита. Фосфор либо не образует, либо образует отрицательные корреляционные связи с золотом, как в рудах, так и во вмещающих породах. В связи с этим его можно рассматривать как индикатор гидротермальных процессов не связанный напрямую с их золотоносностью. Концентрация фосфора в рудах составляет 0,05-0,5%.

Медь, как и на Герфедском месторождении, имеет двойственную природу – повышенные ее концентрации отражают как рудные образования, так и породы висячего бока жилы. В метасоматических кварцитах ореолы меди связаны с бедной халькопиритовой минерализацией, которая сопровождает пирит-пирротиновую минерализацию. С этой же сульфидной минерализа-

цией пространственно связано свободное золото в кварце, чем и обусловлено присутствие в пределах Николаевской жилы устойчивой Au-Ag-Fe-Cu ассоциации, а так же пространственная связь аномальных полей серебра, меди и железа вдоль оруденения (Прил. 21). Содержание меди в рудах составляет 0,01-0,1%. Ореолы меди в висячем боку оруденения обусловлены сорбционными свойствами углеродистого вещества в сланцах кординской свиты. Однако можно отметить, что как в плане, так и в разрезе наиболее высокие концентрации меди в висячем боку Николаевской жилы тяготеют к зоне тектонического нарушения, субпараллельного разлому Мейстера. Вероятно вдоль этого разлома так же шла гидротермальная проработка субстрата и сульфидизация вмещающих пород, только в более слабом виде. В пользу такого предположения говорят и мелкие аномалии серебра, локализованные вдоль этого разлома (Прил. 21). В связи с этим ореолы меди в пределах Николаевского рудного поля отражают области сульфидной минерализации, и медь так же можно считать косвенным признаком золотого оруденения.

Повышенные концентрации *железа* в первичных ореолах Николаевского месторождения связаны с зонами сульфидной (пирит-пирротиновой) и магнетитовой минерализации. В отличие от Герфедского рудного поля, сульфидная минерализация здесь носит более узкий и локальный характер. Она, совместно с магнетитовой минерализацией, наиболее интенсивно проявлена в пределах самой жилы Николаевской и несколько слабее – в околожилых метасоматитах. Отмечена довольно отчетливая пространственная связь золоторудной минерализации с пирит-пирротин-магнетитовой минерализацией, что нашло свое отражение в довольно устойчивых корреляционных связях железа и золота в рудных образованиях (0,5-0,6). Следовательно, железо так же является косвенным признаком золотого оруденения.

Хром, как и медь, имеет двойственную природу – он образует геохимические поля, как в пределах оруденения, так и в его висячем боку. Во вмещающих породах хром присутствует в концентрациях, близких к фоновым значениям (0,005-0,02%). В метасоматических кварцитах его содержание возрастает до 0,01-0,04%. Поэтому узкие слабоконтрастные цепочки аномалий хрома в первичных ореолах трассируют жилу Николаевскую. Хром в область рудолокализации, вероятно, выносится из вмещающих пород, поэтому образования пенченгинской свиты (особенно в лежащем боку жилы) несколько обеднены хромом. На фоне этого породы кординской свиты так же выделяются обширными слабоконтрастными ореолами хрома (Прил. 21).

Висмут, в отличие от месторождения Герфед, в рудах Николаевского месторождения присутствует в концентрациях (0,00005-0,0006%) отчетливо превышающих порог обнаружения анализа. Максимальные его содержания приурочены к Николаевской жиле (табл. 5.6). Концентрации же *сурьмы* в породах и рудах Николаевского месторождения находятся напротив ниже уровня чувствительности анализа (0,0005%).

К висячему боку рудной зоны тяготеют В, Cr, Ni, Pb, W, Cd, Cu, Mo, Zn.

Бор, кадмий, молибден, цинк и свинец (Прил. 19) образуют аномальные геохимические поля, пространственно приуроченные к углеродсодержащим образованиям кординской свиты. Такая их позиция обусловлена высокими сорбционными свойствами углеродистого вещества и подвижностью данных элементов. Однако нельзя не отметить, что максимальные концентрации молибдена, как и меди, приурочены к зоне тектонического нарушения, субпараллельного разлому Мейстера. Этот разлом контролирует повышенные значения меди, молибдена, серебра, фосфора и железа в первичных ореолах кординской свиты, что косвенно свидетельствует о гидротермальной проработке этих пород вдоль зоны разлома.

Никель образует слабоконтрастные ореолы в висячем боку оруденения, которые охватывают как углеродистые сланцы кординской свиты, так и филлиты пенченгинской свиты. Концентрации никеля здесь близки кларковым значениям (табл. 5.6). В рудах и породах лежащего бока жилы Николаевской содержания никеля снижаются вдвое. Из этого можно сделать вывод, что никель выносится рудоносными гидротермами из вмещающих оруденение пород на более удаленные от источника уровни. Породы лежащего бока обеднены никелем ввиду их более интенсивной гидротермальной проработки, по сравнению с породами висячего бока.

Вольфрам в филлитах пенченгинской свиты висячего бока Николаевской жилы присутствует в концентрациях 0,0003-0,0006% (до 0,002%), а в углеродистых сланцах кординской свиты – 0,0003-0,001% (до 0,003%). В рудах и породах лежащего бока вольфрам не определялся. В целом просматривается нарастание его содержания вверх по разрезу.

5.3. Геохимическая изменчивость Герфед-Николаевской рудной зоны

Проведенные исследования первичных геохимических ореолов пород и руд Герфед-Николаевской рудной зоны позволяют установить характер миграции микроэлементов в ее пределах, отраженный в таблице 5.7. и на рисунках 5.3 и 5.4.

Из таблицы видно, что с гидротермальными растворами от глубинного рудоносного источника в область рудолокализации привносились 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 W и Bi в рудах 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 /130/. 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 (табл. 4.8).

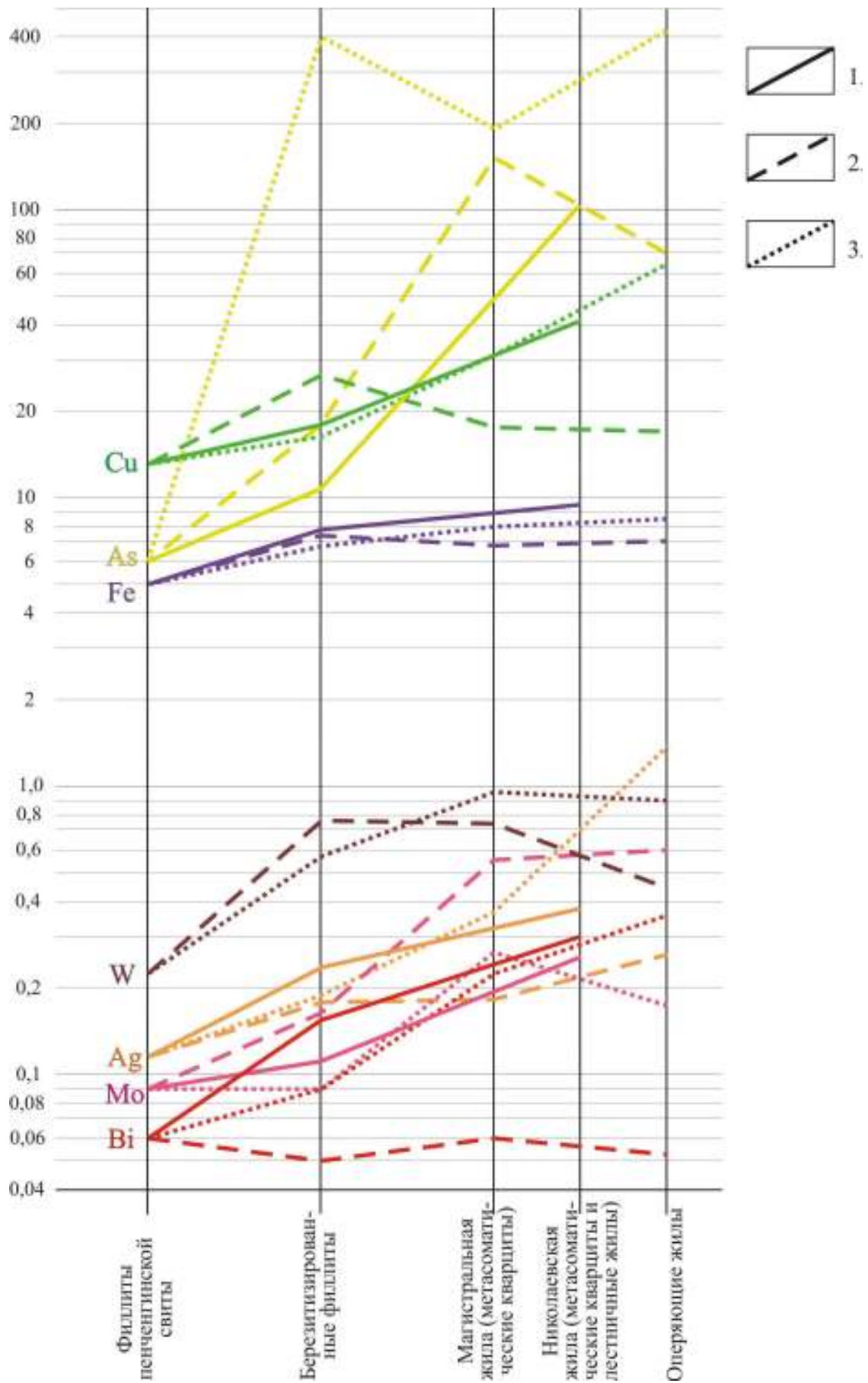


Рис 5.3. Графики распределения микроэлементов, привносимых в область рудолокализации: 1 - на Николаевском месторождении, 2 - на месторождении Герфед, 3 - на Партизанском месторождении.

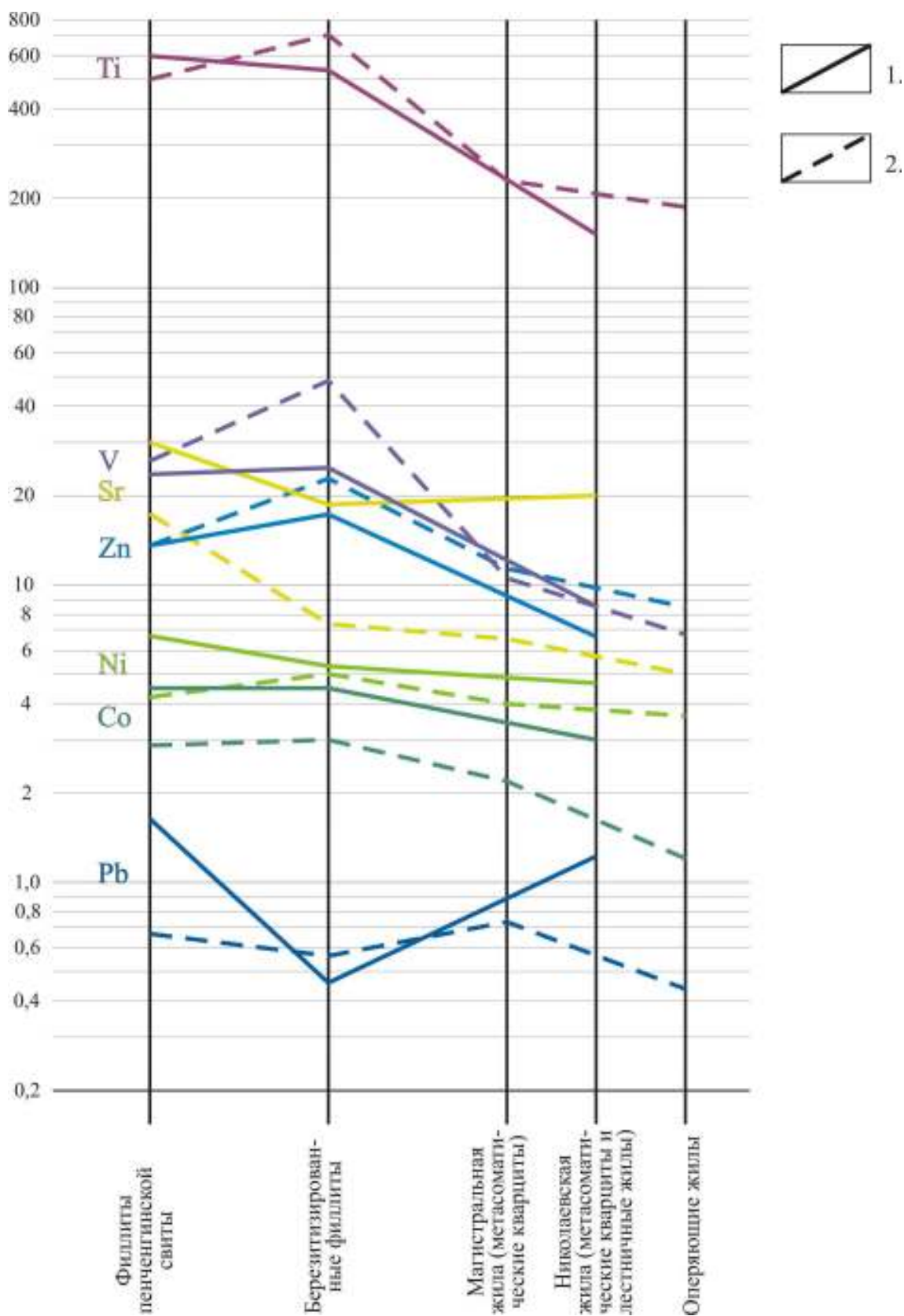


Рис 5.4. Графики распределения микроэлементов, выносимых из области рудолокализации: 1 - на Николаевском месторождении, 2 - на месторождении Герфед.

Таблица 5.7
Характер миграции геохимических элементов в пределах Герфед-Николаевской
рудной зоны.

	Месторождение Николаевское	Месторождение Герфед	Месторождение Партизанское
Геохимические элементы, привносимые 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	Ba-Be-Cr-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)

Интересно поведение молибдена. В руды и околорудные породы Николаевского месторождения он привносится из глубинного источника, в рудные образования месторождения Герфед заимствуется из вмещающих оруденение филлитов и метавулканитов, а в рудах Партизанского месторождения содержится в значениях ниже кларковых (табл. 5.8). Молибден так же не образует самостоятельных минералов в рудах Герфед-Николаевской рудной зоны, 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 хлорита, в изобилии присутствующего в филлитах и метавулканитах пенченгинской свиты, и переходит в сульфидную форму, как в рудах, так и в околорудных породах. Самостоятельных минералов хрома в породах и рудах 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 околорудных метасоматитах замещается рутилом, лейкоксеном, анатазом. В метасоматических кварцитах и гидротермалитах 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 околорудных породах Партизанского месторождения. Свинец, цинк образуют как собственные минералы (галенит, сфалерит), так и являются примесью в пиритах, где их концентрация может достигать 0,5% (табл. 4.8). 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 (табл. 4.7 и 4.8). Пентландит в рудах встречается спорадически.

Характерной особенностью строения золоторудных объектов Герфед-Николаевской рудной зоны является наличие висячем 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, В. Причем концентрация этих элементов в углеродсодержащих породах значительно превосходит их содержание в самих рудах. Этот фактор надо учитывать при поисках золотого оруденения в пределах Герфед-Николаевской зоны.

Изменение морфологии рудных тел, интенсивности проявленности гидротермального метасоматоза и особенностей минерального состава пород и руд говорит об увеличении глубины эрозионного среза в северном направлении. Это подтверждается и геохимической латеральной изменчивостью Герфед-Николаевской рудной зоны. Концентрации основных элементов, отражающих такую изменчивость, приведены в таблице 5.8. Для наглядности они вынесены на графики (рис. 5.5)

Таблица 5.8

Характеристика латеральной геохимической зональности 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

Примечание – см. табл. 5.1

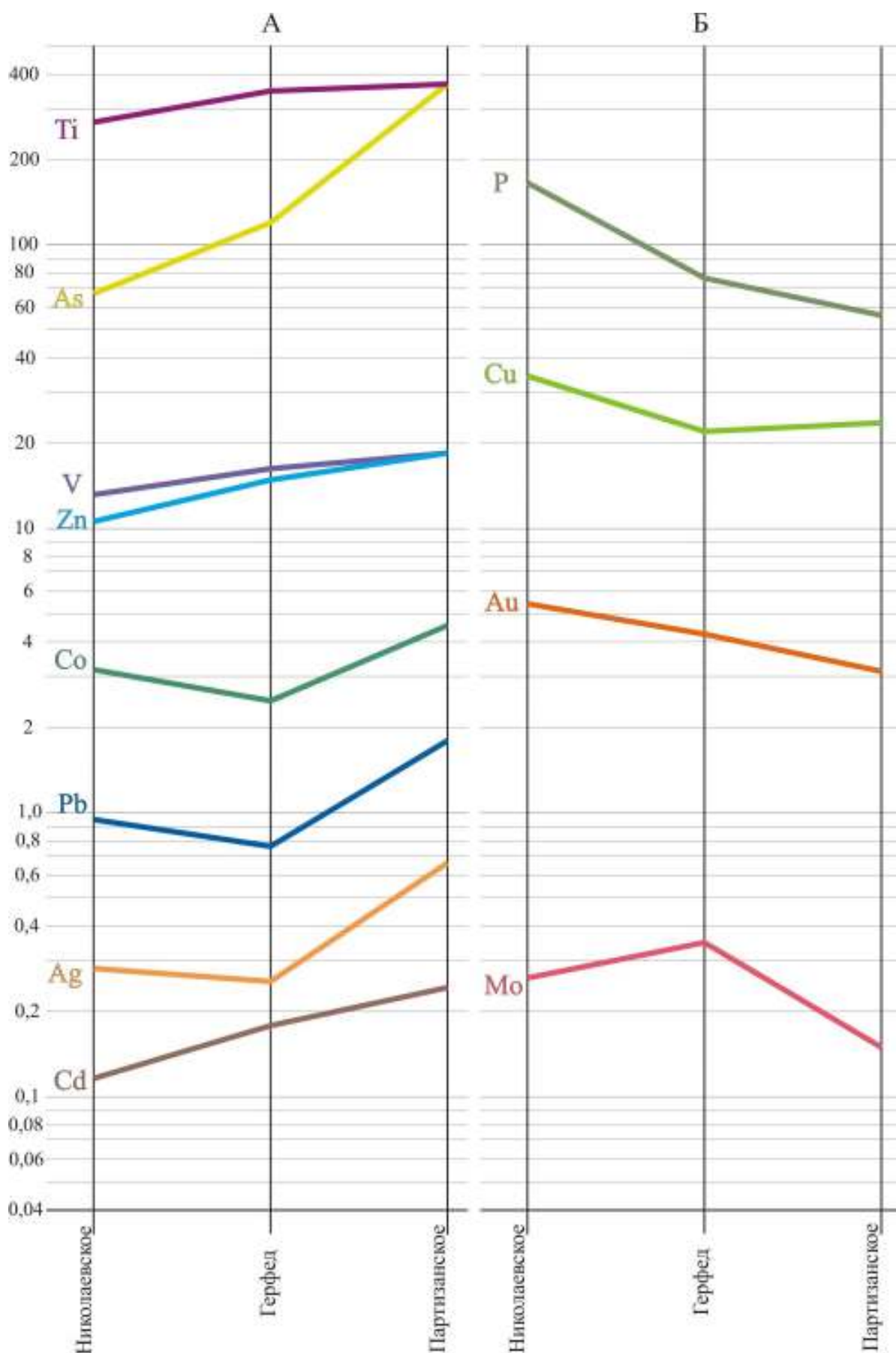


Рис 5.5. Латеральная геохимическая изменчивость Герфед-Николаевской рудной зоны. Микроэлементы, концентрации которых возрастают (А) и снижаются (Б) в направлении север-юг.

Из таблицы 5.8 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 (месторождение 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.

Такие элементы, как серебро, кадмий свинец и цинк, являясь наиболее летучими и низкотемпературными, в золоторудных системах формируют наиболее удаленные от источника области. Из таблицы 5.8 видно, что концентрации их возрастают в южном направлении. Кобальт титан и ванадий выносятся гидротермами из областей рудолокализации более глубоких горизонтов оруденения 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 по мере удаления от источника. При этом область гидротермального метасоматоза конически расширяется в южном направлении, распадаясь на ряд небольших разрозненных рудных зон, на манер «конского хвоста».**

6. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

В формирование рудных зон Партизанского рудного узла выделяются два крупных «золотогенных» этапа /125/: 1) раннепротерозойско-раннерифейский и 2) позднерифейский.

Первый совпадает (как по времени, так и генетически) с длительной эпохой пикрит-базальтового и базальт-андезитового вулканизма, продукты которого в изобилии присутствуют в разрезах пенченгинской свиты. Золоторудные объекты, сформировавшиеся в этот период, в основном, представлены стратиформными зонами золотосодержащей сульфидной минерализации в вулканогенных и терригенно-карбонатных толщах. Оруденение относится к золотосульфидной формации, золото-мышьяковистому, золото-сурьмяному и золото-висмутовому минеральным типам. Золотое оруденение локализуется, как правило, в сульфидизированных карбонатных метасоматитах, развитых по метавулканитам. Золоторудная минерализация имеет отчетливый стратиформный характер и связана, главным образом, с золотосодержащим «игольчатым» арсенопиритом. Руды нередко обогащены висмутом, при крайне низких концентрациях сурьмы. Заслуживающей внимания особенностью этого типа оруденения является присутствие платиноидов (Pt и Pd) как в самородном золоте в качестве элементов-примесей, так и в лимонитовой коре зоны окисления (сперрилит) /125/.

Второй (позднерифейский) этап «золотогенеза» по времени соответствует эпохе гранитоидного магматизма инверсионной фазы геосинклинального цикла. Степень и характер проявления этого этапа в регионе зависят от удаленности объекта от Татарского массива.

В приконтактной зоне интрузива проявлена концентрическая зональность в размещении проявлений вольфрама и олова: в эндо- и ближайшем экзоконтакте интрузива развиты шеелитоносные скарны, которые при удалении от массива закономерно сменяются ореолом рассеянных кварц-касситеритовых жил и прожилков. Эта зональность накладывается и на золотосульфидное оруденение, попадающее в сферу ее влияния, проявляясь в минеральном составе руд.

Гранитогенная вольфрам-оловянная зональность отчетливо проявлена лишь в сравнительно узкой полосе вдоль контактов Татарской интрузии. В восточном обрамлении массива наблюдается более широкомасштабная (в пространственном отношении) минералогеохимическая зональность, обусловленная, по-видимому, также гранитоидным влиянием. Она обнаруживается в общем изменении состава элементов-спутников золотого оруденения по мере приближения к массиву, а наиболее контрастно проявляется в замещении сурьмы (антимонита) висмутом (висмутином), образующим в отдельных случаях (вблизи гранитоидов) самостоятельные скопления.

Особый тип гидротермально-метасоматического преобразования золоторудных объектов Партизанского узла связан с формированием кварцевых жил, кварцево-жилковых систем, зон, штокверков. Источником золота в этом процессе являлись стратиформные зоны золотосодер-

жащей сульфидной минерализации в вулканогенно-осадочной толще пенченгинской свиты. Гидротермы, сингенетичные образованию Татарского массива, растворяли и переносили это золото в более высокие горизонты, осаждая его на геохимических барьерах. В результате осуществлялся переход золота из сульфидной формы в свободную.

Ярким представителем такого типа является Герфед-Николаевская золоторудная зона, представленная метасоматическими и гидротермальными телами, сформировавшимися вдоль геохимического структурно-литологического барьера на границе между вулканогенно-карбонатными отложениями пенченгинской и терригенными, часто углеродистыми отложениями кординской свит. Приуроченное к отдельным участкам этой зоны золотое оруденение относится к золото-кварцевой формации со свободным крупным золотом и, как правило, слабо золотоносной сульфидной составляющей руд (пирротин, пирит, халькопирит, реже арсенопирит, сфалерит, галенит). В составе руд и околорудных пород нередко присутствует магнетит, но не встречается антимонит – обычный спутник золотосульфидного оруденения. К западу от нее (ближе к гранитному массиву) фрагментарно прослеживается ряд других гидротермально-метасоматических кварцево-жильных систем, как правило, слабо золотоносных и бедных рудными минералами.

К основным факторам, влияющим на локализацию оруденения в Герфед-Николаевской рудной зоне, относятся: структурно-тектонический, стратиграфический и литологический.

Наиболее важным фактором рудолокализации является структурно-тектонический. Герфед-Николаевская рудная зона, приурочена к тектонической зоне разлома Мейстера, которая, по всей видимости, имеет взбросо-надвиговый характер /123/ с падением сместителя $40-70^\circ$ на восток и служит границей двух различных в литологическом и геохимическом плане геологических подразделений – пенченгинской и кординской свит. Контакт двух свит послужил геохимическим барьером на пути золотонесущих гидротерм, что привело к осаждению здесь золоторудной минерализации. Сама тектоническая зона представляет собой мощную (первые сотни метров), протяженную (десятки км) область дробления и разуплотнения пород. Пликативные деформации проявились в виде зон интенсивного смятия пород с образованием мелкой гофрированной складчатости, складок течения и т.д. Широкое развитие таких деформаций способствовало увеличению проницаемости среды и создало благоприятную обстановку для внедрения гидротермальных золотонесущих растворов. В пределах тектонически ослабленных зон на границе двух геохимически различных сред происходила разгрузка гидротермальных растворов и образование мощных зон метасоматитов и гидротермалитов, вмещающих золотое оруденение. Однако четкой прямой зависимости между интенсивностью тектонических деформаций и концентрацией золота в породах не отмечается. Так же не отмечается четкой приуроченности оруденения к границе двух сред. Фрагментарно жила Магистральная локализована внутри толщи

метавулканитов пенченгинской свиты, а жила Николаевская полностью находится на некотором удалении от него. Структурно-тектонический фактор лишь определил в общих чертах положение, морфологию и условия залегания рудных тел.

Стратиграфический фактор рудолокализации заключается в приуроченности золотого оруденения к верхним горизонтам вулканогенно-осадочных образований пенченгинской свиты, насыщенной субвулканическими телами индыглинского комплекса. Внедрение габброидов индыглинского комплекса и излияние эффузивов основного состава привело к образованию в их приконтактных зонах рассеянной золотосульфидной минерализации стратиформного типа, проявления и пункты минерализации которой в большом количестве встречаются в отложениях пенченгинской свиты в обрамлении Татарского массива. При прохождении через мощную вулканогенно-осадочную толщу происходило насыщение гидротерм золотом, а затем его осаждение в структурно-тектонических ловушках в свободном виде. Таким образом, верхние горизонты пенченгинской свиты являются наиболее благоприятным стратиграфическим уровнем для локализации крупного оруденения с высокими содержаниями металла.

Литологический фактор является наиболее отчетливым и хорошо диагностируемым. Золотое оруденение Герфед-Николаевской зоны имеет гидротермально-метасоматическую природу и приурочено, в целом, к зонам наиболее интенсивного метасоматического преобразования пород. Отмечается довольно отчетливая прямая связь между степенью метасоматических преобразований и концентрацией золота в породе. Однако литологический фактор не может служить определяющим при локализации рудных тел. Так в метасоматических кварцитах жилы Магистральная и Оперяющих жилах лишь менее 20% проб имеют промышленные концентрации золота ($>0,8$ г/т). Для жилы Николаевской процент проб с промышленным содержанием значительно выше (в среднем 54,5%). В обоих случаях оруденение в пределах жил размещается довольно незакономерно и имеет линзовидно-гнездовый характер с размером гнезд от дециметров до десятков метров. В качестве контролирующих положение таких гнезд признаков можно выделить: области расширения жил, области коленообразного перегиба жил и зоны сочленения метасоматических кварцитов и кварцевых жил выполнения пустот – то есть элементы максимальной тектонической деформации среды.

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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

а) опубликованная

1. Бернштейн П.С. Условия локализации различных типов золоторудных месторождений Енисейского кряжа. М., Тр. НИГРИЗОлото, 1951, вып. 18.
2. Бовин Ю.П. Тектоно-метаморфические этапы и типы метаморфизма Заангарской части Енисейского кряжа / Минералы и парагенезисы минералов горных пород и руд Красноярского края. Новосибирск: Наука, 1982, с. 50-61.
3. Бровков Г.Н., Ли Л.В., Охапкин Н.А. Геолого-структурные особенности размещения золотой и полиметаллической минерализации в байкалидах Енисейского кряжа //Геология и закономерности эндогенного оруденения западного обрамления Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1978. – с.3-11.
4. Власов В.С. К вопросу об условиях образования комплексного Удерейского золото-сурьмяного месторождения (Енисейский кряж) / Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск КНИИГГиМС, 2003, с. 119-121.
5. Власов В.С., Сердюк С.С. О зональности оруденения в пределах Васильевско-Удерейской рудной зоны (Енисейский кряж) / Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГГиМС, 2003, с. 122-124.
6. Власов В.С., Смирнов М.С. О влияние химического состава вмещающих пород на формирование золоторудной минерализации (на примере золото-сурьмяного месторождения Енисейского кряжа) / Геохимия и петрология рудных районов Красноярского края. Новосибирск, «Наука», 1985, с. 39-44.
7. Волкова И.Б. О природе углеродистого вещества на примере некоторых золоторудных формаций / Сов. Геология, 1980, №10, с. 18-23.
8. Геологическая карта Енисейского кряжа масштаба 1:500 000. Под ред. Л.К. Качевского. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1998.
9. Геология и металлогения Енисейского рудного пояса / Отв. редактор Бровков Г.Н., Ли Л.В., Шерман М.Л. Красноярск: СНИИГГиМС – ПГО «Красноярскгеология», 1985, 289 с.
10. Геология и золотоносность Герфед-Николаевской рудной зоны (Енисейский кряж): Монография / В.А. Макаров и др. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 204 с.
11. Геолого-структурные условия размещения и соотношение золотого и сурьмяного оруденения в Южно-Енисейском районе (Енисейский кряж) / Ли Л.В., Михеев В.Г., Дорофеев Н.П., Бычков А.Т. //Рудоносность и геология Средней Сибири. Красноярск, 1971, с. 60-65.
12. Головин А.А. Классификация геохимической зональности // Разведка и охрана недр. – 2006. - №9-10. - С. 90-97.

13. Голубев В.С. Динамика геохимических процессов. - М.: Недра, 1981. - 208 с.
14. Григоров С.А. Геохимическая зональность металлогенических объектов в структурах геохимических полей // Недропользование: XXI век. – 2010, №3. с. 20-27
15. Григорян С.В. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. М., Недра, 1987. – 408 с.
16. Даценко В.М. Гранитоидный магматизм юго-западного обрамления Сибирской платформы / Новосибирск: Наука, 1984. -120 с.
17. Даценко В.М., Лопатин А.П., Прохоров В.Г. Конкреционный комплекс сухопитской серии: Корреляционная и рудоконтролирующая роль /В сб.: Минералогия и полезные ископаемые Красноярского края. Новосибирск: Наука, 1983, с. 67-75.
18. Дистанов Э.Г., Оболенский А.А., Кочеткова К.В. Удережское сурьмяное месторождение в Енисейском кряже / Геология и генезис рудных месторождений юга Сибири. Новосибирск: Наука, 1977, с. 5-32.
19. Заболоцкий А.К. О золотоносности Ангаро-Канской части Енисейского кряжа / Инвестиционный потенциал минерально-сырьевого комплекса Красноярского края. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск: КНИИГГиМС, 2000, с.143-149.
20. Зверев В.В. Некоторые особенности регионального геохимического поля Заангарской части Енисейского кряжа // Разведка и охрана недр, №6 2004. – с. 40-45
21. Зозуленко Л.Б., Злобин В.А. Температура давление и состав растворов в докембрийских породах Енисейского кряжа по газово-жидким включениям в жильном кварце / Геология и геофизика, 1974, №3, с. 96-100.
22. Иванкин П.Ф. Морфология глубоковскрытых магматогенных рудных полей. М.: Недра, 1970. – 288 с.
23. Кадастр месторождений полезных ископаемых /Минеральные ресурсы Красноярского края. Кн.: 2; Красноярск: КНИИГГиМС, 2002, 582 с.
24. Касимов Н.С., Воробьев А.Е. Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. М.: Изд-во Московского универ., 2002. – 395 с.
25. Корнев Т.Я., Еханин А.Г., Князев В.Н., Шарифулин С.К. Зеленокаменные пояса юго-западного обрамления сибирской платформы и их металлогения. – Красноярск, КНИИГГиМС, 2004. – 177 с
26. Коробейников А.Ф. Мантийные магмо-термофлюидодинамические и внутрикоровые гранитоидно-гидротермально-метасоматические золотоносные системы // Известия Томского политехнического университета. 2007. - Т. 311. - №1. с. 36-45.
27. Кренделев Ф.П., Лучко А.Г. Новый тип золотого оруденения на Енисейском кряже / Вопросы геологии месторождений золота. Изд. Томск. ун-та. 1970, с. 43-54.

28. Круглов Г.П., Ли Л.В., Бровков Г.Н. Структурные особенности рудолокализации в Южно-Енисейском золотоносном районе (Енисейский кряж) / Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, КНИИГиМС, 1998, с. 176-181.
29. Кузнецов В.А. Рудные формации / Геология и геофизика, № 6, 1974, с. 7-13.
30. Ли Л.В., Даценко В.М. Положение гранитоидных формаций и место зонального оруденения в истории развития Енисейского кряжа / Вопросы геологии месторождений золота. Томск, ТПИ, т. 239, 1970.
31. Ли Л.В. Золоторудные формации Енисейского кряжа / Зап. Красноярского отд. Всесоюзного минералогического общества. 1968, вып. 1, с. 121-127.
32. Ли Л.В. Золоторудные месторождения Енисейского кряжа / Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск: КНИИГиМС, 1987, с. 73-75.
33. Ли Л.В. Золоторудные месторождения докембрия Енисейского кряжа // Геология и полезные ископаемые Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГиМС, 1997, с. 184-222.
34. Ли Л.В. Круглов Г.П., Михеев В.Г. Размещение и строение золотоносных полей, и главные типы золота в Средней Сибири / Полезные ископаемые Средней Сибири. Красноярск, 1974, с. 7-19.
35. Ли Л.В. Круглов Г.П., Шерман М.Л. Вкрапленное золотосульфидное оруденение Енисейского кряжа. ДАН, 1990, т. 315, № 3, с. 690-694.
36. Ли Л.В., Нелюбов В.А. Структурные особенности локализации золотого оруденения некоторых месторождений Енисейского кряжа / Геология и геофизика, 1970, № 10, с. 45-51.
37. Ли Л.В. Олимпиадинское месторождение вкрапленных золотосульфидных руд. Красноярск, КНИИГиМС, 2003, 120с.
38. Ли Л.В., Корнев Е.Я. Содержание золота в гипербазитах Енисейского кряжа //Геохимия, 1972, с. 397-1400.
39. Ли Л.В., Шохина О.И. Геохимия золота в метаморфических и магматических сериях докембрия. М.: Недра, 1985, 133 с.
40. Лисин В.А., Мазур С.В. Перспективы рудной золотоносности Мотыгинского района // Инвестиционный потенциал минерально-сырьевого комплекса Красноярского края. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск: КНИИГиМС, 2000, с. 192-203
41. Лисин В.А., Мазур С.В., Тенешев В.М. Возраст и генетические связи золотого оруденения Южно-Енисейского золотоносного района Енисейского кряжа // Вестник Томского Государственного университета. Серия «Науки о Земле» №3(1). Томск: Из-во ТГУ, 2003, с. 198.
42. Лисин В.А., Мазур С.В., Тенешев В.М. Схема структурно-металлогенического районирования Южно-Енисейского золотоносного района Енисейского кряжа // Вестник Томского Государственного университета. Серия «Науки о Земле» №3(1). Томск: Из-во ТГУ, 2003, с. 101.

43. 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 края // Руды и металлы. №3. – Москва, 2012. с. 50-57.

44. 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 края // Поисковые геолого-геохимические модели рудных месторождений. – Воронеж, 2009 г. с. 197

45. 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 края // Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Выпуск 7 (часть I). Материалы 7-й Международной научно-технической конференции. – Красноярск, ИПК СФУ, 2009 г. с.31-40

46. 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

47. Макаров В.А., Пугачева Е.В., Михеев В.Г., Макеев С.М., Белозерова А.А. Условия образования золотоносных метасоматитов и кварцево-рудных тел месторождения Золотое Тейско-Уволжского рудного узла (Енисейский край) // Геология, поиски и разведка рудных месторождений, №1 (38), Изд. Иркутский ГТУ, 2011, с. 6

48. 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

49. 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.

50. Межубовский В.В., Самородская М.А., Кривопуск М.П., Мацкевич И.П. Геохимические особенности золоторудного месторождения Герфед / Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Т.4, материалы VII международного симпозиума. Москва, РАН ВАК, 2012. с.28-40.

51. Методическое руководство по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям. М.: ГКЗ, 2005, 56 с

52. Минеральные ресурсы Красноярского края в двух книгах. Кн.2. Кадастр месторождений полезных ископаемых. Красноярск, КНИИГиМС, 2002, 582 с.

53. Минеральные ресурсы Нижнего Приангарья и их экономический потенциал. / под редакцией Сердюка С.С., Сибгатулина В.Г., Красноярск: КНИИГГиМС, 2004, - 236 с.
54. Некрасов И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. М., Наука, 1991, 302 с.
55. Номоконова Г.Г. Физико-геологические условия локализации месторождений золота в углеродистых сланцах // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск: КНИИГГиМС, 1999, с. 219-223.
56. Основные типы рудных формаций: терминалогический справочник / под ред. Ю.А. Косыгина, Е.А. Кулеша, М.: Наука, 1984. – 316 с.
57. Петров В.Г. Условия золотоносности северной части Енисейского края. Новосибирск, «Наука», 1974. 96 с.
58. Петровская Н.В. Золотое оруденение Енисейского края и процессы формирования золотоносных руд // Автореферат на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. М., ГИН АН СССР, 1955.
59. Петровская Н.В. Некоторые особенности внутрирудного метаморфизма и золотокварцевых образований на примере месторождений Енисейского края. Тр. Всесоюзного института золота, вып. 21, 1956.
60. Петровская Н.В. О некоторых закономерностях размещения рудных столбов и минералогических критериях поисков скрытых участков богатого оруденения. / Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. М.: Госгеолтехиздат, 1963, с. 98-112.
61. Петровская Н.В. Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса). М.: Наука, 1973, 347 с.
62. Петровская Н.В., Сафонов Ю.Г., Шер С.Д. формации золоторудных месторождений / Рудные формации эндогенных месторождений. М.: Наука, 1976, т.2, с. 3-110.
63. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд. Второе перераб. и доп. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2008, 200с
64. Поленов Ю.А. Огородников В.Н. Бабенко В.В. Золоторудный кварц уральских месторождений кварцево-жильного типа // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири № 1 (9) 2012, ФГУП СНИИГГиМС, с.79
65. Принципы и методы крупномасштабного и локального прогноза эндогенного оруденения. Учебное пособие. Красноярск: КИЦМ, 1991. – 167 с.
66. Прогнозно-металлогеническая модель Васильевско-Удереиской рудной зоны (Енисейский край) / Сердюк С.С., Коморовский Ю.Е., Бабушкин В.Е., Кириленко В.А. Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГГиМС, 2003, с. 104-118.

67. Прогнозные ресурсы золота и платины Красноярского края / под ред. С.С. Сердюка / С.С. Сердюк, Н.Е. Зобов, А.И. Зверев и др. Красноярск: КНИИГГиМС, 2006, 174 с.
68. Прохоров В.Г. Особенности развития сульфидного оруденения на Енисейском кряже как следствие метаморфогенного преобразования пирита // Геология рудных месторождений Красноярского края. Тр. СНИИГГиМС, вып. 257, 1977, с. 73-80.
69. Рожков И.С. Генетические типы месторождений золота и их положение в геотектонических структурах // Геология и геофизика, № 7, 1968, с. 3-19.
70. Рундквист Д.В., Павлова И.Г. Значение зональности гидротермально измененных пород для выделения метасоматических формаций. Метасоматизм и рудообразование. Под ред. Ю.В. Казицина. М.: Недра, 1975, С.81-91
71. Савичев А.В. Минералого-геохимическая зональность и условия формирования Au-Sb-W минерализации Верхне-Енашиминского рудного узла: Енисейский кряж: дисс. канд. геол.-мин. наук. – Москва, 2004. -274 с.
72. Сазонов А.М. Геолого-структурная позиция и типизация золоторудных полей Восточной части Енисейского кряжа / А.М. Сазонов, Е.А. Звягина, Т.В. Полева, А.Н. Хохлов, В.С. Власов, П.А. Тишин, К.И. Малышева // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири: Материалы юбилейной научно-практической конференции. – Красноярск: Изд. ОАО «Красноярскгеолсъемка», 2010. – С. 94-101
73. Сазонов А.М. Геохимия золота в метаморфизованных толщах / А.М. Сазонов. – Томск: Изд. ТПУ, 1998. 166 с
74. Сазонов А.М., Ананьев А.А., Власов В.С. Об условиях пространственного совмещения золотой и сурьмяной минерализации в сланцевых толщах одного из районов Сибири //Геологические и геохимические критерии золотого оруденения. – Новосибирск, Наука, 1990, с.84-96.
75. Сазонов А.М., Ананьев А.А., Ильенок С.С. Условия формирования руд Удерецкого золото-сурьмяного месторождения и геохимическая зональность рудного поля / Полевые шпаты в процессе пороодообразования. Элиста, 1980, с. 21-46.
76. Сазонов А.М., Ананьев А.А., Полева Т.В., Хохлов А.Н., Власов В.С., Звягина Е.А., Федорова А.В., Тишин П.А., Леонтьев С.И. Золоторудная металлогения Енисейского кряжа: геолого-структурная позиция, структурныетипы рудных полей // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2010. Т. 3. - №4, с. 371-395.
77. Сердюк С.С., Зверев А.И., Зонов В.А. Прогнозно-металлогеническая оценка золотоносности Партизанского рудного узла (Южно-Енисейский золотоносный район) / Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГГиМС, 2003, с. 83-95.

78. Сердюк С.С., Зверев А.И. О перспективах выявления новых нетрадиционных типов золото-платинометалльных руд в геологических комплексах Партизанского рудного узла (Южно-Енисейский золотоносный район) / Состояние и проблемы геологического изучения и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края. Красноярск: КНИИГГиМС, 2003, с. 231-233.

79. Сердюк С.С., Зонов В.А. Прогнозная оценка золотоносности Аяхтинского рудного узла (Южно-Енисейский золотоносный район) / Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, КНИИГГиМС, 2003, с. 96-103

80. Сердюк С.С. Золотоносные провинции Центральной Сибири: геология, минералогия и перспективы освоения. Красноярск: КНИИГГиМС, 2004, 480 с.

81. Сердюк С.С., Комаровский Ю.Е. Васильевское золоторудное месторождение – эталон золото кварцевой формации Енисейской металлогенической провинции. Красноярск: КНИИГГиМС, 2002, 117 с.

82. Сердюк С.С., Комаровский Ю.Е., Бабушкин В.Е., Кириленко В.А. Прогнозно-металлогеническая модель Васильевско-Удереиской рудной зоны (Енисейский кряж) / Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГГиМС, 2003, с. 104-118.

83. Сердюк С.С., Ли Л.В., Мирошников А.Е. Золото Нижнего Приангарья: состояние сырьевой базы и направления ее развития / Сырьевые ресурсы Нижнего Приангарья. Труды первой научно-практической конференции по реализации Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья в Красноярском крае. Красноярск, 1997, с. 22-25

84. Сердюк С.С. Модели месторождений золота Енисейской Сибири / С.С. Сердюк, Ю.Е. Комаровский, А.И. Зверев, В.К. Ояберь, В.С. Власов, В.Е. Бабушкин, В.А. Кириленко, С.А. Землянский. – Красноярск: СФУ, 2010. – 584 с

85. Сердюк С.С. О локализации оруденения в складках продольного изгиба. / Геология и геофизика, № 5, 1984, с. 102-106.

86. Сердюк С.С. и др. Оценка прогнозных ресурсов золота и платины Красноярского края. Красноярск: КНИИГГиМС, 2006. 260 с.

87. Сердюк С.С. Систематика золотоносных месторождений и формаций Центральной Сибири – комплексная модель их прогноза, поисков и оценки / Золото Сибири: геохимия, технология, экономика. Материалы 4-го Международного симпозиума. Красноярск: КНИИГГиМС, 2006, с.24-26.

88. Середенко Г.А. Процессы регрессивного метаморфизма в крупных тектонических зонах и связь с ним золотого кварцево-жильного оруденения в северной части Енисейского кряжа / Геология и полезные ископаемые Нижнего Приангарья. Красноярск, 1975, с. 106-113.

89. Склярёв Е.В., Гладкочуб Д.П., Донская Т.В. и др. Интерпретация геохимических данных. М.: ИНТЕРМЕТИНЖИНИРИНГ, 2001. – 288 с.

90. Старостин В.И., Дергачев А.Л., Семинский Ж.В. Структуры рудных полей и месторождений. М.: Изд-во МГУ, 2002. - 352 с.
91. Строна П.А. Главные типы рудных формаций. Л.: Недра, 1978. – 199 с.
92. Тенешев В.М. Типы кор выветривания Южно-Енисейского золотоносного района и их золотоносность.// Проблемы золотоносных кор выветривания Сибири. Тезисы докладов Первого регионального совещания 20-21 мая 1998. Красноярск: КНИИГиМС, 1998, с.97.
93. Томиленко А.А., Гибшер Н.А. Особенности состава флюида в рудных и безрудных зонах Советского кварц-золоторудного месторождения, Енисейский кряж (по данным изучения флюидных включений) //Геохимия, 2001, № 2, с.167-177.
94. Цыкин Р.А., Цыкин С.Р. Золотоносные коры выветривания и карстовые образования Енисейского кряжа /В сб.: Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск: КНИИГиМС, 1998, с. 186-193.
95. Четвериков С.Д. Руководство к петрохимическим пересчетам химических анализов горных пород и определению их химических типов. М.: ГНТИ литературы по геологии и охране недр, 1956, С. 154-163.
96. Шаров В.Н. Метасоматическая зональность и связь с ней оруденения. Новосибирск, «Наука», 1978, - 188 с.
97. Шелехов Б.Е. Золоторудные месторождения восточного склона Татарского антиклинория Енисейского кряжа / Геология и полезные ископаемые Нижнего Приангарья. Красноярск, 1975, с. 93-98
98. Шер С.Д. Металлогения золота (Евразия, Африка, Южная Америка). М.: Недра, 1974. – 256 с.
99. Яркаев К.Ш., Вызу А.И., Вызу М.Н. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Енисейская. Лист О-46-ХI. М.: Недра, 1968, 72 с.

а) фондовая

- 100.Анучин Л.Г., Шелехов Б.Г. Перспективная оценка золотоносных кор выветривания Ерудо-Питского и Партизано-Попутнинского районов Енисейского кряжа. Красноярск, 1999.
- 101.Гарькавенко С.Д. Архангельское золоторудное месторождение. (Отчёт с подсчётом запасов по объекту: «Разведка Архангельского золоторудного месторождения» по состоянию на 01.01.2009 г.). Красноярск, 2009.
- 102.Голубев В.Г. Отчет по работам Герфедской экспедиции треста Енисейзолото за 1948-52 гг., Красноярск, 1952.
- 103.Еремичев И.П., Еремичева Т.Н., Ильина С.А. Николаевское золоторудное месторождение (Отчет с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2008), Красноярск, 2007

104. Качевский Л.К. Легенда Енисейской серии Государственной геологической карты Российской Федерации М 1:200000. т.1,2. г.Красноярск, 1999, 250 с.
105. Крылова Г.С. Технологическая оценка двух проб золотосодержащих руд Южно-Герфедского участка Герфед-Самсоновского рудной зоны. Отчет о научно-исследовательской работе. М., ФГУП «ЦНИГРИ», 2006, 115 с.
106. Ладынин А.А., Русак О.Т., Солянкин Ю.Н. Геохимические поиски золота в бассейнах рек Кандашимо, Татарка, Б. и М. Мурожная (листы О-46-57-В; -32-Г; -44-Б, Г), Красноярск, 2004, 110 с.
107. Лисин В.А. Оценка прогнозных ресурсов на территории работ Ангарской ГРЭ. Мотыгино, 1982, 80 с.
108. Мацкевич И.П. Разведка золоторудного месторождения Герфед (Отчет с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2011), Красноярск, 2011
109. Мирошников А.Е., Стримжа Т.П., Максимова С.В. Составление карты геохимических ландшафтов Нижнего Приангарья. КНИИГиМС, Красноярск, 2000 г.
110. Мисюков В.И. Архангельское золоторудное месторождение. Мотыгино, АГРЭ, 2005, 180с
111. Мисюков В.И. и др. Писки золотоносных кор выветривания в Партизанском рудном узле. Мотыгино, 2003, 210 с.
112. Михеев Б.В., Георгиев Г.А. Геологический отчет о работах Николаевской поисково-съемочной партии за 1960-62 гг. Мотыгино, АГРЭ, 1963, 331 с.
113. Палиенко Г.С. Поисково-оценочные работы на рудном поле Герфедского месторождения (окончательный отчет Северо-Ангарской партии по работам 1984-89 гг.). Красноярск, 1990, 180 с
114. Середенко Г.А. Золотоносность кор выветривания заангарской части Енисейского кряжа. Специальность 04.00.14: Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений. Диссертация на соискание ученой степени канд. геол.-минерал. наук. Пос. Тея, Северо-Енисейского района, 1987, 193 с.
115. Середенко Г.А. Отчет «Выделение перспективных участков с возможными крупнообъемными объектами олимпиадинского типа в Партизанском рудном узле». Красноярск, 2002, 223 с.
116. Середенко Г.А., Малахова Л.Н., Романова И.П., Белоусова Р.А. Отчет о геологическом доизучении площади Южно-Енисейского золотоносного района в М 1:50000. Мотыгино, АГРЭ, 1979, 252 с.
117. Скорodelов Б.А., Червяк В.С., Тепляков С.И. Поиски рудного золота, оценка геофизических, геохимических аномалий на площади Партизанского рудного узла (отчет Геохимической партии по работам 1980-83 гг.). Мотыгино, АГРЭ, 1983, 247 с.

118.Сердюк С.С., Оценка нетрадиционных золото-платинометалльных руд в черносланцевых комплексах Партизанского рудного узла (Южно-Енисейский золоторудный район). Красноярск, 2005.

119.Смирнов М.С. Отчет по теме: «Составление прогнозно-металлогенической карты М 1:50000 Партизанского рудного узла». Красноярск, 1980, 310 с.

120.Смирнов М.С. Отчет по теме: "Изучение структурного контроля размещения золотого оруденения прожилково-вкрапленного типа в Партизанском золотоносном районе". Мотыгино, 1983, 225 с.

121.Стороженко А.А. Геологическое доизучение масштаба 1:200 000 в центральной части Енисейского кряжа на Олимпиадинской площади (листы О-46-III, О-46-VI). Красноярск, 2003.

122.Стороженко А.А., Козьмин Д.Г., Секретарев М.Н. «Геологическое изучение и оценка минеральных ресурсов недр Российской Федерации и ее континентального шельфа» (Прогнозно-поисковые работы на золото в Южно-Енисейском, Боготольском и Уйбатском районах). Красноярск, 2004.

123.Стороженко А.А. «Прогнозно-поисковые работы в пределах Верхне-Пенченгинского золоторудного узла (Красноярский край)», Красноярск, 2005.

124.Тенешев В.М. Отчет о работах по оценке запасов категории С₂ и прогнозных ресурсов категории Р₁ рудного золота проявления Самсон. Мотыгино, 1995, 141 с.

125.Тенешев В.М. «Поисковые работы в Герфед-Самсоновской рудной зоне Южно-Енисейского золотоносного района», Красноярск, 2006.

126.Хисамутдинов А.Б., Лисицын В.К., Злобин О.М. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Бол. Мурожной, Шаарган и Рыбной (отчет Подголецной партии по геологической съемке М 1:50000 за 1967-70 гг.). Мотыгино, АГРЭ, 1970, 268 с.

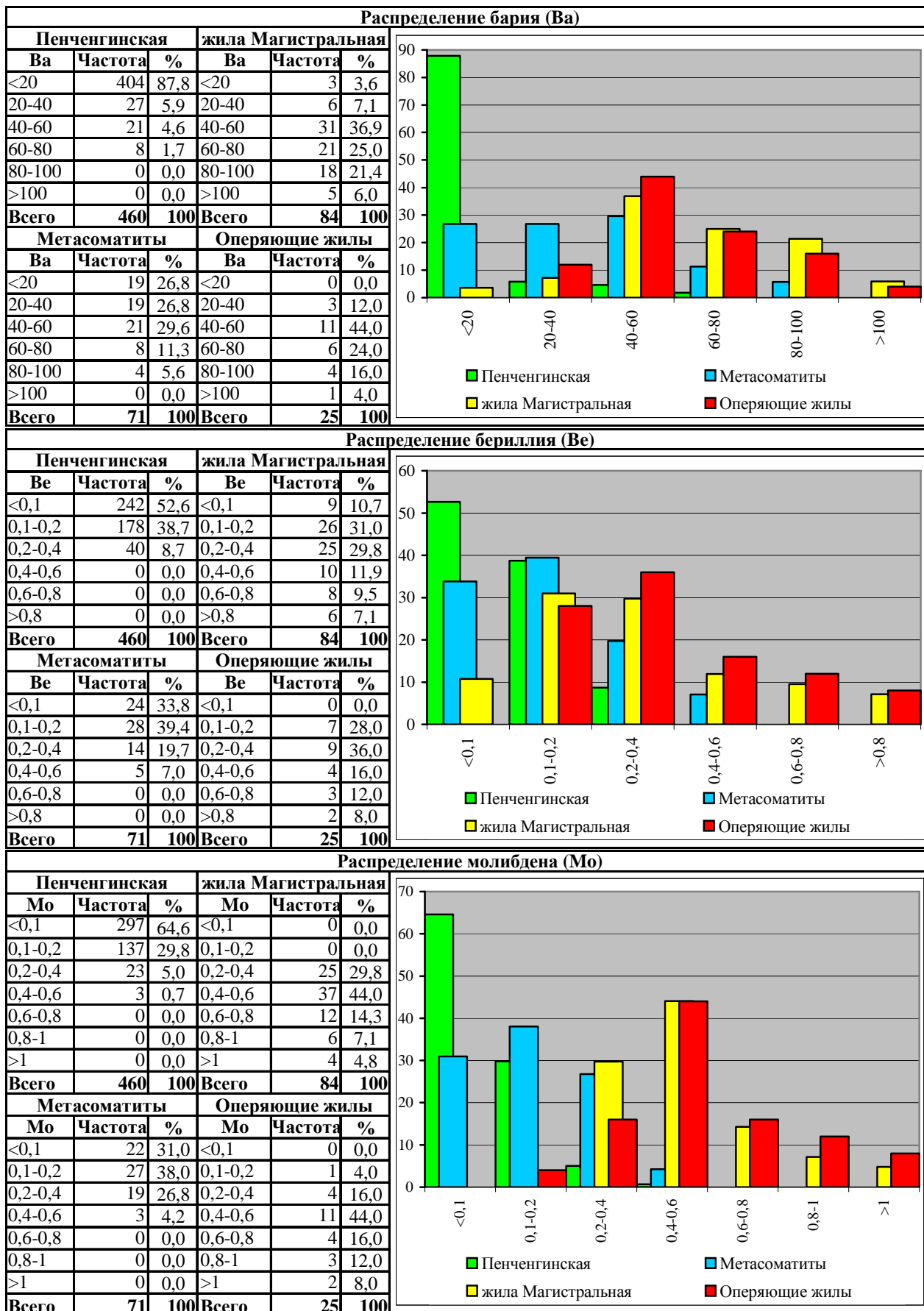
127.Хисамутдинов А.В., Вызу М.Н. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Горбилка, Ишимбы, Пенченги Окончательный отчет по геологической съёмке масштаба 1:50 000 листов О-46-21-Г; -22-В; -33-Б, Г; -34-А, В за 1972-1975 гг. Мотыгино, 1975.

128.Цельковский А.Ф. и др. Отчет о геологическом доизучении южной части Южно-Енисейского района в М 1:50000 площади листов 0-46-57-В,Г; 0-46-58-В,Г(а,в); 0-46-69-А,Б; 0-46-70-А,Б(а,в), проведенном в 1981-85 гг. Мотыгино, АГРЭ, 1985, 250 с.

129.Чижова Е.П., Середенко Г.А. Переоценка прогнозных ресурсов ведущих полезных ископаемых Красноярского края по состоянию на 01.01.2000 г. Красноярск, 2000.

130.Шелехов Б.Е. Николаевское золоторудное месторождение и золотоносность Герфедского рудного поля. Мотыгино, АГРЭ, 1965, 162 с.

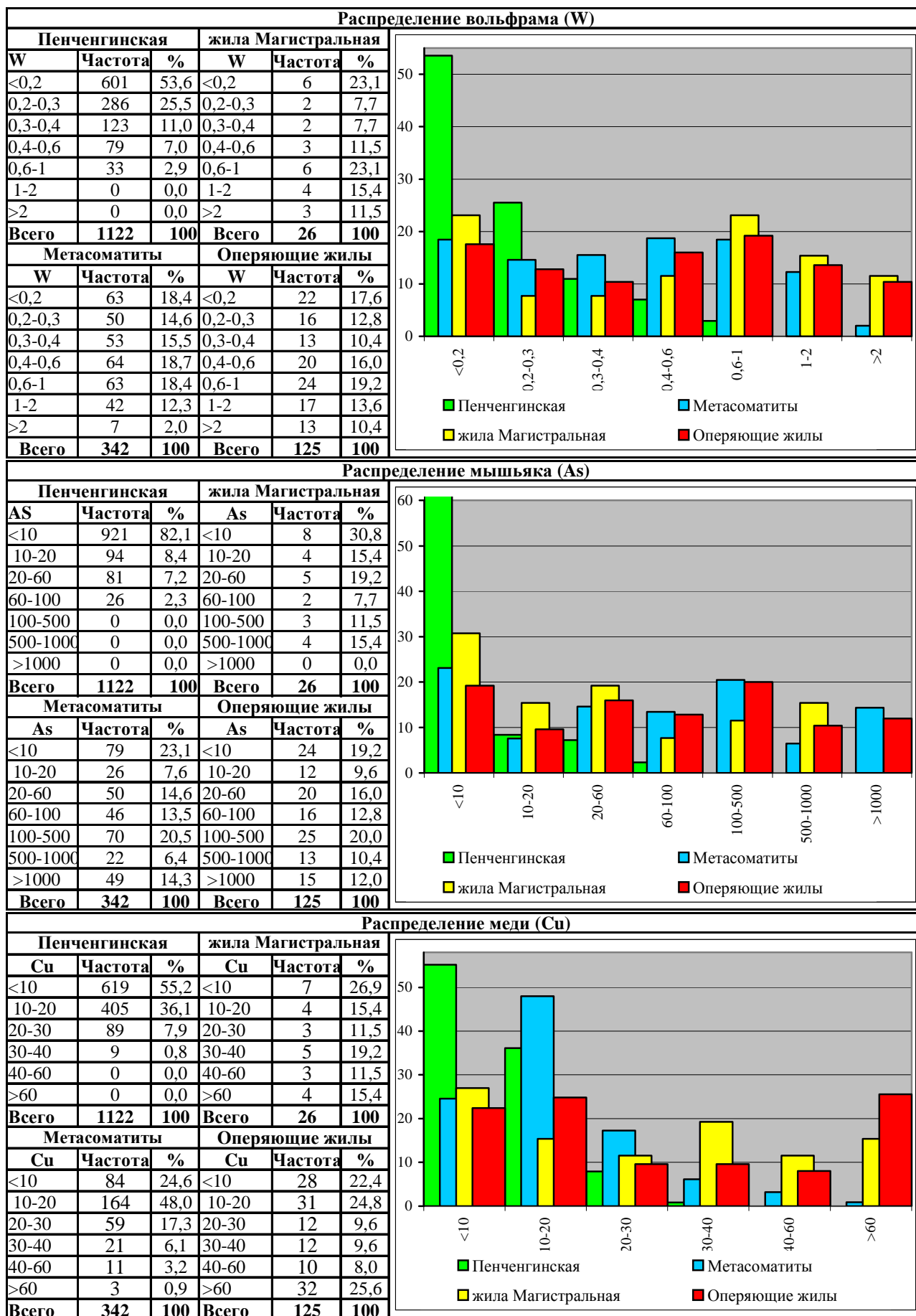
ТЕКСТОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ



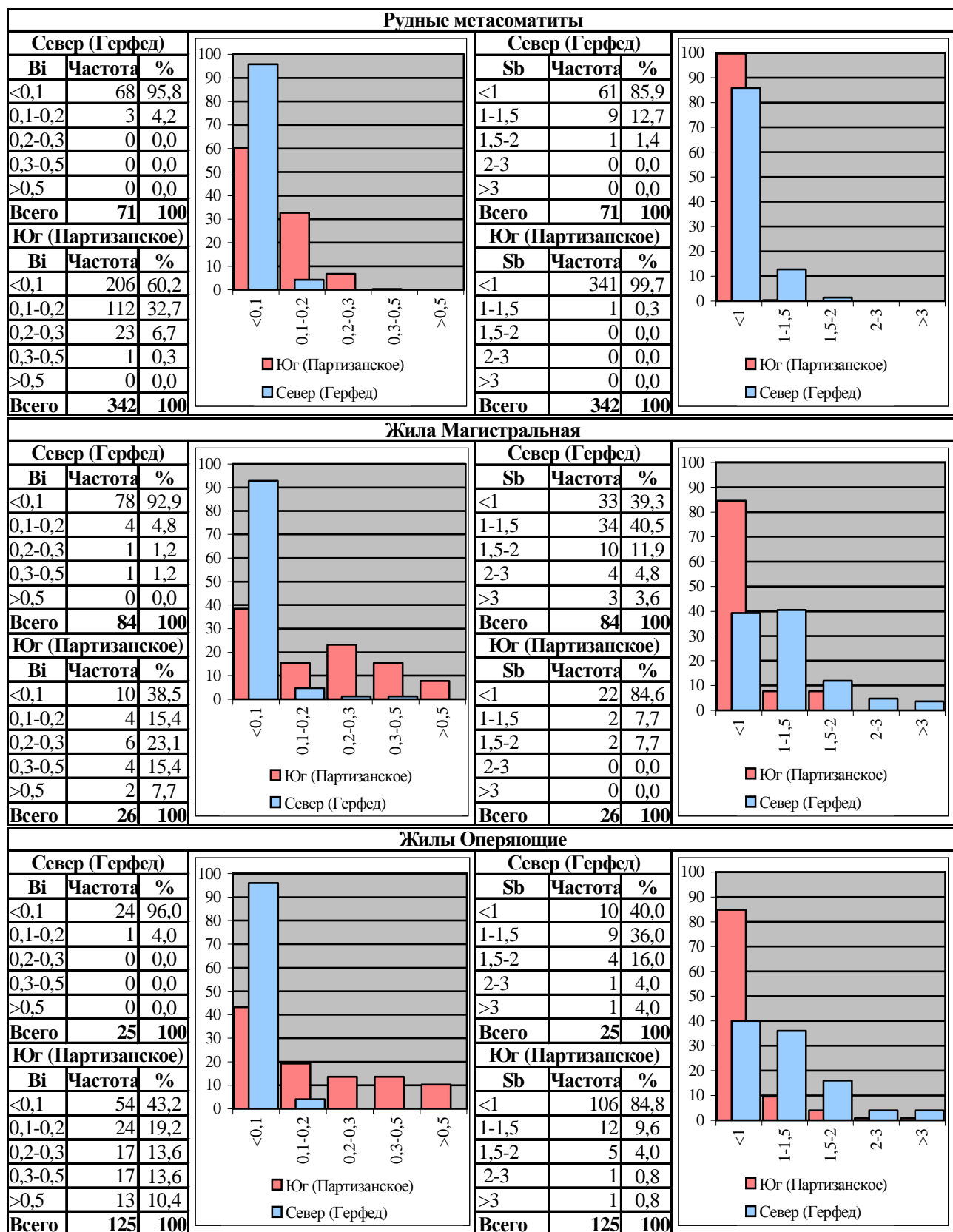
Прил. 1. Диаграммы распределения элементов (Ba, Be, Mo) в рудных образованиях месторождения Герфед (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3} \%$).



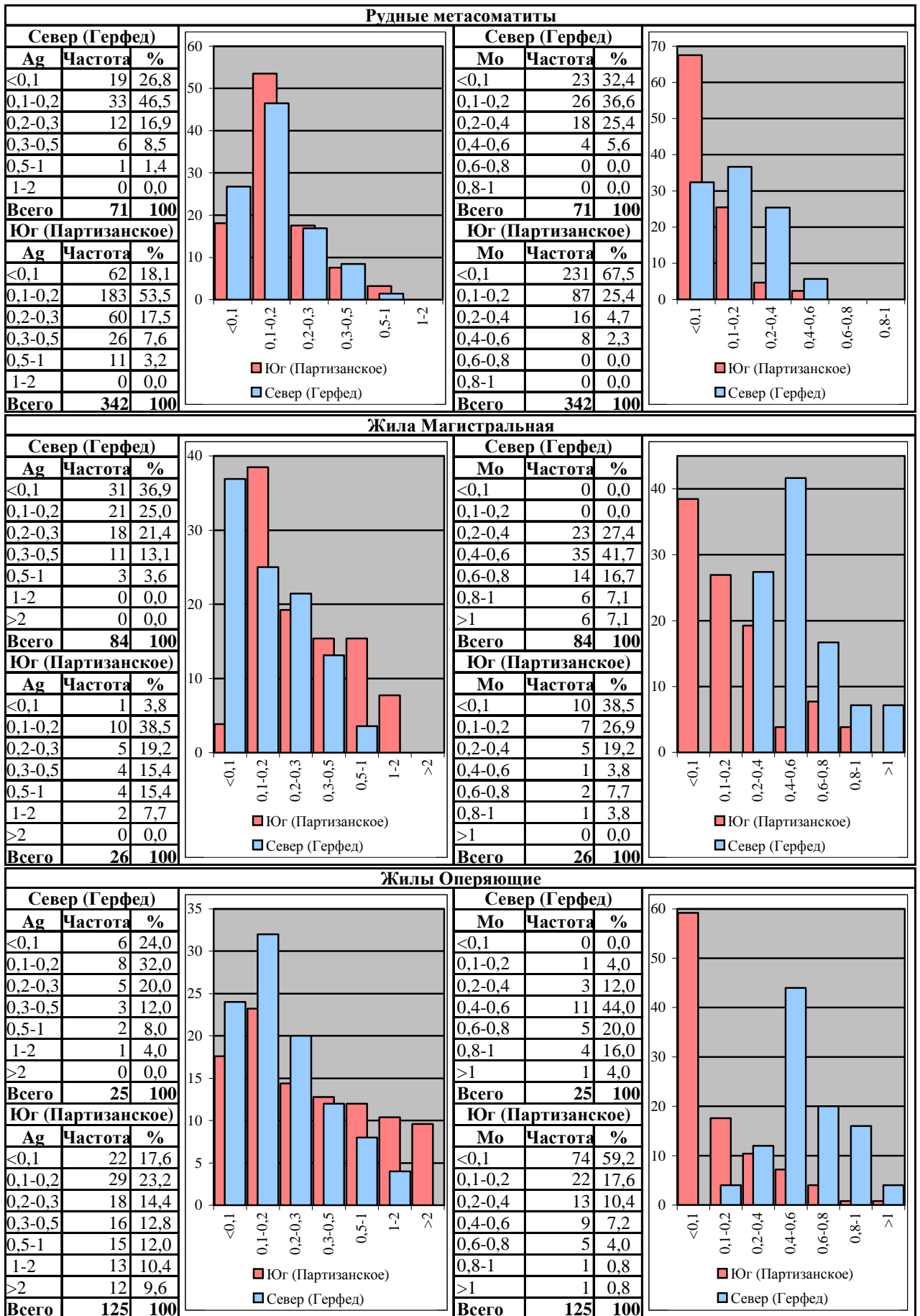
Прил. 2. Диаграммы распределения элементов (Ag, Cr, Co) в рудных образованиях месторождения Герфед (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}$ % для кобальта и хрома и в г/т – для серебра).



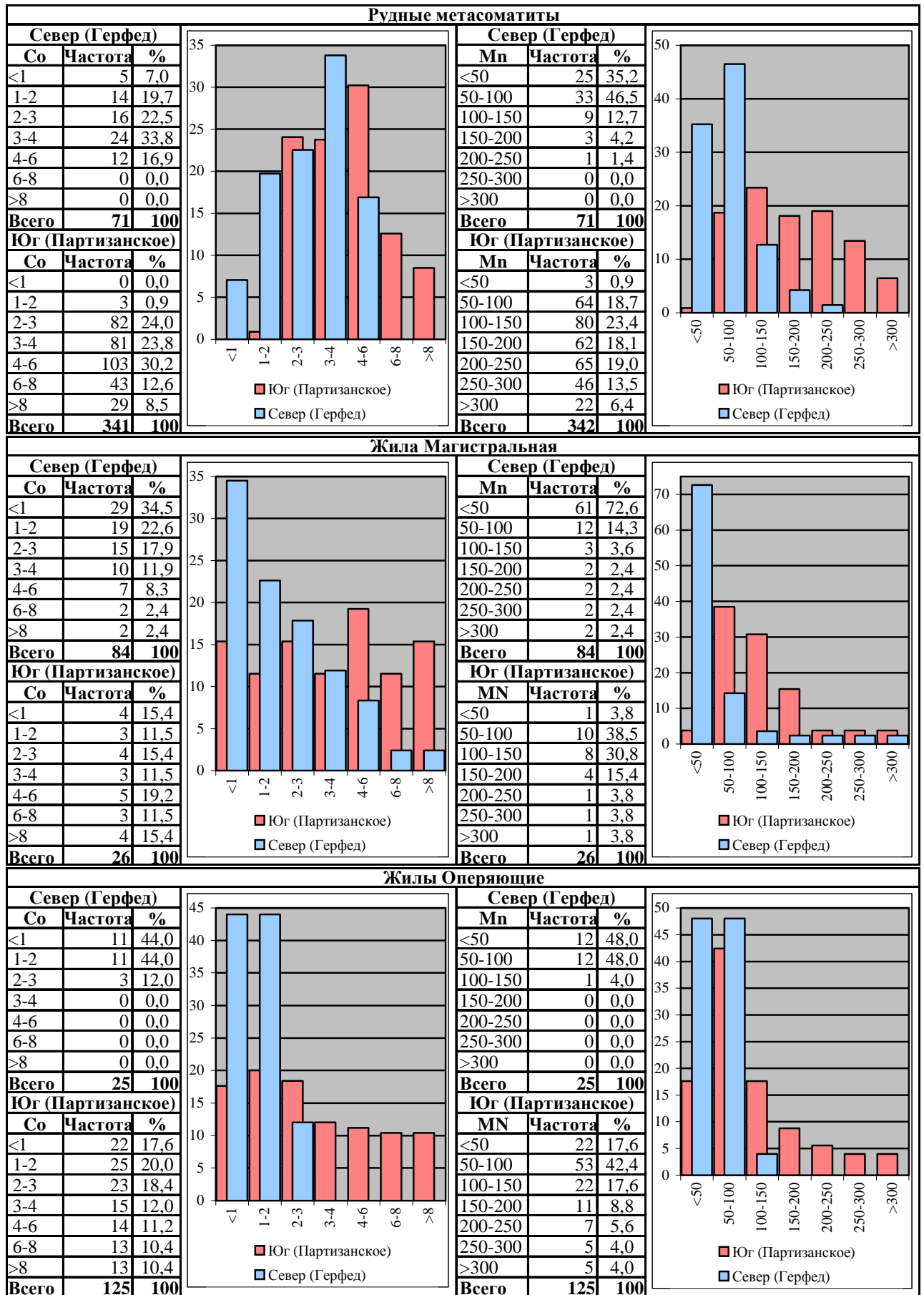
Прил. 3. Диаграммы распределения элементов (W, As, Cu) в рудных образованиях Партизанского месторождения (частота встречаемости в %, классы содержаний в $\text{п} \cdot 10^{-3}\%$).



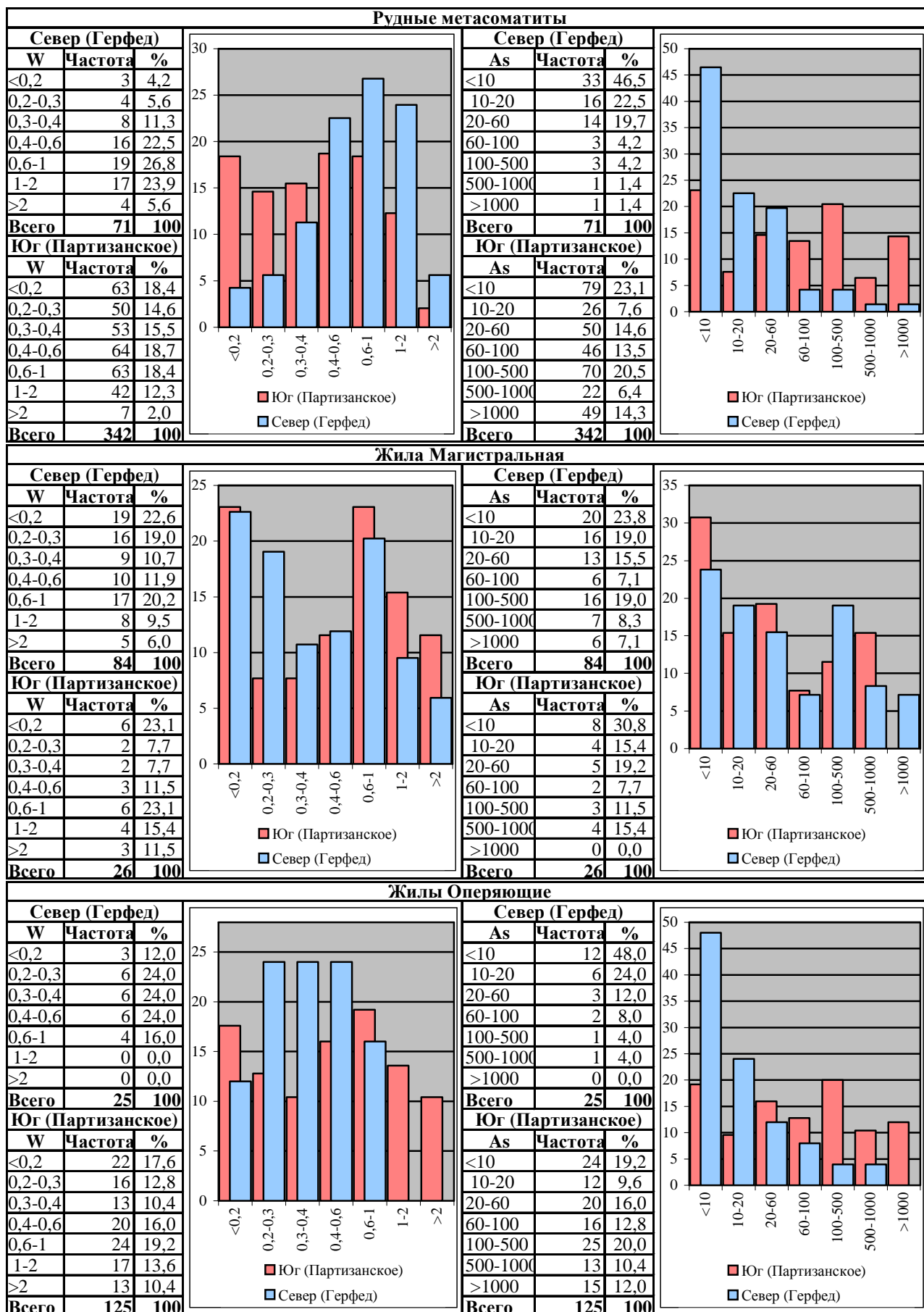
Прил. 4. Диаграммы распределения сурьмы и висмута в рудах Герфедского рудного поля (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}\%$).



Прил. 5. Диаграммы распределения серебра и молибдена в рудах Герфедского рудного поля (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3}\%$ для молибдена, в г/т для серебра)



Прил. 6. Диаграммы распределения кобальта и марганца в рудах Герфедского рудного поля (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3} \%$).



Прил. 7. Диаграммы распределения вольфрама и мышьяка в рудах Герфедского рудного поля (частота встречаемости в %, классы содержаний в $n \cdot 10^{-3} \%$).

	Au	Ag	As	B	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sn	Ti	V	W	Y	Zn	Zr
Au	1,00																							
Ag	0,41	1,00																						
As	0,10	0,02	1,00																					
B	-0,14	0,00	0,42	1,00																				
Ba	-0,31	-0,14	-0,04	-0,09	1,00																			
Be	-0,20	-0,04	-0,05	0,03	0,50	1,00																		
Bi	0,16	0,56	0,25	0,18	-0,12	0,00	1,00																	
Cd	-0,14	0,04	-0,20	-0,31	0,06	0,20	-0,01	1,00																
Co	0,10	0,10	-0,02	-0,40	-0,12	-0,13	0,04	0,11	1,00															
Cr	-0,14	0,20	-0,02	0,00	0,09	0,00	0,22	0,04	0,04	1,00														
Cu	0,01	0,16	0,33	0,11	-0,13	0,16	0,23	0,07	0,13	0,15	1,00													
Fe	0,07	-0,06	0,31	-0,06	0,12	0,26	0,03	0,11	0,18	-0,03	0,58	1,00												
Mn	0,18	-0,05	-0,12	-0,31	0,13	-0,21	-0,06	-0,09	0,27	0,00	-0,12	0,06	1,00											
Mo	0,15	0,36	0,01	0,15	0,21	0,24	0,23	-0,05	-0,03	0,33	0,00	0,13	-0,06	1,00										
Ni	-0,24	0,21	-0,12	-0,13	0,04	0,02	0,13	0,44	0,33	0,20	0,03	0,01	-0,16	-0,02	1,00									
P	-0,04	-0,19	0,26	0,02	-0,08	0,19	-0,16	0,12	-0,01	-0,28	0,50	0,58	-0,25	-0,26	0,15	1,00								
Pb	0,05	0,60	-0,04	0,42	-0,06	0,10	0,52	0,06	0,04	0,29	0,19	-0,06	-0,06	0,46	0,19	-0,20	1,00							
Sn	-0,04	0,38	0,40	0,10	0,08	0,19	0,12	0,49	0,08	0,02	0,55	0,66	-0,08	0,03	0,21	0,58	0,03	1,00						
Ti	0,08	0,13	-0,12	-0,45	0,08	0,03	0,12	0,61	0,30	-0,07	0,12	0,36	0,25	-0,07	0,18	0,26	0,00	0,38	1,00					
V	0,04	-0,03	-0,14	-0,50	0,17	0,15	0,01	0,70	0,27	-0,11	0,05	0,40	0,22	0,02	0,09	0,23	-0,13	0,45	0,88	1,00				
W	0,20	0,20	0,10	-0,13	-0,03	0,09	0,07	0,25	0,08	-0,04	0,19	0,31	-0,08	-0,17	0,04	0,34	-0,08	0,44	0,30	0,36	1,00			
Y	0,02	0,04	0,13	-0,30	0,07	0,08	0,12	0,50	0,22	0,04	0,35	0,45	0,17	-0,08	0,31	0,36	-0,05	0,49	0,72	0,68	0,06	1,00		
Zn	-0,21	0,12	-0,07	0,20	-0,11	0,07	0,11	0,48	-0,02	0,01	0,08	-0,03	-0,27	0,13	0,55	0,43	0,21	0,37	-0,13	-0,12	-0,10	-0,08	1,00	
Zr	0,11	0,08	-0,11	-0,47	0,00	-0,02	0,09	0,60	0,30	-0,12	0,06	0,39	0,36	-0,07	0,14	0,31	-0,04	0,43	0,90	0,91	0,38	0,79	-0,11	1,00

Au	Ag	Au	W	Zr	Ti	V	Y	Cd	Fe	Sn	P	Cu	Ag	Pb	Bi
				B											

Прил. 8. Коэффициенты корреляции микроэлементов в рудных метасоматитах Герфедского месторождения (78 проб)

	Au	Ag	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sb	Sn	Ti	V	W	Y	Zn	Zr
Au	1,00																							
Ag	0,54	1,00																						
As	0,27	0,32	1,00																					
B	0,30	0,27	0,05	1,00																				
Ba	-0,40	-0,20	-0,15	-0,14	1,00																			
Be	-0,15	0,03	-0,10	-0,03	0,56	1,00																		
Cd	0,22	0,40	0,27	0,35	-0,15	-0,03	1,00																	
Co	0,33	0,48	0,44	0,24	-0,35	-0,18	0,52	1,00																
Cr	-0,25	-0,17	-0,15	-0,05	0,56	0,55	-0,06	-0,07	1,00															
Cu	0,41	0,53	0,12	0,35	-0,27	-0,05	0,44	0,60	-0,05	1,00														
Fe	0,46	0,51	0,15	0,33	-0,21	-0,02	0,48	0,49	-0,03	0,78	1,00													
Mn	0,11	0,27	0,20	0,04	-0,12	-0,28	0,25	0,58	-0,14	0,28	0,32	1,00												
Mo	0,04	0,16	0,12	0,02	0,28	0,39	0,16	0,10	0,53	0,17	0,32	0,16	1,00											
Ni	0,20	0,48	-0,13	0,34	-0,04	0,11	0,48	0,58	0,16	0,53	0,46	0,32	0,22	1,00										
P	0,43	0,50	0,10	0,40	-0,29	-0,20	0,57	0,49	-0,16	0,79	0,90	0,28	0,11	0,47	1,00									
Pb	0,32	0,55	0,15	0,40	-0,11	0,10	0,40	0,35	0,15	0,48	0,41	0,05	0,12	0,40	0,40	1,00								
Sb	-0,13	-0,18	-0,07	-0,13	0,53	0,65	-0,10	-0,32	0,51	-0,28	-0,22	-0,34	0,35	-0,11	-0,34	-0,02	1,00							
Sn	0,41	0,52	0,00	0,43	-0,27	-0,24	0,49	0,44	-0,10	0,68	0,81	0,24	0,18	0,49	0,81	0,37	-0,17	1,00						
Ti	0,28	0,32	-0,19	0,36	-0,23	-0,17	0,57	0,45	0,10	0,45	0,68	0,30	0,21	0,46	0,73	0,35	-0,10	0,77	1,00					
V	0,24	0,31	-0,05	0,41	-0,27	-0,25	0,70	0,56	0,09	0,62	0,75	0,39	0,25	0,58	0,81	0,39	-0,17	0,75	0,92	1,00				
W	0,22	0,41	0,04	0,30	-0,16	-0,22	0,59	0,41	0,05	0,62	0,65	0,20	0,24	0,47	0,68	0,31	0,03	0,64	0,70	0,74	1,00			
Y	0,25	0,19	0,05	0,18	-0,22	-0,30	0,51	0,40	-0,01	0,45	0,71	0,39	0,30	0,30	0,71	0,24	-0,22	0,58	0,67	0,77	0,60	1,00		
Zn	0,40	0,51	0,33	0,46	-0,38	-0,18	0,64	0,59	-0,17	0,54	0,60	0,19	0,07	0,55	0,68	0,39	-0,25	0,55	0,43	0,56	0,48	0,33	1,00	
Zr	0,28	0,32	0,07	0,26	-0,21	-0,31	0,62	0,49	-0,15	0,38	0,52	0,67	0,13	0,48	0,59	0,24	-0,31	0,53	0,74	0,81	0,53	0,68	1,00	

Au	Fe	P	Ag	Sn	Cu	Zn
----	----	---	----	----	----	----

V	P	Ti	Fe	Sn	Y	W	Zr	Cd
---	---	----	----	----	---	---	----	----

Co	Ni	Cu	V	Zn
----	----	----	---	----

Be	Ba	Sb	Cr
----	----	----	----

Прил. 9. Коэффициенты корреляции микроэлементов в метасоматических кварцитах (жила Магистральная) месторождения Герфед (74 пробы, симметризованные значения -lg)

	Au	Ag	As	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sb	Sn	Ti	V	W	Zn	Zr
Au	1,00																						
Ag	0,31	1,00																					
As	-0,15	-0,02	1,00																				
B	-0,17	0,05	-0,11	1,00																			
Ba	-0,18	0,08	0,07	0,22	1,00																		
Be	0,15	0,16	-0,14	-0,18	0,63	1,00																	
Cd	-0,25	0,04	0,42	0,28	0,22	0,09	1,00																
Co	0,14	0,11	-0,02	-0,02	0,13	0,25	0,19	1,00															
Cr	-0,29	-0,10	0,22	-0,05	0,58	0,19	0,12	0,02	1,00														
Cu	-0,06	0,22	0,58	0,15	0,32	0,15	0,60	0,21	0,35	1,00													
Fe	0,40	0,45	0,43	-0,32	0,31	0,40	0,17	0,33	0,02	0,52	1,00												
Mn	0,25	0,18	0,09	-0,24	-0,72	-0,54	-0,24	-0,12	-0,42	-0,15	-0,10	1,00											
Mo	-0,01	0,33	0,32	-0,12	0,40	0,07	0,15	-0,26	0,46	0,46	0,23	0,19	1,00										
Ni	-0,19	0,01	-0,10	0,00	0,75	0,33	0,10	0,24	0,49	0,09	0,32	-0,64	0,10	1,00									
P	0,44	0,47	0,13	-0,23	0,08	0,22	0,12	0,47	-0,13	0,33	0,51	-0,10	-0,09	0,29	1,00								
Pb	-0,16	-0,03	0,30	0,23	0,50	0,14	0,38	-0,01	0,03	0,29	0,31	-0,19	0,27	-0,02	0,18	1,00							
Sb	-0,21	-0,07	0,01	-0,29	0,44	0,50	-0,01	-0,27	0,32	-0,04	0,08	-0,28	0,36	0,36	-0,12	-0,03	1,00						
Sn	0,27	0,54	0,10	0,32	0,63	0,49	0,37	0,44	0,04	0,52	0,65	-0,35	0,24	0,23	0,64	0,70	-0,08	1,00					
Ti	-0,10	-0,16	-0,24	0,02	0,09	0,40	0,38	0,49	0,05	0,10	-0,08	-0,41	-0,46	0,15	0,15	-0,21	0,15	0,07	1,00				
V	-0,23	0,06	-0,20	0,55	0,28	0,14	0,60	0,36	0,25	0,28	-0,24	-0,41	-0,08	0,32	-0,07	-0,09	-0,04	0,21	0,58	1,00			
W	0,04	0,24	0,00	0,17	0,61	0,69	0,49	0,30	0,23	0,52	0,46	-0,51	0,10	0,38	0,43	0,26	0,27	0,67	0,57	0,45	1,00		
Zn	-0,12	-0,08	0,33	-0,07	0,25	0,23	0,61	0,56	-0,04	0,31	0,49	-0,39	-0,29	0,35	0,54	0,53	-0,04	0,47	0,52	0,24	0,46	1,00	
Zr	-0,13	-0,04	-0,32	0,34	-0,21	-0,09	0,47	0,43	-0,07	0,03	-0,32	-0,10	-0,44	0,07	0,01	-0,32	-0,25	-0,07	0,65	0,83	0,23	0,28	1,00

Zn

Sn W Fe Cu

Zr V Ti

Au Ag Fe P Sn

рождения (25 проб)

Прил. 10. Коэффициенты корреляции микроэлементов в оперяющих жилах Герфел

Au	Ag	As	B	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sn	Ti	V	W	Y	Zn	Zr	
Au	1,00																							
Ag	0,42	1,00																						
As	0,32	0,21	1,00																					
B	0,07	0,01	0,21	1,00																				
Ba	-0,21	-0,10	-0,28	-0,12	1,00																			
Be	0,15	0,15	-0,11	0,18	0,05	1,00																		
Bi	0,07	0,06	0,47	0,30	-0,41	-0,20	1,00																	
Cd	-0,08	0,17	-0,20	-0,32	-0,15	0,01	0,01	1,00																
Co	0,27	0,35	0,73	0,16	-0,23	0,04	0,39	0,06	1,00															
Cr	0,22	0,13	0,49	0,46	-0,27	0,16	0,33	-0,03	0,41	1,00														
Cu	0,28	0,58	0,13	-0,06	-0,14	0,15	0,04	0,35	0,30	0,03	1,00													
Fe	0,25	0,39	0,49	-0,04	-0,21	0,10	0,35	0,77	0,22	0,55	1,00													
Mn	-0,11	0,01	0,25	0,17	-0,12	-0,10	0,12	0,51	0,25	-0,03	0,53	1,00												
Mo	0,24	0,14	0,05	0,22	-0,04	0,29	-0,07	-0,04	0,47	0,06	-0,08	-0,17	1,00											
Ni	0,08	0,18	0,57	0,32	-0,37	0,08	0,53	0,69	0,65	0,17	0,56	0,45	0,04	1,00										
P	-0,07	-0,02	-0,49	-0,24	0,32	0,36	-0,65	0,20	-0,28	0,00	-0,29	-0,50	0,23	-0,49	1,00									
Pb	0,28	0,43	0,19	0,32	-0,11	0,24	0,20	-0,03	0,17	0,30	0,16	0,06	0,25	0,21	-0,01	1,00								
Sn	0,26	0,41	0,27	0,26	-0,08	0,21	0,25	0,31	0,44	0,22	0,61	0,27	0,13	0,31	-0,14	0,32	1,00							
Ti	-0,10	0,17	-0,27	-0,48	0,28	0,23	-0,44	0,51	0,01	-0,31	0,30	-0,02	-0,03	-0,27	0,56	-0,08	0,11	1,00						
V	-0,05	0,20	-0,11	-0,42	0,16	0,21	-0,31	0,71	0,13	-0,12	0,33	0,04	-0,02	-0,05	0,50	-0,08	0,20	0,86	1,00					
W	0,15	0,28	0,46	0,29	0,12	0,19	0,18	-0,11	0,48	0,33	0,36	0,19	0,14	0,31	-0,09	0,24	0,35	0,17	0,13	1,00				
Y	0,02	0,19	-0,30	-0,16	0,31	0,41	-0,49	0,16	-0,08	-0,19	0,23	-0,15	0,16	-0,32	0,62	0,09	0,09	0,75	0,60	0,15	1,00			
Zn	-0,12	0,08	-0,40	-0,26	-0,09	0,21	-0,23	0,44	-0,24	-0,28	0,18	-0,28	-0,10	-0,13	0,50	0,09	0,08	0,32	0,33	-0,27	0,27	1,00		
Zr	-0,05	0,18	-0,19	-0,41	0,09	0,21	-0,26	0,60	0,12	-0,18	0,32	0,43	-0,01	-0,14	0,50	-0,06	0,21	0,90	0,89	0,12	0,70	0,26	1,00	

Au	Ag	Au	As	Cu	Zr	Ti	V	Y	P	Cd	Sn	Fe	Cu	Co	Ni	Fe	Mn	As	Co	
B	As	Bi																		

Прил. 11. Коэффициенты корреляции микроэлементов в рудных метасоматитах Партизанского месторождения (342 пробы, симметризованные значения-lg)

	Au	Ag	As	B	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sn	Ti	V	W	Y	Zn	Zr
Au	1,00																							
Ag	0,55	1,00																						
As	0,42	0,25	1,00																					
B	0,09	0,27	0,26	1,00																				
Ba	0,14	-0,22	-0,14	-0,35	1,00																			
Be	0,18	0,02	0,13	0,20	0,26	1,00																		
Bi	0,24	0,64	0,14	0,32	-0,59	0,03	1,00																	
Cd	0,36	0,65	0,03	0,09	-0,20	-0,12	0,46	1,00																
Co	0,50	0,58	0,48	0,18	-0,06	0,01	0,29	0,49	1,00															
Cr	0,28	-0,11	0,19	0,00	0,27	0,20	-0,02	-0,01	0,15	1,00														
Cu	0,44	0,74	0,26	0,36	-0,30	0,12	0,53	0,60	0,64	-0,04	1,00													
Fe	0,54	0,70	0,38	0,31	-0,05	0,15	0,40	0,50	0,83	0,01	0,81	1,00												
Mn	-0,09	-0,09	-0,23	-0,18	0,13	-0,05	-0,05	0,05	0,07	0,09	-0,10	0,07	1,00											
Mo	0,02	-0,15	-0,01	-0,11	0,17	0,03	-0,20	-0,25	-0,31	0,33	-0,29	-0,37	-0,15	1,00										
Ni	0,37	0,45	0,33	0,34	-0,09	0,14	0,29	0,30	0,79	0,27	0,64	0,80	0,11	-0,17	1,00									
P	0,09	-0,30	0,03	-0,16	0,58	0,16	-0,55	-0,14	-0,07	0,15	-0,21	-0,06	-0,12	0,29	-0,06	1,00								
Pb	0,41	0,85	0,20	0,27	-0,29	0,05	0,67	0,64	0,50	0,00	0,64	0,55	0,01	-0,14	0,36	-0,40	1,00							
Sn	0,30	0,18	0,50	0,36	-0,13	0,19	0,11	0,15	0,48	0,23	0,53	0,58	0,01	-0,11	0,55	0,20	0,10	1,00						
Ti	0,29	0,01	0,08	-0,25	0,41	-0,07	-0,33	0,23	0,37	0,10	0,09	0,33	0,22	-0,11	0,28	0,52	-0,14	0,33	1,00					
V	-0,01	-0,36	0,19	-0,17	0,25	-0,07	-0,45	-0,07	0,17	0,20	-0,10	0,09	0,27	-0,11	0,16	0,49	-0,44	0,51	0,89	1,00				
W	0,44	0,13	0,60	0,16	0,10	0,22	-0,02	0,07	0,42	0,20	0,31	0,43	-0,06	0,01	0,40	0,44	0,04	0,71	0,34	0,29	1,00			
Y	0,26	0,45	-0,18	-0,12	0,18	-0,19	0,07	0,48	0,42	-0,15	0,23	0,42	0,28	-0,14	0,29	0,05	0,31	-0,13	0,31	0,15	-0,03	1,00		
Zn	0,41	0,75	0,19	0,34	-0,27	-0,02	0,52	0,82	0,62	-0,03	0,75	0,70	-0,13	-0,29	0,51	-0,18	0,73	0,29	-0,03	-0,06	0,14	0,08	1,00	
Zr	0,09	0,26	-0,12	-0,07	-0,19	-0,17	0,17	0,59	0,31	-0,02	0,43	0,28	0,31	-0,34	0,16	-0,08	0,21	0,32	0,56	0,55	0,13	0,45	0,38	1,00

Au	Ag	Fe	Cu	Zn	Co	Pb	Cd	Au	W	Ti	V	Zr	Fe	Ni	Co	Cu	Sn
----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----	----	----	----

Прил. 13. Коэффициенты корреляции микроэлементов в оперяющих жилах Партизанского месторождения жилы (125 проб, симметризованные значения-lg)

	Au	Ag	As	B	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ti	V	Zn	Zr	
Au	1,00																					
Ag	0,49	1,00																				
As	0,67	0,00	1,00																			
B	0,17	0,04	0,37	1,00																		
Bi	0,22	-0,07	-0,09	0,01	1,00																	
Cd	-0,08	0,06	-0,37	0,05	0,00	1,00																
Co	0,55	0,40	0,27	0,05	0,52	-0,15	1,00															
Cr	0,18	-0,22	0,14	0,07	-0,02	-0,31	-0,21	1,00														
Cu	0,30	0,45	-0,01	-0,25	0,13	0,07	0,17	0,06	1,00													
Fe	0,54	0,42	0,09	0,10	0,73	0,04	0,56	-0,25	0,23	1,00												
Mn	0,08	-0,10	-0,14	-0,11	0,70	0,06	0,39	-0,18	0,04	0,51	1,00											
Mo	-0,03	-0,53	0,08	-0,09	-0,10	-0,05	-0,24	0,43	0,09	-0,41	-0,23	1,00										
Ni	0,30	-0,35	0,07	-0,12	0,39	0,21	0,67	-0,06	0,04	0,64	0,36	0,13	1,00									
P	-0,28	-0,05	0,14	-0,12	-0,16	-0,22	-0,40	0,15	-0,16	-0,47	0,11	0,01	-0,45	1,00								
Pb	0,20	0,18	0,03	-0,14	0,39	-0,32	0,24	0,32	0,65	0,18	-0,07	0,31	-0,20	0,18	1,00							
Sn	0,46	0,28	0,40	0,05	0,21	0,28	0,37	-0,22	0,04	0,56	0,01	-0,07	0,35	-0,14	0,02	1,00						
Sr	-0,24	-0,08	-0,21	-0,18	0,05	-0,19	-0,40	0,26	0,07	-0,33	0,44	0,08	-0,35	0,47	0,47	-0,39	1,00					
Ti	0,27	-0,05	-0,08	-0,17	-0,09	0,41	0,07	-0,15	-0,03	0,02	-0,15	0,03	0,22	-0,21	0,10	0,31	-0,27	1,00				
V	-0,10	-0,07	-0,22	0,12	-0,07	0,25	0,06	-0,33	-0,30	0,07	-0,21	-0,27	0,20	-0,47	-0,30	0,05	-0,41	0,18	1,00			
Zn	0,48	0,31	0,33	-0,02	0,24	0,07	0,52	-0,14	0,09	0,57	0,08	-0,18	0,35	-0,40	-0,06	0,60	-0,45	0,38	0,20	1,00		
Zr	0,09	-0,15	-0,36	-0,27	0,26	0,58	0,30	-0,41	0,18	0,30	0,54	-0,02	0,52	-0,23	-0,21	0,34	-0,07	0,44	0,21	0,43	1,00	

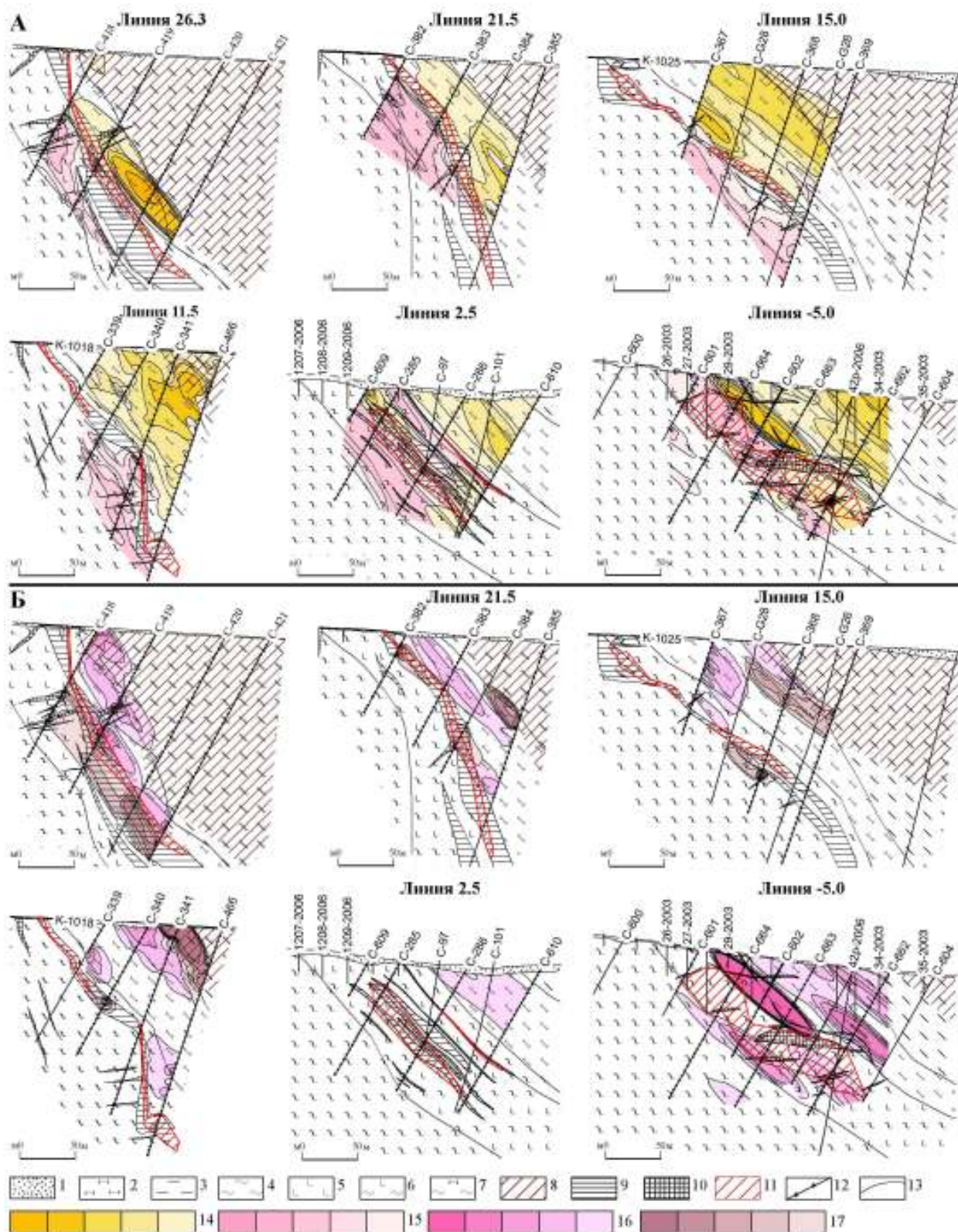
Au	Ag	Fe	Co	Au	Fe	Zn	Sn	Co	Ni	Au	As	Bi	Fe	Mn
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Прил. 14. Коэффициенты корреляции микроэлементов в рудных метасоматитах Николаевского рудного поля (45 проб, симметризованные значения-lg)

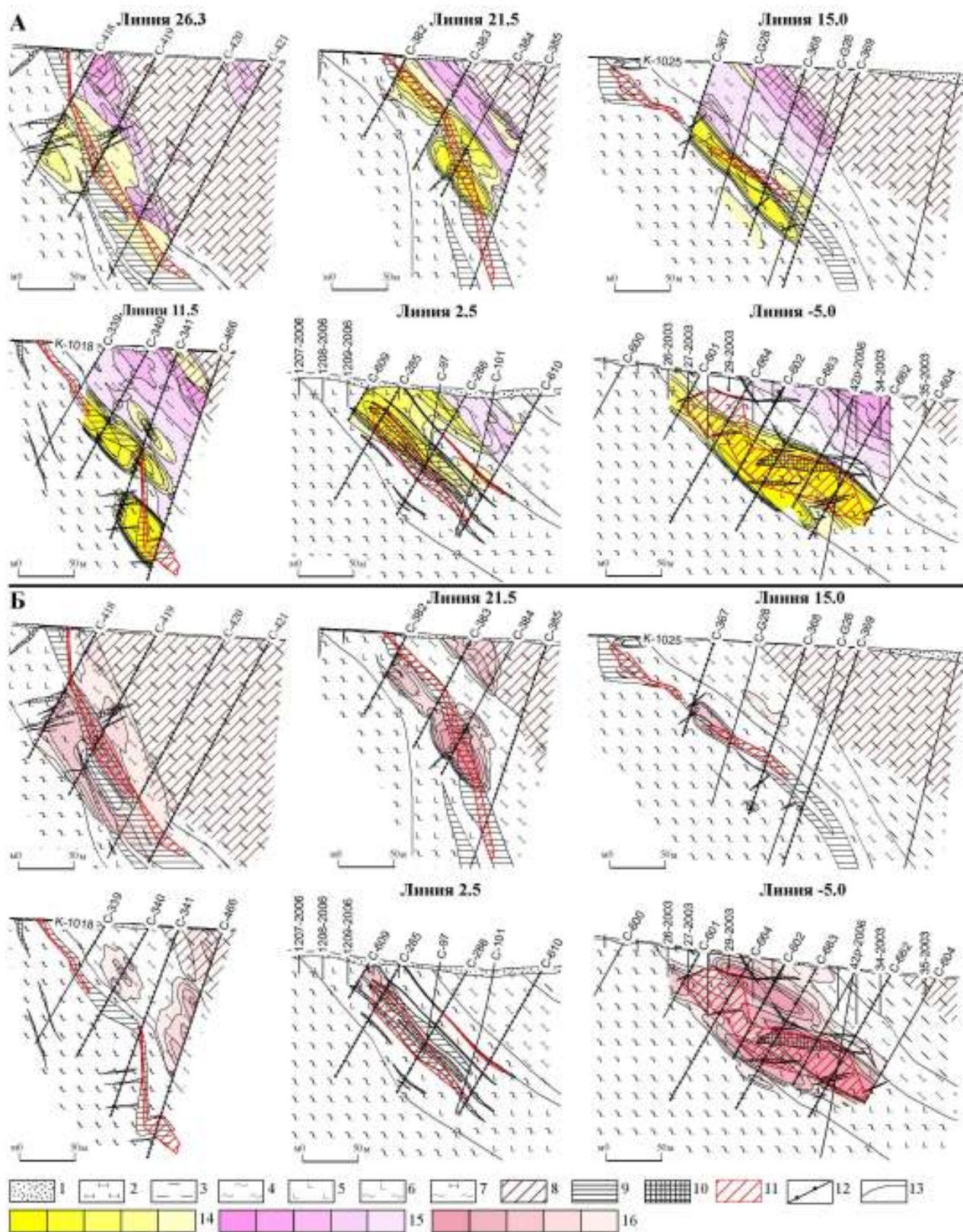
	Au	Ag	As	B	Be	Bi	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sn	Sr	Ti	V	W	Zn	Zr	
Au	1,00																						
Ag	0,57	1,00																					
As	0,27	0,49	1,00																				
B	0,05	0,23	-0,18	1,00																			
Be	0,22	0,19	0,08	0,34	1,00																		
Bi	-0,02	0,24	0,27	0,07	0,40	1,00																	
Co	0,19	0,33	0,30	0,08	-0,06	0,27	1,00																
Cr	0,16	-0,21	-0,35	0,36	0,37	0,09	-0,19	1,00															
Cu	0,50	0,47	0,02	0,23	0,38	0,19	0,28	0,32	1,00														
Fe	0,57	0,42	0,07	0,22	0,23	0,11	0,34	0,22	0,65	1,00													
Mn	-0,11	0,14	0,32	-0,20	-0,22	0,42	0,46	-0,39	-0,19	0,07	1,00												
Mo	-0,13	-0,38	-0,25	-0,08	-0,04	0,04	-0,17	0,59	-0,18	-0,36	-0,26	1,00											
Ni	0,38	0,20	0,03	0,20	0,22	0,23	0,65	0,37	0,50	0,54	0,10	0,08	1,00										
P	-0,14	0,12	0,15	-0,26	-0,34	0,07	0,02	-0,32	-0,19	-0,24	0,27	0,01	-0,26	1,00									
Pb	-0,01	0,16	0,06	-0,09	0,16	0,39	0,13	0,22	0,23	0,24	0,24	0,03	0,13	0,29	1,00								
Sn	0,23	0,39	-0,15	0,54	0,33	0,22	0,20	0,44	0,64	0,57	-0,20	-0,16	0,41	-0,25	0,28	1,00							
Sr	-0,27	-0,24	0,06	-0,34	-0,48	-0,08	0,06	-0,28	-0,39	-0,30	0,54	0,04	-0,31	0,61	0,22	-0,43	1,00						
Ti	-0,37	-0,06	-0,02	0,01	-0,53	-0,34	0,06	-0,39	-0,40	-0,32	0,20	-0,06	-0,26	0,25	-0,17	-0,11	0,42	1,00					
V	0,15	0,12	-0,11	0,45	-0,08	-0,27	0,20	0,03	0,08	0,45	-0,02	-0,31	0,24	-0,16	-0,14	0,35	-0,15	0,32	1,00				
W	0,25	-0,21	-0,26	0,12	0,41	0,23	-0,14	0,81	0,31	0,30	-0,22	0,55	0,45	-0,35	0,25	0,31	-0,30	-0,55	-0,05	1,00			
Zn	0,24	0,20	-0,14	0,55	0,18	-0,23	0,18	0,29	0,45	0,48	-0,32	-0,22	0,34	-0,43	-0,14	0,60	-0,45	0,07	0,56	0,08	1,00		
Zr	-0,02	0,00	0,07	-0,09	-0,21	-0,04	0,49	-0,20	0,13	0,26	0,53	-0,25	0,26	-0,16	0,05	-0,05	0,23	0,20	0,24	-0,15	0,25	1,00	

Au	Ag	Fe	Cu	Au	As	Zn	Sn	B	Cr	W	Mo	Cu	Fe	Sn	Ni
----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	----	----	----	----	----

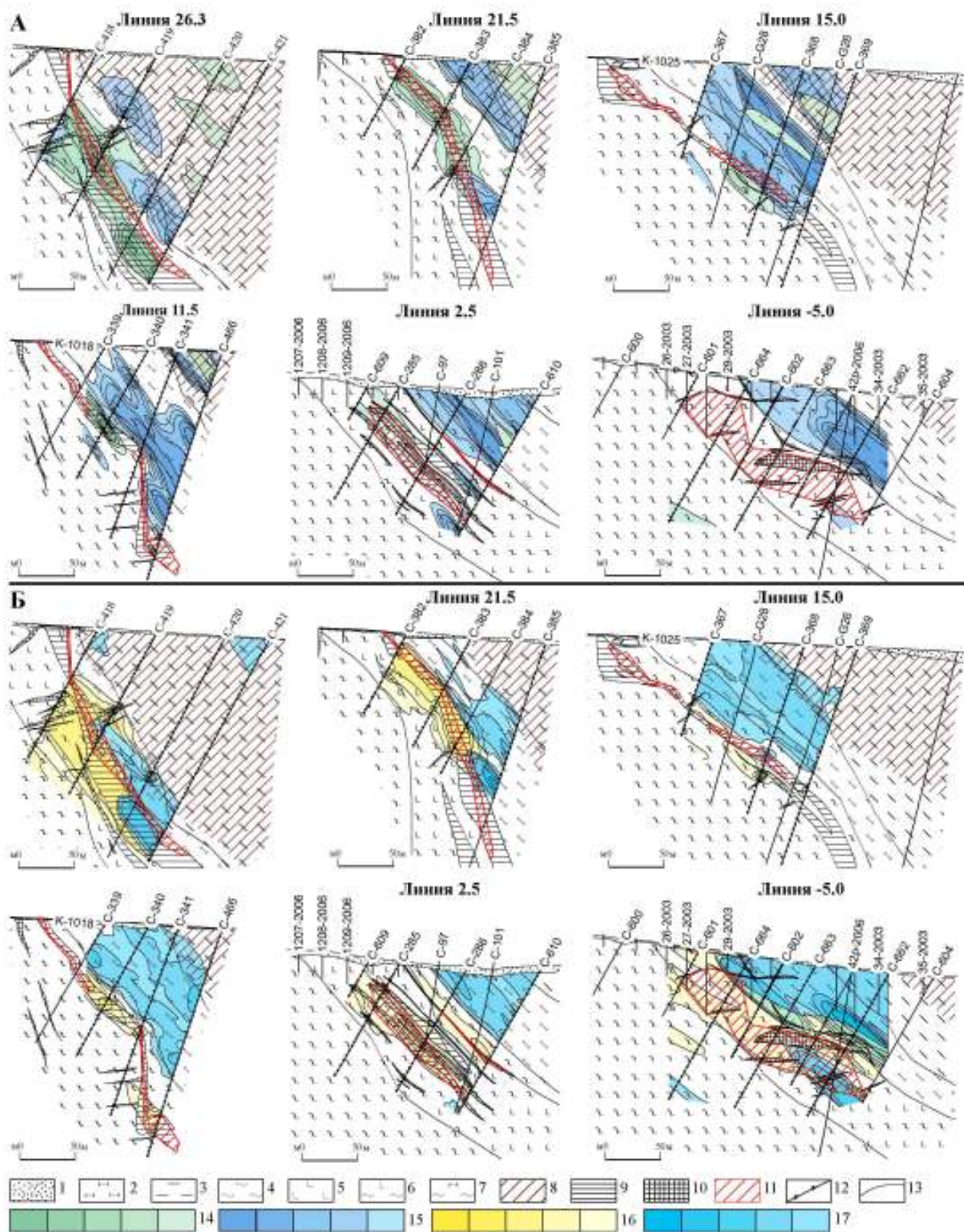
Прил. 15. Коэффициенты корреляции микроэлементов в метасоматических кварцитах и лестничных жилах (без разделения) Николаевского месторождения (84 пробы, симметризованные значения-lg)



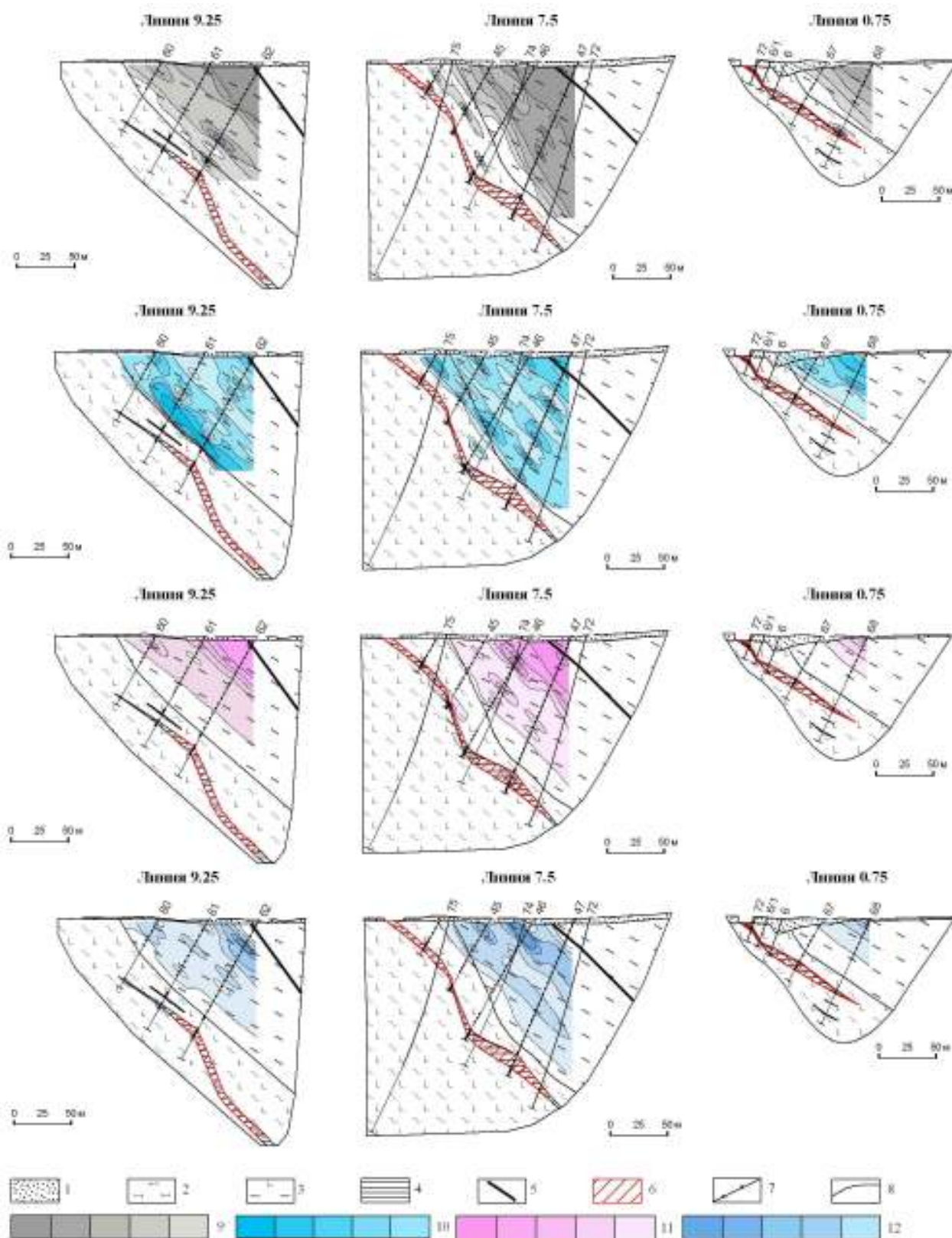
Прил. 16. Распределение серебра и титана (А), висмута и сурьмы (Б) в первичных ореолах Герфудского рудного поля: 1-7 литологические разности пород: 1-рыхлые образования, 2-углеродистые сланцы, 3-глинистые сланцы, 4-филлиты, 5-метавулканыты, 6-чередование метавулканытов и филлитов, 7-чередование углеродистых сланцев и филлитов; 8 коры выветривания; 9-10 кварцевые жилы: 9-Магистральная, 10-Оперяющие; 11 золоторудные тела; 12 скважины и точки геохимического опробования; 13 изолинии содержаний элементов; 14-17 уровни концентраций элементов: 14-**Ag** в г/т (>5; 2-5; 1-2; 0,5-1; 0,2-0,5), 15-**Ti** в % (>1; 0,8-1; 0,6-0,8; 0,5-0,6; 0,4-0,5), 16-**Bi** в $n \cdot 10^{-3}\%$ (>0,15; 0,12-0,15; 0,1-0,12; 0,08-0,1; 0,06-0,08), 17-**Sb** в $n \cdot 10^{-3}\%$ (>2; 1,6-2; 1,4-1,6; 1,2-1,4; 1-1,2).



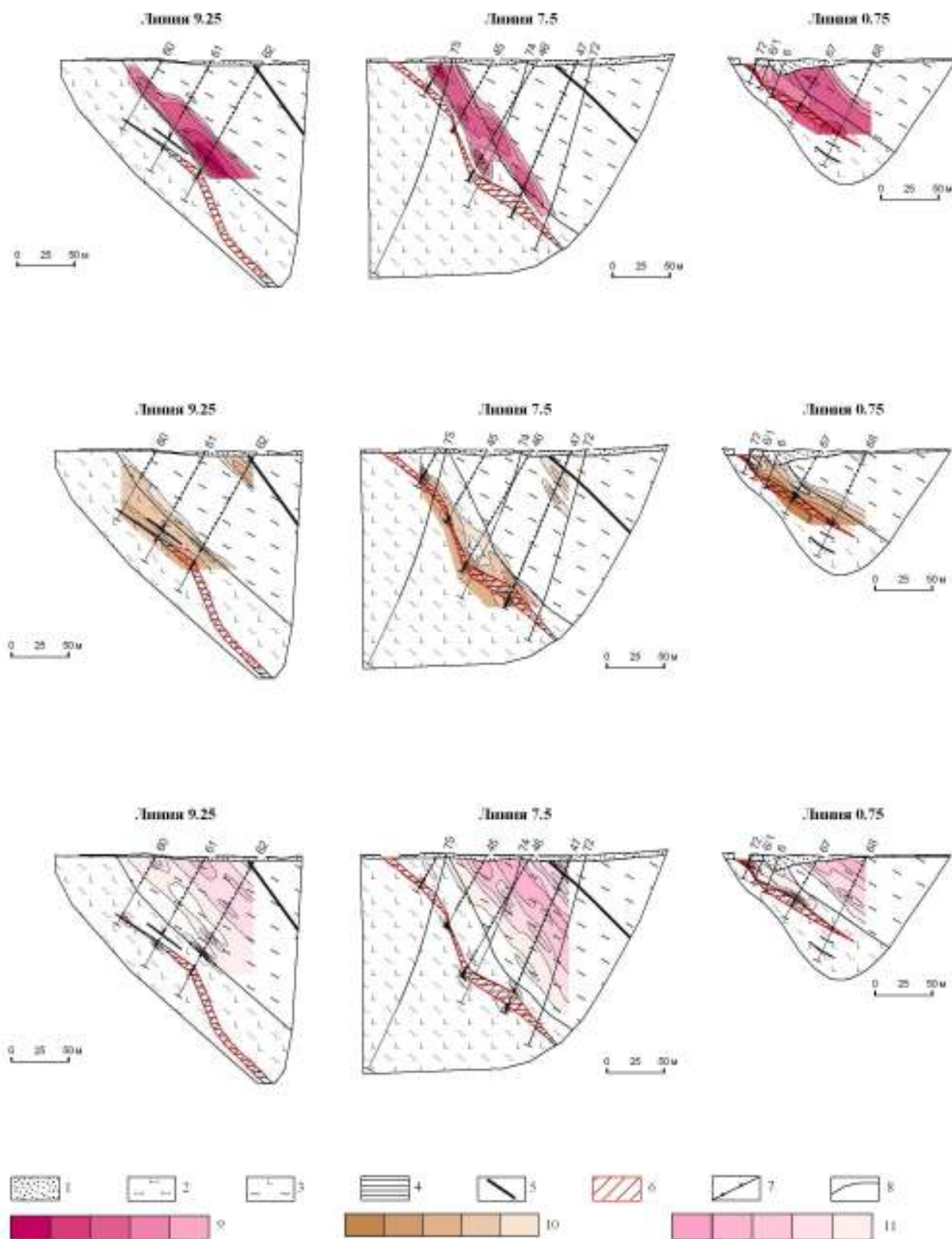
Прил. 17. Распределение мышьяка, молибдена (А) и вольфрама (Б) в первичных ореолах Герфедского рудного поля: 1-7 литологические разности пород: 1-рыхлые образования, 2-углеродистые сланцы, 3-глинистые сланцы, 4-филлиты, 5-метавулканыты, 6-чередование метавулканытов и филлитов, 7-чередование углеродистых сланцев и филлитов; 8 коры выветривания; 9-10 кварцевые жилы: 9-Магистральная, 10-Оперяющие; 11 золоторудные тела; 12 скважины и точки геохимического опробования; 13 изолинии содержаний элементов; 14-17 уровни концентраций элементов в $n \cdot 10^{-3}\%$: 14-**As** (>100; 50-100; 30-50; 20-30; 10-20), 15-**Mo** (>3; 2-3; 1,5-2; 1-1,5; 0,5-1), 16-**W** (>1; 0,8-1; 0,6-0,8; 0,5-0,6; 0,4-0,5).



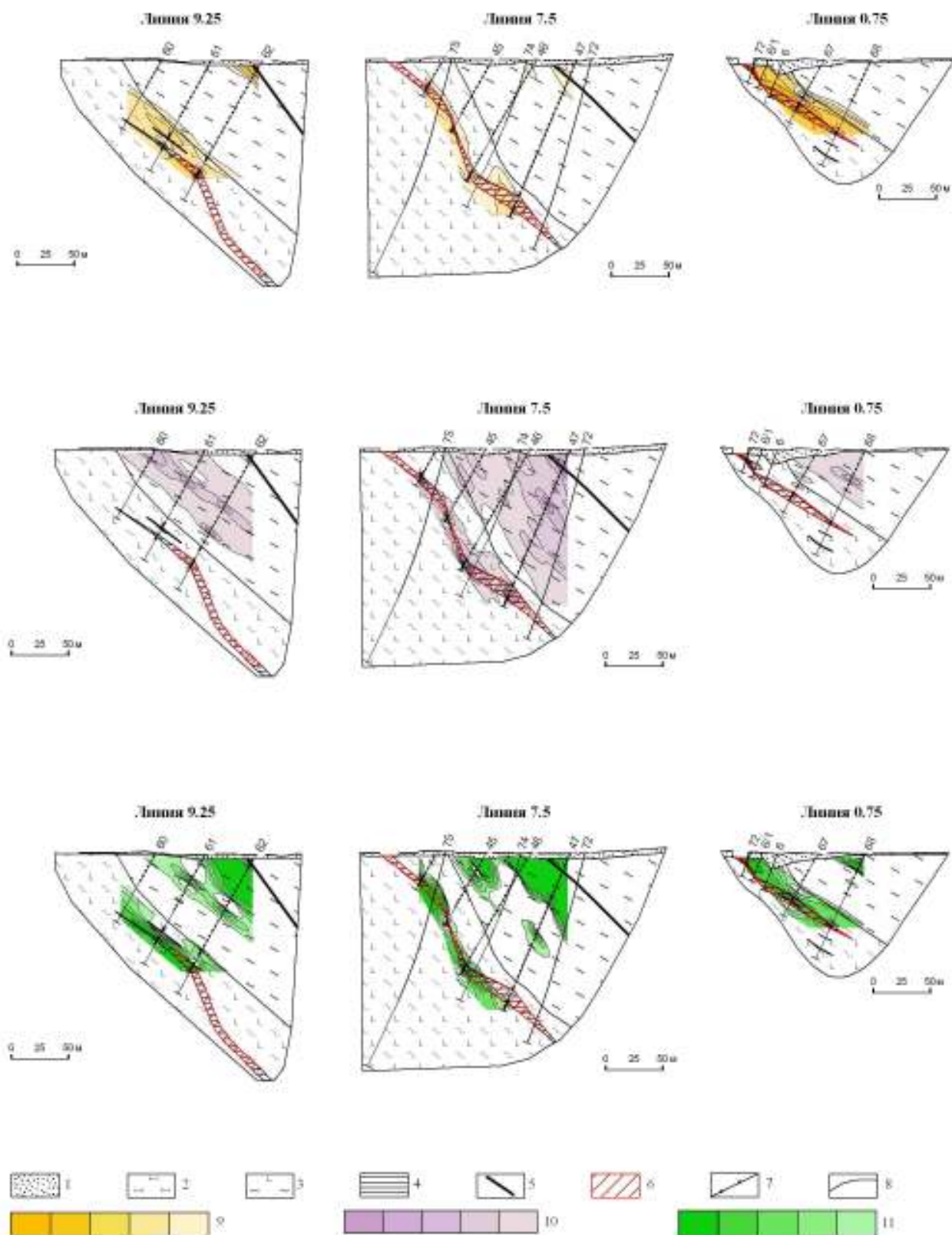
Прил. 18. Распределение бериллия и цинка (А), бария и свинца (Б) в первичных ореолах Герфедского рудного поля: 1-7 литологические разности пород: 1-рыхлые образования, 2-углеродистые сланцы, 3-глинистые сланцы, 4-филлиты, 5-метавулканыты, 6-чередование метавулканытов и филлитов, 7-чередование углеродистых сланцев и филлитов; 8 коры выветривания; 9-10 кварцевые жилы: 9-Магистральная, 10-Оперяющие; 11 золоторудные тела; 12 скважины и точки геохимического опробования; 13 изолинии содержаний элементов; 14-17 уровни концентраций элементов в $n \cdot 10^{-3}\%$: 14-**Be** (>0,6; 0,5-0,6; 0,4-0,5; 0,3-0,4; 0,2-0,4), 15-**Zn** (>130; 100-130; 70-100; 50-70; 30-50), 16-**Ba** (>100; 80-100; 60-80; 50-60; 40-50), 17-**Pb** (>15; 10-15; 5-10; 3-5; 2-3).



Прил. 19. Распределение бора, свинца, молибдена и цинка в первичных ореолах Николаевского месторождения: 1-3 литологические разности пород: 1-рыхлые образования, 2-углеродистые сланцы кординской свиты, 3-метавулканыты и филлиты пенченгинской свиты; 4 кварцевая жила Николаевская; 5 разлом; 6 золоторудные тела; 7 скважины и точки геохимического опробования; 8 изолинии содержаний элементов; 9-12 уровни концентраций элементов в $n \cdot 10^{-3}\%$: 9-**бора** (>8; 6-8; 5-6; 4-5; 3-4), 10-**свинца** (>10; 5-10; 4-5; 3-4; 2-3), 11-**молибдена** (>1,5; 1-1,5; 0,8-1; 0,6-0,8; 0,4-0,6), 12-**цинка** (>60; 50-60; 40-50; 30-40; 20-30).



Прил. 20. Распределение марганца, фосфора, титана в первичных ореолах Николаевского месторождения: 1-3 литологические разности пород: 1-рыхлые образования, 2-углеродистые сланцы кординской свиты, 3-метавулканыты и филлиты пенченгинской свиты; 4 кварцевая жила Николаевская; 5 разлом; 6 золоторудные тела; 7 скважины и точки геохимического опробования; 8 изолинии содержаний элементов; 9-12 уровни концентраций элементов в %: 9-**марганца** (>0,6; 0,5-0,6; 0,4-0,5; 0,35-0,4; 0,3-0,35), 10-**фосфрра** (>0,3; 0,2-0,3; 0,15-0,2; 0,12-0,15; 0,1-0,12), 11-**титана** (>1; 0,8-1; 0,7-0,8; 0,6-0,7; 0,5-0,6).



Прил. 21. Распределение марганца, фосфора, титана в первичных ореолах Николаевского месторождения: 1-3 литологические различия пород: 1-рыхлые образования, 2-углеродистые сланцы кординской свиты, 3-метавулканиды и филлиты пенченгинской свиты; 4 кварцевая жила Николаевская; 5 разлом; 6 золоторудные тела; 7 скважины и точки геохимического опробования; 8 изолинии содержаний элементов; 9-12 уровни концентраций элементов: 9-**серебра** в г/т (>0,4; 0,3-0,4; 0,2-0,3; 0,15-0,2; 0,1-0,15), 10-**хрома** в $n \cdot 10^{-3}\%$ (>22; 20-22; 18-20; 16-18; 14-16), 11-**меди** в $n \cdot 10^{-3}\%$ (>30; 25-30; 22-25; 20-22; 18-20).