

РУДЫ

И

МЕТАЛЛЫ



4/2000

ISSN 0869-5997



ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ТЕХНОЛОГИЯ И АППАРАТУРА РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ И РАДИОПРОСВЕЧИВАНИЯ "ГЕОЗОНД-РЧ"

Назначение:

изучение геологической среды с дневной поверхности, из одиночных горных выработок, между выработками и между выработкой и поверхностью.

Технология позволяет определять одновременно три электромагнитные характеристики изучаемой среды - удельное электросопротивление, диэлектрическую проницаемость и магнитную проницаемость.

Технические характеристики:

Диапазон частот, МГц	0,6-9,0
Мощность передатчика, Вт	1-6
Чувствительность приемника, мкВ	0,3-1
Диапазон измерений, дБ	> 80
Дальность действия, м	до 500
Глубина с поверхности, м	до 100

- энергопитание — батарейное и аккумуляторное
- тип антенн передатчика — электрические
- тип антенн приемника — электрические, магнитные

Геологические задачи.

Выявление и прослеживание по площади и в разрезе (на глубине) от 0-5 до 30-50 м и более: кварцевых жил и зон сульфидной минерализации; зон вторичного сульфидного обогащения; карстовых воронок, провалов и полостей;

зон тектонических разломов; определение мощности рыхлых отложений на устойчивых плотных породах; пльвунов, зон повышенной трещиноватости и обводненности, зон засоления; мониторинг зон оползневой и сейсмической опасности; картирование литологических разностей пород (глины, пески, галечники) и выделение в них границ фациальных неоднородностей с определением их мощностей; трассировка подземных коммуникаций (трубопроводы, электрокабели, тоннели, горные выработки и т.п.); мониторинг зон техногенного загрязнения, зон техногенного разрушения («выветривания») горных пород в их естественном залегании.

Технология радиоволнового гео зондирования.

Мобильная радиоволновая технология профилирования осуществляется зондированием среды без необходимости заземлений (контактная, ненарушающая) путем изменения расстояния между излучателем и приемником или путем изменения частоты излучаемого в геосреду высокочастотного радиополя. Технология обладает высоким разрешением по всем направлениям.

Аппаратура радиоволнового зондирования (Гео зонд) компьютеризована, с автономным питанием, переносная, общим весом не более 19 кг, обслуживается двумя техниками-операторами.

Результирующие данные предоставляются в виде геоэлектрических поглубинных разрезов при профильных съемках, карт и объемных томографических изображений при площадных съемках. Производительность (при выполнении линейного профилирования) — 300-500 метров за рабочий день в зависимости от требуемой детальности съемок.

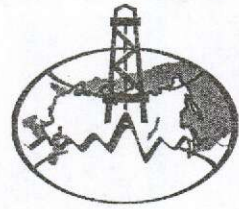
Вид реализации — инжиниринг.

R-13.14

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 315-43-29
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: tsnigri@pol.ru

© Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2000

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



4/2000

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф. МИГАЧЕВ

Б.И. БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э.К. БУРЕНКОВ
В.И. ВАГАНОВ
С.С. ВАРТАНЯН
В.И. ВОРОБЬЕВ
П.А. ИГНАТОВ
М.М. КОНСТАНТИНОВ
А.И. КРИВЦОВ, зам. главного редактора
Н.К. КУРБАНОВ
Г.А. МАШКОВЦЕВ
В.М. МИНАКОВ
Н.И. НАЗАРОВА, зам. главного редактора
Г.В. ОСТРОУМОВ
В.М. ПИТЕРСКИЙ
В.И. ПЯТНИЦКИЙ
Г.В. РУЧКИН
Ю.Г. САФОНОВ
Г.В. СЕДЕЛЬНИКОВА
В.И. СТАРОСТИН
И.А. ЧИЖОВА



УЧРЕДИТЕЛЬ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
(ЦНИГРИ)

Издается при участии
Международной академии минеральных ресурсов,
Фонда им. академика В.И.Смирнова

Москва ЦНИГРИ 2000

Сдано в набор 15.02.2000 г.
Подписано в печать 08.06.2000 г.
Тираж 370 экз.

Редакция: Н.И. Назарова, Г.В. Вавилова
Компьютерный набор, верстка и оригинал-макет: В.К. Комарова, Н.П. Кудрявцева

Формат 185×270 1/8
Бумага офсетная № 1
Печать офсетная

Адрес редакции: 113545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»

© «Руды и металлы», 2000

**Прикладная металлогения и
недропользование**

Ручкин Г.В., Конкин В.Д., Ганжа Л.М., Рыбаков С.И., Голубев А.И.
Геолого-поисковые модели золоторудных месторождений зеленокаменных поясов 5

Феоктистов В.П.
Прогнозная оценка восточной части Русской платформы на гидрогенное медное оруденение 15

Лихачев А.П.
Перспективные направления работ на никель, медь и платиноиды в Норильском районе и на прилегающих территориях 24

Голота В.В.
Критерии прогнозирования марганцевого оруденения 33

Строение рудных месторождений

Большаков Н.М., Газизов Р.Б., Вартанян С.С.
Геолого-структурная позиция и минералогическо-геохимические особенности золото-серебряного оруденения Тымлатского рудного узла, Камчатка 37

Акимов Г.Ю.
Литолого-структурный контроль золото-кварцевых руд месторождения Нагорное, Восточная Якутия 42

Азгирей Д.Г., Светлов С.А., Гурейкин Н.Я., Блинова Т.А., Анненкова Т.Е.
Связь золотого оруденения с plutоническим метаморфизмом в миогеосинклинальной области Южного Тянь-Шаня 47

Чекалин В.М.
Белорецкое месторождение скарново-магнетитовых руд, Горный Алтай 52

**Аппаратурно-технические средства
и технологии геологоразведочных работ**

Зинчук Н.Н., Бондаренко А.Т., Колесников Г.В., Стегницкий Ю.Б., Пыстин А.Б.
Взаимосвязи между петрохимическими и петроэлектрическими параметрами в продуктивных кимберлитах Центральной Якутии 69

**Applied Metallogeny and the
Subsurface Use**

Ruchkin G.V., Konkin V.D., Ganzha L.M., Rybakov S.I., Golubev A.I.
Geological prospecting models of gold deposits in the greenstone belts 5

Feoktistov V.P.
Forecast evaluation of the eastern part of the Russian platform for hydrogenous copper mineralisation 15

Likhachev A.P.
Prospective trends of the work for nickel, copper and PGM in the Noril'sk region and adjacent territories 24

Golota V.V.
Criteria of prospecting forecast of manganese mineralisation 33

Structure of Ore Deposits

Bolshakov N.M., Gazizov R.B., Vartanyan S.S.
Geological — structural setting and mineralogical-geochemical peculiarities of gold-silver mineralization within the Tymlansky ore node, Kamchatka 37

Akimov G.Yu.
Lithological-structural control of gold quartz mineralisation within the Nagornoe deposit, Eastern Yakutia 42

Azhgirey D.G., Svetlov S.A., Gureikin N.Ya., Blinova T.A., Annenkova T.E.
Relationship between gold mineralization and plutonic metamorphism in the miogeosynclinal area of the South Tien Shan 47

Chekalin V.M.
The Beloretskoe skarn magnetite deposit, Gorny Altai 52

**Equipment and Technologies for
Geological Prospecting**

Zinchuk N.N., Bondarenko A.T., Kolesnikov G.V., Stegnitsky Yu.B., Pystin A.B.
Interrelation between petrochemical and petroelectrical parameters of producing kimberlite in Central Yakutia 69

Новости, информация

Володин К.И., Янбуктин Т.К.
 Информационные ресурсы Internet по экономике
 минерального сырья и природопользования 73

Рецензии

Михайлов Б.М.
 Нужное издание 77

Поздравляем с юбилеем

Алексееву Л.М., Комарова М.А., Кочерова И.Н., 82
 Новожилову И.М.

News, Information

Volodin K.I., Yanbukhtin T.K.
 The INTERNET information resources on economics of
 mineral raw material and the nature use

Book reviews

Mikhailov B.M.
 Needed publication

Congratulations

Alexeeva L.M., Komarov M.A., Kocherov I.N.,
 Novozhilova I.M.



ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ

Г.В.Ручкин, В.Д.Конкин, Л.М.Ганжа (ЦНИГРИ МПР России), С.И.Рыбаков, А.И.Голубев (ИГ КНЦ РАН)

Золоторудные месторождения зеленокаменных поясов по обстановкам нахождения и формирования разнообразны и имеют устойчивые ассоциации с конкретными рудоносными литофациальными комплексами формаций. Структурно-формационные и литолого-фациальные особенности таких ассоциаций определяют соответствующие типы золоторудных месторождений и возможный диапазон запасов металла в объектах каждого типа. Выделено шесть рудно-формационных типов золоторудных месторождений зеленокаменных поясов, названных по наиболее характерным региональным генотипам месторождений, и приводится их краткая характеристика.

Высокопродуктивные на различные рудно-формационные типы месторождений золота структуры зеленокаменных поясов известны на древних щитах Австралийского, Северо- и Южно-Американского, Африканского континентов. В последние годы к перспективным отнесены также зеленокаменные пояса Балтийского щита.

В строении зеленокаменных поясов, вмещающих золоторудные месторождения, участвуют вулканогенные и вулканогенно-осадочные формации. Среди них выделяются следующие основные стратифицированные формации: вулканогенно-осадочная, коматиит-базальтовая, джеспилит-базальтовая, риолит-дацит-андезит-базальтовая, дацит-базальтовая и вулканогенно-осадочная, образующие типовой вертикальный ряд формаций. Однако такой ряд не является строго фиксированным для всех поясов щитов. Отдельные формации могут выпадать из ряда, находиться в различных латерально-вертикальных соотношениях, а в стратиграфическом разрезе некоторых поясов типовой ряд повторяется. В частности, для зеленокаменных поясов Карелии характерно чередование пачек вулкаников коматиит-базальтового, андезитового и риолит-дацитового составов, осадочных и вулканогенно-осадочных толщ, которые повторяются в разрезе,

по меньшей мере, дважды [3, 4, 6]. Стратифицированные вулканогенные образования включают большое количество субвулканических и дайковых тел, сопровождающих соответствующие вулканогенные формации поясов. В пределах поясов развиты многочисленные поствулканические малые интрузивы, штоки и дайки гранитоидов калиево-натриевой серии (диоритов, гранодиоритов, тоналитов, кварцевых и кварц-полевошпатовых порфиров, монцонитов и субщелочных сиенитов), объединяемых нами в гранодиорит-диорит-сиенитовую формацию, имеющую важное значение в размещении золотого оруденения.

Золоторудные месторождения зеленокаменных поясов по обстановкам нахождения и формирования разнообразны [1—4, 6, 10, 12] и имеют устойчивые ассоциации с конкретными рудоносными литофациальными комплексами формаций. Структурно-формационные и литолого-фациальные особенности таких ассоциаций определяют соответствующие типы месторождений и, что немаловажно, возможный масштаб запасов металла в объектах каждого типа. Это положение, вытекающее из анализа литературных источников и опыта работ по изучению золоторудных месторождений и проявлений, позволяет выделить шесть рудно-формационных типов

золоторудных месторождений зеленокаменных поясов [7, 8, 11]:

золото-карбонатно-силикатный прожилково-вкрапленный и стратиформный в вулканогенных породах коматиит-базальтовой формации (тип Шеба);

золото-джеспилитовый линзообразный и прожилково-вкрапленный в горизонтах железистых кварцитов джеспилит-базальтовой формации (тип Вубачикве);

золото-сульфидный стратиформный в вулканогенно-осадочных толщах риолит-дацит-андезит-базальтовой и дацит-базальтовой формаций (тип Хемло);

золото-сульфидно-кварцевый и золото-кварцевый жильный и штокверковый в различных вмещающих породах риолит-дацит-андезит-базальтовой и базальт-коматиитовой формаций (тип Поркьюпайн);

золото-кварцевый малосульфидный жильный и прожилково-вкрапленный в малых интрузивах гранодиорит-диорит-сиенитовой формации (тип Керкленд-Лейк);

золото-порфиновый зон прожилково-вкрапленной минерализации, связанных с дайками фельзитовых порфиров (тип Лак Труалю).

Кроме собственно золоторудных, в архейских зеленокаменных поясах известны золотосодержащие медноколчеданные месторождения, некоторые из которых по количеству добытого золота можно отнести к крупным золоторудным объектам. В частности, на медноколчеданном месторождении Хорн (Канада) добыто около 300 т металла со средним содержанием золота 5,8 г/т. Возможно, что такие месторождения по условиям залегания рудных тел представляют собой переходный тип от золотосодержащих медноколчеданных к стратиформным золото-сульфидным типа Хемло (Буске, Буске-2, Думагами и др. в Канаде).

Месторождения золото-карбонатно-силикатного прожилково-вкрапленного и стратиформного типа в вулканогенных породах коматиит-базальтовой формации. Месторождения данного типа по обстановкам нахождения подразделяются на два подтипа: в туфогенных фациях; в потоковых и субвулканических фациях коматиит-базальтовой формации.

Первый подтип объединяет ряд месторождений стратиформного облика, рудные тела которых представлены рассеянной сульфидной (пиритовой, пирротиновой, арсенопиритовой) вкрапленностью в вулканогенно-осадочных и туфогенных горизонтах, располагающихся, как правило, в верхних

частях разреза коматиит-базальтовой формации. Вулканогенно-осадочные и туфогенные горизонты фиксируют здесь, очевидно, зоны переходов от базальт-коматиитовой разреза к разрезу, сложенному породами непрерывных или контрастных формаций. В их строении участвуют также маломощные сульфидные слои, несущие золотое оруденение, туфы основного и кислого составов, графитсодержащие и кремнистые сланцы, кварциты, в том числе магнетитовые, а также карбонатные породы.

На месторождении Шеба золотая минерализация приурочена главным образом к фуксит-карбонатным и серицит-карбонатным сланцам, в меньшей степени развита в кремнистых породах, хотя в последних обнаруживаются наиболее высокие концентрации золота. В кремнистых породах рудная минерализация тяготеет к разноориентированным трещинам, а в карбонатсодержащих сланцах проявлена в форме зон сульфидных импреньций.

Рудные тела представлены небольшими линзами параллельно-слоистого строения с чередованием отдельных маломощных сульфидных слоев, несущих золотое оруденение, и безрудных. Типовыми примерами служат тела месторождений Шеба, Файвью и Нью-Консорт пояса Барбертон в ЮАР, Телбел и Шиминис в Канаде. На некоторых месторождениях (Телбел, рудное поле Агнико-Игл) золотое оруденение сосредоточено в нескольких пирит-сидеритовых горизонтах мощностью до 3 м с содержаниями пирита 20—60%. Содержание золота в рудах месторождения типа Шеба невелико — в среднем около 6 г/т. Протяженность известных рудных тел 10—80 м, мощность 1—10 м.

Объекты второго подтипа (Гайка в зеленокаменном поясе Мидленд, Консолигед-Мурчисон пояса Мурчисон в ЮАР и др.) также занимают конформное положение по отношению к вмещающим их коматиитам, но иногда рудные тела маркируются зонами интенсивного рассланцевания. Рудные тела представлены минерализованными зонами, нередко в сочетании с жильными телами. Оруденение сопровождается интенсивной метасоматической переработкой пород, среди которой преобладает карбонатизация. Ассоциирующие с рудой породы превращены в тальк-карбонатные, тальковые, кварц-карбонатные сланцы, последние из которых наиболее часто вмещают золотое оруденение. Самородное золото тесно ассоциирует с арсенопиритом. Рудные тела в совокупности образуют цепочки, контролирующиеся

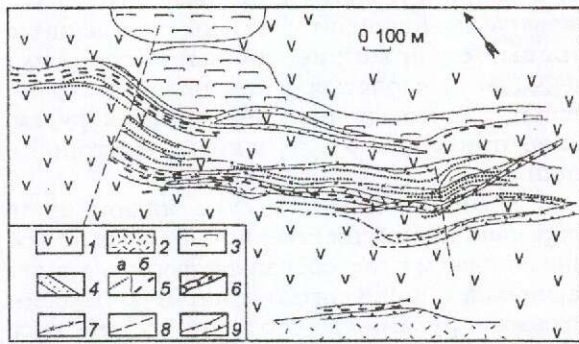


Рис. 1. Геологическая схема месторождения золото-рудного поля Балка Широкая:

метавулканические породы: 1 — основные, 2 — кислые, 3 — ультраосновные; 4 — вулканогенно-осадочные породы (нерасчлененные); 5 — горизонты железистых кварцитов (а — окисные фации, б — сульфидные и карбонатные фации); 6 — диориты; 7 — дайковые тела риолитов (вне масштаба); 8 — разломы; 9 — золотоносные рудные зоны

горизонтами коматиитов. Стратиграфически золотое оруденение локализуется во внутренних (средних) частях коматиитовых толщ.

Месторождения золото-джеспилитового линзовидного и прожилково-вкрапленного типа в горизонтах железистых кварцитов джеспилит-базальтовой формации. Рудные поля месторождений этого типа соответствуют участкам развития пород джеспилит-базальтовой формации, а в ее пределах тесно ассоциируют с горизонтами железисто-кремнистых пород. Рудовмещающие толщи, как установлено на месторождении Балка Широкая (Украина), имеют гетерогенное строение и фациально изменчивы по простиранию, что выражается, в первую очередь, в неравномерном распределении пластов и горизонтов железистых кварцитов, а также средних и кислых туфогенных пород [1]. Рудные тела тяготеют преимущественно к сульфидным и карбонатным фациям железистых кварцитов и представлены стратиформными, пласто- и линзовидными залежами прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд, жильными зонами и системами золото-кварцевых и золото-сульфидно-кварцевых прожилков, подчиняющимися разрывным нарушениям, а также комбинацией стратиформных залежей с жильными образованиями (рис. 1). Рудовмещающая толща месторождения интенсивно лиственитизирована и березитизирована.

Месторождения известны практически во всех раннедокембрийских провинциях, играют существенную роль в мировой добыче золота и перспективны для многих

слабоизученных районов. Рудовмещающие железистые кварциты характеризуются повышенным фоновым содержанием золота, в 5—100 раз превышающим его концентрацию в вулканогенных породах (в ряде случаев отрабатываются в качестве бедных руд). В среднем продуктивность железистых кварцитов (на единицу объема разреза поясов) в 4 раза выше, чем в вулканогенных породах и в 30 раз, чем в осадочных. Форма рудных тел пласто-, линзовидная, реже неправильная и в виде зон прожилково-вкрапленной минерализации. Размеры рудных тел определяются параметрами вмещающих пластов железистых кварцитов продуктивных литофаций. Их мощность варьирует обычно от дециметров до первых метров, по простиранию они просле-

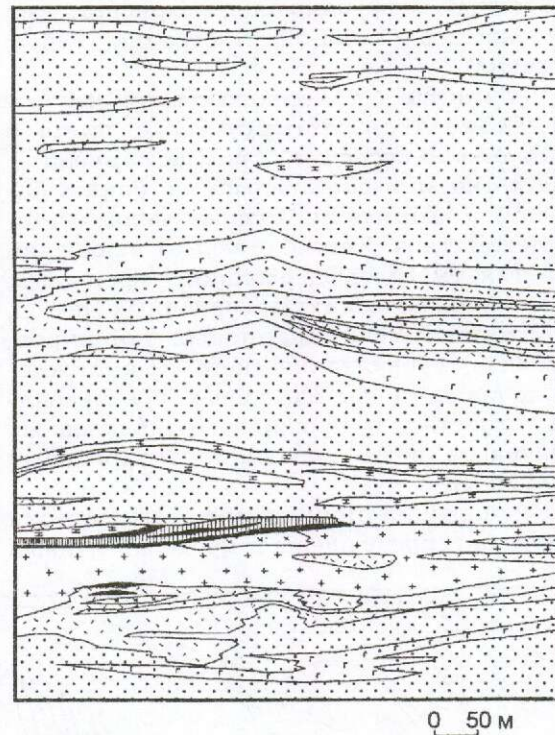


Рис. 2. Продольный разрез рудника Гольден Джиан (месторождение Хемло, по [5, 9]):

1 — осадочные породы; 2 — известковистые осадки; 3 — базальты; 4 — базальтовые агломераты и туфы; 5 — кислые туфы; 6 — кислые туфы с вкрапленностью пирита; 7 — кварц-полевошпатовые порфиры или кислые туфы; 8 — кварцевые порфиры; 9 — золотоносная рудная зона; 10 — золоторудные залежи

живаются на десятки и сотни метров при глубине отработки на некоторых рудниках до 3000 м.

Наиболее известные месторождения с запасами золота в десятки тонн находятся в Австралии (Хилл-50, Уэстрелия, Копперхед), Канаде (Сентрал-Патрисия, Пикл-Кроу), Бразилии (Морро Вельо, Рапозоз), Танзании (Гейта). Содержание золота в рудах составляет 5—20 г/т, достигая на некоторых рудниках 150—200 г/т.

Среди золоторудных месторождений рассматриваемого типа по строению рудных тел выделяются три подтипа: зоны и залежи прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации (Лупин, Канада); зоны кварцевых прожилков и отдельные кварцевые жилы (Сентрал-Патрисия, Канада; Гладиятор, Австралия); сочетание прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации, кварцевых жил и прожилков (Хилл-50, Австралия; Гейта, Танзания).

Рудные поля и месторождения золото-сульфидного стратиформного типа в вулканогенно-осадочных толщах риолит-дацит-андезит-базальтовой и дацит-базальтовой формаций. Рудные поля месторождений типа Хемло отвечают площадям развития сульфидсодержащих туфогенных, вулканокластических и осадочных пород, содержащих тела кварцевых порфиров, возможно, субвулканического происхождения, а также линзы массивных, брекчиевидных, слоистых и прожилково-вкрапленных пиритовых, реже халькопирит-пиритовых руд (рис. 2).

Вмещающие породы метасоматически изменены и превращены в пределах рудных

зон в кварц-мусковит-пиритовые, мусковит-гранатовые, андалузитовые и другие сланцы и породы, содержащие линзы массивных, брекчиевых, слоистых и прожилково-вкрапленных пиритовых руд, аналогичных рудам медно-цинковых колчеданных месторождений.

Золотое оруденение стратиформное и заключено преимущественно в рудных телах линзовидной и пластообразной формы, совмещающихся с пиритовыми и пирит-халькопиритовыми рудами. В строении рудных тел иногда участвуют кварц-баритовые руды, которые могут встречаться в виде линз за пределами зон развития золотого оруденения. Мощность золотоносных зон 3—45 м, протяженность сотни метров. Золото тонкое, свободное, приуроченное к границам зерен кварца, или тонкодисперсное в пирите.

Месторождения золота этого промышленного типа являются крупнейшими открытиями последних десятилетий. На рудниках Голден-Джиаант, Тек-Корана, Интернешенел Корона (месторождение Хемло, Канада) подсчитанные запасы составляют более 500 т Au при содержаниях 6—12 г/т. Другие месторождения данного типа в пределах Канадского (Буске-1 и 2, Дайон и др.) и Западно-Австралийского (Биг-Белл) щитов по запасам металла относятся к крупным и средним.

Месторождения золото-сульфидно-кварцевого и золото-кварцевого жильного и штокверкового типов в различных рудовмещающих породах риолит-дацит-андезит-базальтовой и базальт-коматиитовой формаций. Рудные поля фиксируются по выходам дайкообразных тел, штоков и малых

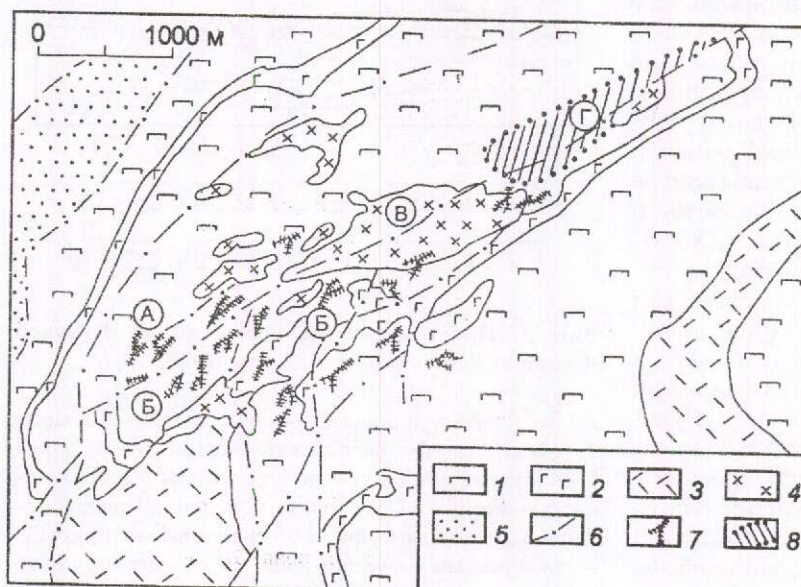


Рис. 3. Геологическая схема золоторудного поля Поркюпайн, по [5]:

1 — андезиты, коматиитовые базальты и их туфобрекчии; 2 — диабазы, базальты; 3 — агломераты и туфобрекчии фельзитов и риолитов; 4 — субвулканические кварц-полевошпатовые порфиры; 5 — конгломераты, песчаники, алевролитовые сланцы; 6 — разломы; 7 — золотоносные жилы и прожилковые зоны; 8 — поле развития «слепых» золоторудных тел; месторождения: А — Монета, Б — Холлинджер, В — Мак-Интайр, Г — Кониорэм

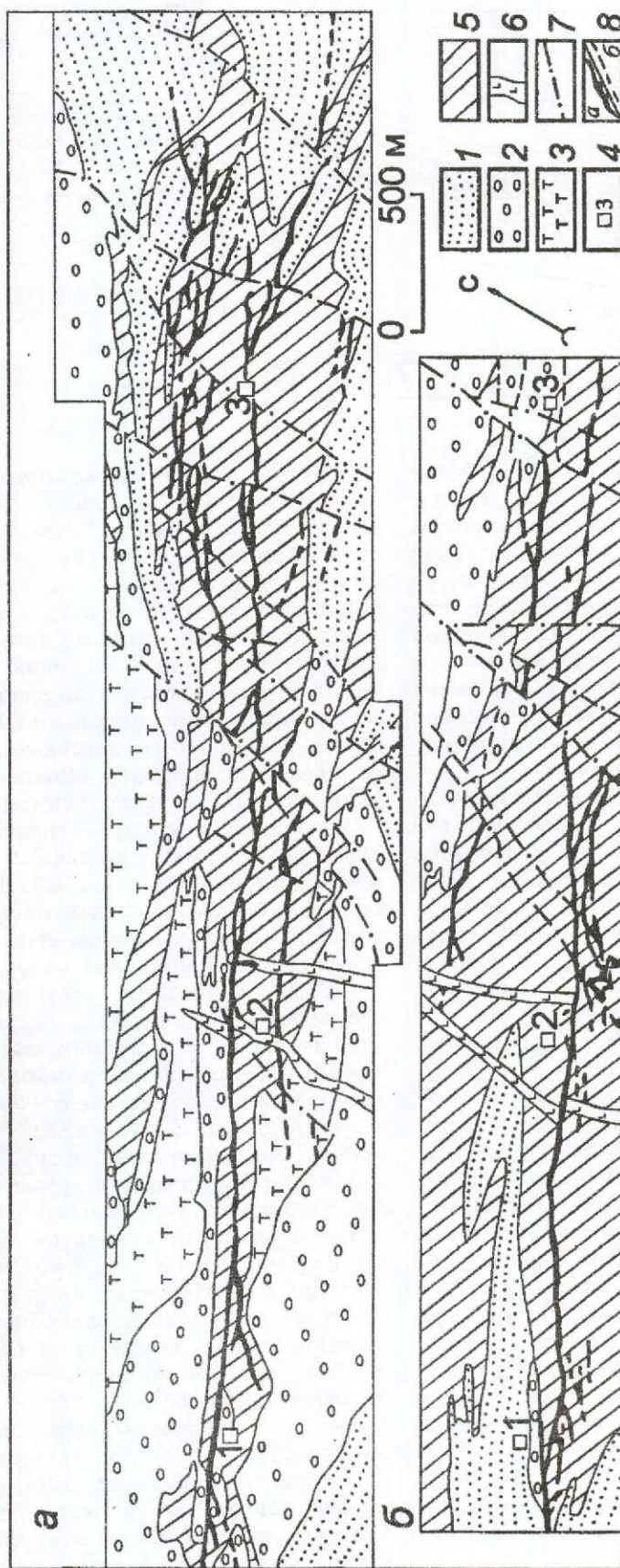


Рис. 4. Геологическая схема поверхности (а) и горизонта 915 м (б) месторождения Керкленд-Лейк, по [5]:

1 — песчаники; 2 — конгломераты; 3 — туфы, преимущественно андезитов; 4 — туфы, габбро-порфириты; 5 — габбро, габбро-порфириты; 6 — послерудные дайки диабазов; 7 — разрывы; 8 — золоторудные сульфидно-кварцевые жилы (а — прослеженные, б — с бедными рудами и предполагаемые)

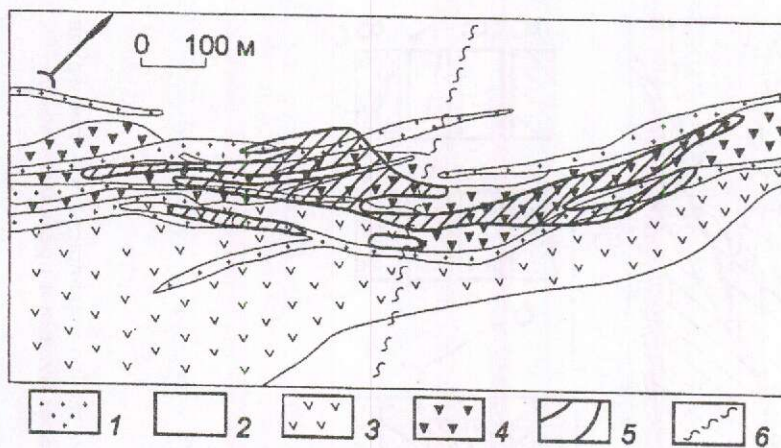


Рис. 5. Геологическое строение месторождения Лак Труало, по [9]:

1 — фельзитовые дайки; 2 — андезиты; 3 — базальты; 4 — псевдобрекчии; 5 — зона минерализации; 6 — разрывные нарушения

интрузий кварц-полевошпатовых, альбитовых и альбит-кварцевых порфиров, жерловых, экструзивных и субвулканических фаций размером от нескольких десятков метров до первых километров. Имеющиеся данные позволяют предположить, что кустовое распределение субвулканических тел, а также особенности размещения агломератовых туфов и вулканических брекчий на рудных полях некоторых месторождений определяют положение древних вулканических центров кислого состава.

Золотое оруденение представлено сменяющимися друг друга по простиранию рудными телами, положение которых контролируется системой сближенных зон рассланцевания, а также благоприятным составом вмещающих пород (тела вулканических брекчий, стратиграфические контакты пород, отдельные штоки кислых, основных и коматиитовых пород, межпотоковые горизонты и др.) [5]. Ширина рудоносных зон может достигать 1000 м.

По данным Е.М.Некрасова [5], основное значение на месторождениях имеют зоны линейно вытянутых прожилковых сульфидно-кварцевых и сульфидно-карбонатно-кварцевых руд в сочетании с маломощными жилами такого же состава и зоны прожилково-вкрапленных руд. Маломощные сульфидно-карбонат-кварцевые жилы развиты непосредственно в телах кварц-полевошпатовых порфиров. Наиболее насыщены рудными телами участки рудных зон между порфировыми телами (рис. 3).

К месторождениям рассматриваемого типа относятся Холлинджер (600 т Au), Мак-Интайр (320 т), Мадсен Ред-Лейк (60 т), Принсесе-Ройал (31 т) в Австралии и др. Содержания золота на месторождениях этого типа от 4 до 10 г/т и более.

Месторождения золото-кварцевого малосульфидного жильного и прожилково-вкрапленного типов в малых интрузивах гранодиорит-диорит-сиенитовой формации. Месторождения типа Керкленд-Лейк локализованы в небольших интрузивных телах (штоках и дайках) или в зонах их экзоконтактов (рис. 4). Размеры интрузивных массивов изменяются в широком диапазоне, но, как правило, не превышают 10 км². Состав пород, слагающих рудоносные интрузивные комплексы, варьирует в широких пределах в ряду: граниты — гранодиориты — тоналиты — кварцевые диориты — сиениты — монцититы. Среди месторождений рассматриваемого типа, по данным Е.М.Некрасова [5], выделяются два основных морфологических подтипа: жилы и жильные зоны; зоны прожилково-вкрапленной минерализации.

Жилы и жильные зоны приурочены к разрывным нарушениям, часто сопровождаемым зонами дробления. Месторождения представлены главным образом золото-кварцевым (Керкленд-Лейк, Ламак, Сигма, Хоувей-Хасага, Канада; Боннивейл, Майн-Лайн, Австралия), в меньшей степени золото-сульфидно-кварцевым (Кукайни, Австралия) минеральными типами и по запасам металла относятся к средним и крупным. Жилы по простиранию на некоторых месторождениях расщепляются и переходят в системы прожилков и штокверки. Размеры рудных тел по падению 800—2000 м и более, по простиранию несколько сотен метров при мощности не более 5—10 м. Жилы сложены в основном кварцем, в количестве до 5% присутствуют рудные минералы, главные из которых — пирит, пирротин, халькопирит, галенит, иногда гематит, молибденит, шеелит. Характерно наличие теллуридов золота, свинца и висмута. Золото преимущественно

Основные обстановки нахождения рудных полей и месторождений золота различных формационных типов в зеленокаменных поясах

Рудоконтролирующие элементы-признаки	Рудно-формационные типы золоторудных полей и месторождений				
	Шеба	Вубачкве	Хемло	Поркьюгайн	Керкленд-Лейк
	<i>Формационно-фицциальные</i>				
Рудовмещающие формации	Коматитит-базальтовая	Джеспилитит-базальтовая	Риолит-дацит-андезито-базальтовая или дацит-базальтовая	Гранодиорит-диорит-граносиенитовая	
Рудовмещающие фации рудного поля	Субвулканические, пологовые и туфогенные фации коматититового состава	Фации железистых кварцитов в переслаивании с карбонатными, сульфидными и углеродсодержащими фациями	Удаленные фации толеитовых туфов и туфифитов кислого и среднего составов	Лавовые и туфогенные фации кислого и среднего составов построек центрального типа	Комплекс малых интрузий гранитов, гранодиоритов, кварцевых порфиров, монзонитов
Рудовмещающие золоторудные тел	Сульфидизированные тальковые и карбонатно-тальковые и кремнистые породы	Горизонты железистых кварцитов, пласты и линзы сульфидных и карбонатных горизонтов	Дайковые тела кварцевых порфиров	Вулканические брекчии и потоки лав кислого состава вблизи центров вулканизма	Дайковые тела фельзитов, брекчии риолитов
<i>Метасоматические</i>					
Площадные	Листвениты (талкиты+хлоритит+серцит+карбонат)	Березиты и березитоподобные образования, листвениты			Пропилиты
Околорудные	Кварцит+сульфидит+карбонат+фуксит	Кварцит+сульфидит+карбонат+хлорит+биотит+турмалин			Зоны перехода от калиевых к натриевым метасоматитам
Структурные	Послойные и кососланцевания на участках флексуриобразных изгибов	Зоны тектонического расланцевания в замковых частях складок			Зоны расланцевания и брекчирования эндоконтактовых частей дайковых тел фельзитов

Рудно-формационные типы золоторудных полей и месторождений						
Рудоконтролирующие элементы-признаки	Шеба	Вубачикве	Хемло	Порьюлопайн	Керкленд-Лейк	Лак-Труало
Геологические: первичные и вторичные ореолы	Au, Ag, Sb, Cu, Ni, As, Pb, Zn	Au, Cu, Ag, As, Pb, Zn, Sb	Au, Ag, Cu, Mo, Zn, Pb, As, редко Hg и Te	Au, Ag, Cu, Zn, Pb, As, Sb, Te	Au, Ag, Cu, As, Mo, W, Pb, Zn, Sb	Не изучен
Шлакоммералогические	Пирит, пирротин, антимонит, арсенипирит, галенит, сфалерит, халькопирит, тетраэдрит, аргентит, теллуриды, самородное золото и др.	Пирит, пирротин, арсенипирит, магнетиты, знаки самородного золота, се-ребра	Пирит, пирротин, сфалерит, арсенипирит, молибденит, самородное золото, барит, теллуриды	Теллуриды, пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, молибденит, магнетит	Самородное золото, золотоносный пирит, турмалин, шеелит, молибденит, арсенипирит, сфалерит, барит, антимонит, гематит	Золотосодержащие пирит, пирротин, халькопирит
Примеры типичных месторождений	ЮАР — Шеба, Файвю, Нью-Консорт, Мурчинсон; Зимбабве — Гайка; Канада — Телбел, Шиминис	Австралия — Хилл-50, Коперхед; Канада — Агнико-Игл, Сентрал-Патрисия; Бразилия — Морро-Велью, Ралозос; Танзания — Гейта, Вубачикве; Угандина — Балка Ши-рокая	Канада — Буске, Дойон, Хемло; Австралия — Биг-Белл	Канада — Холлинджер, Мадсен, Ред-Лейк; Австралия — Марроу-Кроун; Зимбабве — Глоб-Феникс	Канада — Керкленд-Лейк, Ламак, Сигма, Малартик, Камфло; Австралия — Боннивейл, Майн-Лайн, Кукайни	Канада — Лак Труало, Северный Лейк

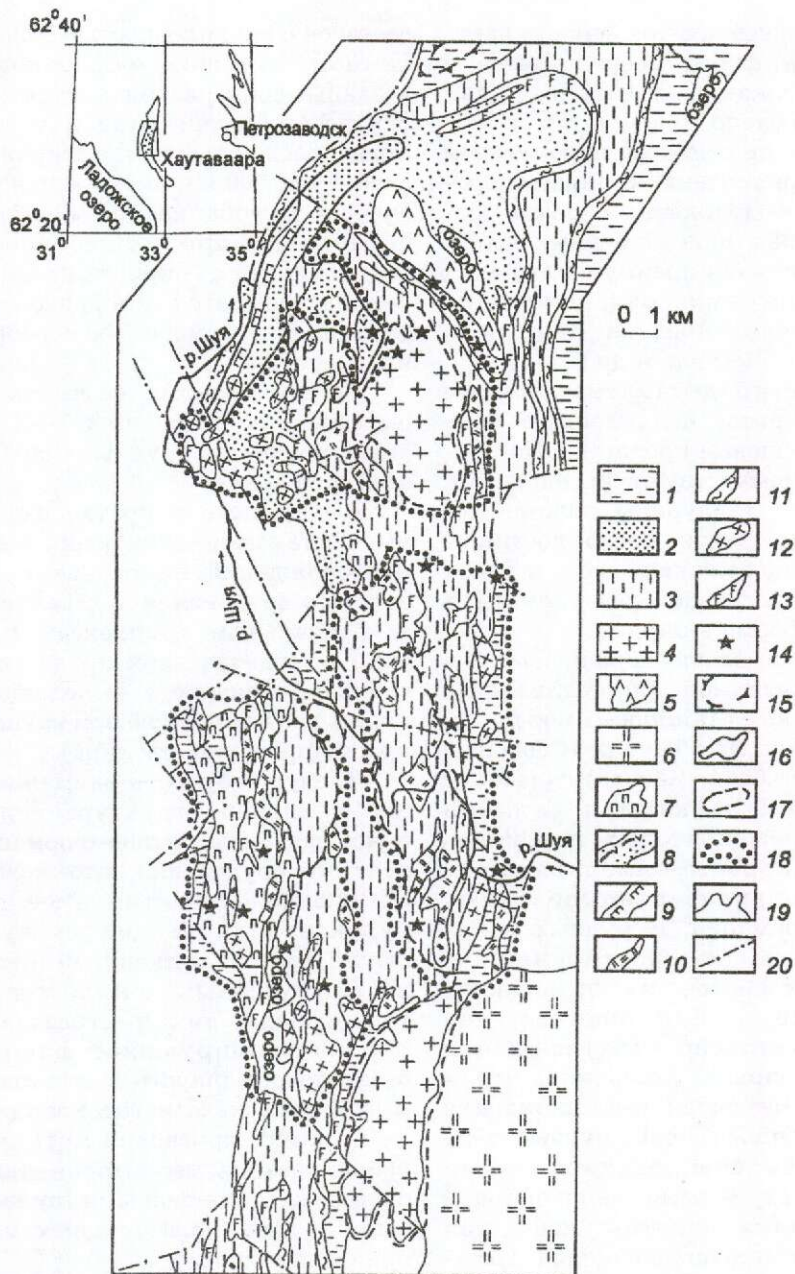


Рис. 6. Схема районирования центральной части Хаутаваарского зеленокаменного пояса по обстановкам формирования золотого оруденения, составлена по материалам Карельской ПСЭ ПГО «Севзапгеология» (А.Ф.Горошко, В.В.Сиваева, Н.И.Козлова и др.) и авторов:

рудоносные и потенциально рудоносные формации: 1 — дацит-андезит-базальтовая, 2 — коматиит-базальтовая, 3 — андезит-дацит-риолитовая, 4 — монцодиорит-гранодиорит-гранитная; формации с неясной продуктивностью: 5 — базальтовая, 6 — гранитов рапакиви, 7 — габбро-норит-гипербазитовая; потенциальные рудоносные фации: 8 — джеспилит-базальтовые, 9 — лавовые коматиит-базальтовой формации, 10 — субвулканические нерасчлененные риолитового, риолит-дацитового, дацитового и андезит-дацитового составов, 11 — углеродсодержащие терригенно- и туфогенно-терригенные, 12 — малых интрузий диорит-гранодиоритового состава; 13 — силлово-дайковые тела габбро-диабазов и габбро; 14 — основные пункты золотой минерализации; 15 — контуры предполагаемых и установленных палеовулканических сооружений; контуры площадей, перспективных на выявление месторождений: 16 — типа Керкленд-Лейк, 17 — типов Вубачикве и Шеба, 18 — типов Керкленд-Лейк и Поркьюпай; 19 — геологические границы; 20 — разрывные нарушения

самородное мелкое, незначительная его часть в тонкодисперсной форме сосредоточена в сульфидлах. Содержание золота в рудах невысокое, обычно около 10 г/т.

Вкрапленная и прожилково-вкрапленная минерализация приурочена к узлам пересечения, изгибам и сближенным зонам разрывных нарушений в виде линейных штокверков и зон и относится преимущественно к золото-сульфидному минеральному типу (месторождения пояса Абитибии Канадского щита — Малартик, Кемфло и др.).

Рудные тела представлены зонами вкрапленности пирита, подчиненную роль играют тонкие кварцевые прожилки. Из рудных минералов присутствуют арсенопирит, сфалерит, галенит, теллуриды золота. Количество пирита в рудах редко достигает 10—20%. Среднее содержание золота в рудах около 6 г/т. Золото в основном сосредоточено в тонкодисперсной форме в пирите.

Месторождения золото-порфировых зон прожилково-вкрапленной минерализации, связанных с дайками фельзитовых порфиров. Месторождения типа Лак Труалу (Северный Лак Труалу, Мосс-Лейк, Канада) связаны с разновозрастными дайками и силлами фельзитов и полевошпатовых порфиров, прорывающих разрезы бимодальных и последовательно дифференцированных вулканогенных формаций. В рудных полях дайки прослежены по простиранию на расстояние до 2 км и более, имеют мощность от первых до 20 м. Как правило, они ориентированы согласно стратификации вулканогенного разреза. Возможно, что к этому же типу относятся месторождения Сигма, Каяфло, Индиан-Лейк, рудные тела которых представлены штокверковыми зонами или изометричными неправильной формы скоплениями золото-сульфидной минерализации, сопровождающейся калишпатизацией и серицитизацией в штоках гранитоидных пород.

На месторождении Лак Труалу (рис. 5) дайки совпадают с телами псевдобрекчий — гидротермально измененных брекчированных перемещенных андезитовых и базальтовых лапиллиевых туфов, располагающихся на контакте этих толщ. В приконтактной части сами дайки также подвергаются брекчированию. Размер обломков псевдобрекчий 1—10 см, их мощность изменяется от 10 до 100 м [9].

Золото-полисульфидное (главным образом золото-медное) оруденение образует серию ветвящихся и сливающихся друг с другом минерализованных зон биотит-хлорит-кварцевого и серицит-альбит-кварцевого

составов с вкрапленностью, тонкими прожилками и слоями сульфидов. Минерализованные зоны располагаются как в пределах тел псевдобрекчий, так и в самих дайках. Зоны прослежены по простиранию до 1 км, на глубину до 500 м и имеют мощность 10—100 м. Рудная минерализация (2—7% сульфидов) образована преимущественно пиритом, халькопиритом, пирротином и сфалеритом, реже встречаются самородное золото, электрум, галенит, самородное серебро, теллуриды и висмутиды.

Среднее содержание золота на рассматриваемых месторождениях 1—2 г/т. Преобладают мелкие и крупные (до 90 т металла) месторождения.

Выделенные и кратко охарактеризованные обстановки нахождения и формирования месторождений на основе приуроченности золотого оруденения к характерным литолого-фациальным комплексам пород, независимо от генетических представлений, имеют ведущее значение в выделении рудоносных площадей, в том числе при крупномасштабном прогнозировании (таблица).

Следует обратить внимание на совмещение в единой структуре зеленокаменного пояса различных рудно-формационных типов золотого оруденения, что можно объяснить спецификой развития в ее пределах как рудоконтролирующих субвулканических фаций кислого вулканизма и комагматичных им интрузивных комплексов гранодиоритового ряда, так и стратифицированных рудоконтролирующих фаций коматит-базальтового, риолит-базальтового вулканизма и фаций железистых кварцитов.

Пример прогнозно-металлогенического районирования территории зеленокаменных поясов с совмещенными рудно-формационными типами золоторудных месторождений приведен на рис. 6.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ «Карелия» № 98-05-03543.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балка Широкая — золоторудное месторождение джеспилитового типа / Г.В. Ручкин, В.Н. Петько, Л.М. Ганжа и др. // Отечественная геология. 1993. № 10. С. 11—16.
2. Дерюгин Ю.Н., Ручкин Г.В. Методические рекомендации по прогнозированию и поискам месторождений золота в раннедокембрийских зеленокаменных поясах. — М.: ЦНИГРИ, 1988.
3. Кожевников В.Н., Голубев А.И., Рыбаков С.И. О факторах контроля золотометального оруденения в раннем докембрии и типизации перспективных обстановок в Карелии // Проблема золотонности

- и алмазности севера европейской части России. Петрозаводск, 1997. С. 8—17.
4. *Металлогения Карелии* / С.И. Рыбаков, В.И. Голубев, В.Д. Слюсарев и др. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999.
 5. *Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. — М.: Недра, 1988.
 6. *Петров Ю.В.* Особенности локализации золотого оруденения в пределах Сегозерско-Ведлозерского зеленокаменного пояса (месторождение Педроламни) // Тез. докл. регионального симпозиума «Благородные металлы и алмазы севера европейской части России». Петрозаводск, 1993. С. 134—135.
 7. *Ручкин Г.В., Конкин В.Д., Кочнев-Первухов В.И.* Типы рудных формаций цветных и благородных металлов зеленокаменных поясов // Рифтогенез, магматизм, металлогения докембрия. Корреляция геологических комплексов Феноскандии: Мат-лы международной конференции. Петрозаводск, 1999. С. 126—127.
 8. *Ушков В.В.* Типизация золотопромышленного оруденения докембрийских зеленокаменных поясов // Проблема золотоносности и алмазности севера европейской части России. Петрозаводск, 1997. С. 23—32.
 9. *Fraser R.J.* The Lac Troilus gold-copper deposit, Northwestern Quebec: A possible archaic porphyry system // *Econ. Geol.* 1993. Vol. 88. № 6. P. 1685—1699.
 10. *Hutchinson R.W.* A multi-stage, multi-poress genetic hypothesis for greenstone-hosted gold lodes // *Ore Geol. Rev.* 1993. № 8. P. 349—382.
 11. *Rouchkin G.V.* Models for gold ore deposits of precambrian greenstone belts // Abstracts of 30th Inter. Geol. Cong. Beijing, China, 1996. Vol. 1. P. 410.
 12. *Spooner E.T.C., Barrie C.T.* A special issue devoted to Abitibi ore deposits in a modern context // *Econ. Geol.* 1993. Vol. 88. № 6. P. 1307—1322.

УДК 553.43.041 (470.3)

© В.П.Феоктистов, 2000

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ГИДРОГЕННОЕ МЕДНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

В.П.Феоктистов (ВСЕГЕИ МПР России)

Проанализировано размещение медного оруденения в верхнепермских отложениях востока Русской платформы. Обоснована возможность формирования в позднепермском коллизионном бассейне гидрогенного (эпигенетического) медного оруденения с интересными в практическом отношении параметрами. Намечены площади в западном борту бассейна с наиболее благоприятными структурно-литологическими обстановками для локализации гидрогенного медного оруденения.

Медное оруденение установлено на обширных площадях в восточной части Русской платформы от Урала до р. Волги и от севера Пермской области до юга Оренбургской на границе с Казахстаном. По преобладающей приуроченности медного оруденения к различным горизонтам верхнепермских отложений, площадной близости и сопряженности оруденения с определенными палеогеографическими зонами и тектоническими структурами в Приуралье выделяются следующие меденосные площади (рис. 1): Березниковская, Южно-Пермская, Привятская (Кукморская), Альметьевская, Белебеевская, Федоровско-Стерлибашевская, Салмышская, Каргалинская, Красноярская, Островнинско-Вязовская, Сакмаро-Дмитриевская, Гирьяльская, Ключевская, Карагаштинская. Первые две площади образуют Пермскую полосу меденосности меридионального направления, все

остальные — протяженную Вятско-Оренбургскую полосу меденосности северо-западного простирания. Последняя в Оренбургском Приуралье примыкает к складчатым структурам Урала, а по мере продвижения на северо-запад удаляется от них на 300—400 км.

Медная минерализация известна во всех горизонтах верхней перми. Отложения уфимского яруса меденосны в Пермском Приуралье на площадях, прилегающих к Среднему Уралу. Известны рудопроявления меди в отложениях этого яруса и далеко к западу от Урала, в Татарии. Наиболее широкое площадное развитие имеют меденосные отложения нижнеказанского подъяруса, контролируемые прибрежной зоной на западе раннеказанского морского бассейна. Верхнеказанские отложения рудоносны на территории Татарии и Башкирии. К татарскому

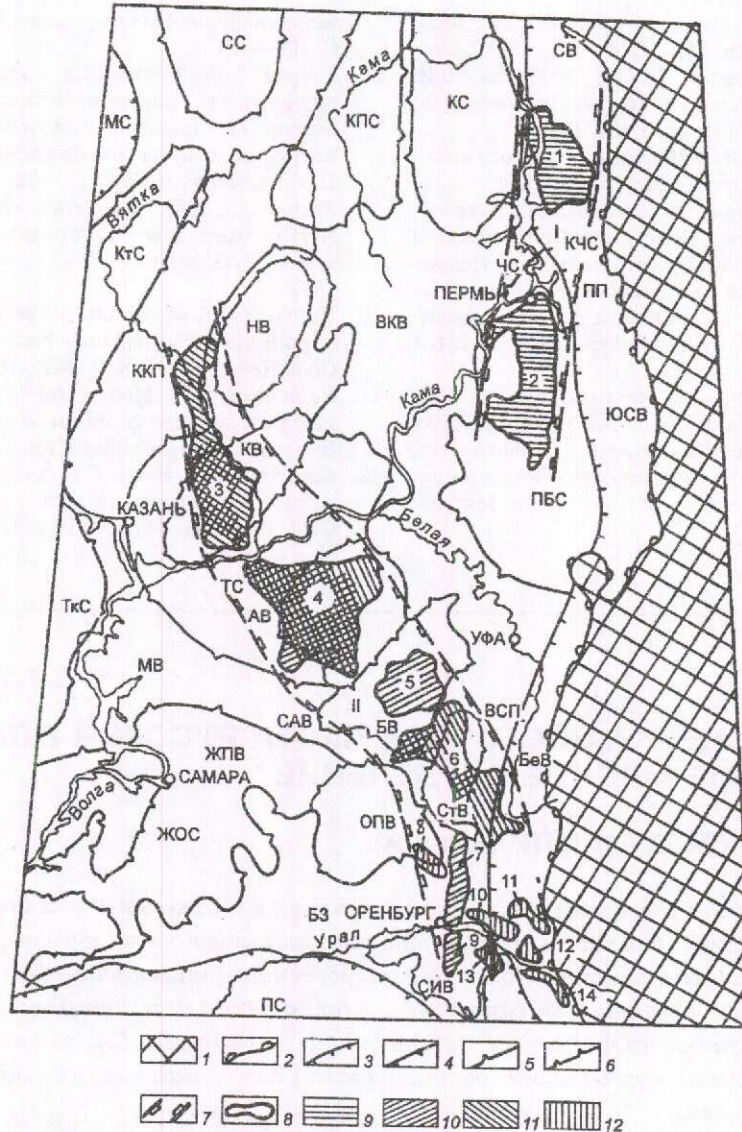


Рис. 1. Схема размещения меденосных площадей в восточной части Русской платформы:

1 — складчатый Урал; 2 — западная граница складчатого Урала; 3 — то же, Предуральского прогиба; 4 — синеклизы (I — Пермская, II — Вятско-Оренбургская); 5 — своды; 6 — выступы сводов; 7 — полосы меденосности; 8 — контуры меденосных площадей (1 — Березниковская, 2 — Южно-Пермская, 3 — Привятская, 4 — Альметьевская, 5 — Белебеевская, 6 — Федоровско-Стерлибашевская, 7 — Салмышская, 8 — Каргалинская, 9 — Красноярская, 10 — Островинско-Вязовская, 11 — Сакмаро-Дмитриевская, 12 — Гирьяльская, 13 — Ключевская, 14 — Карагаштинская); площади развития медистых отложений: 9 — уфимского яруса, 10 — нижеказанского подъяруса, 11 — верхнеказанского подъяруса, 12 — татарского яруса; MS — Московская синеклиза; SS — Сысольский погребенный свод; КПС — Коми-Пермяцкий свод; KS — Камский свод; КТС — Котельнический свод; ККП — Казанско-Кажимский прогиб; VKV — Верхнекамская впадина; ЧС — Чермозская седловина; ТКС — Токмовский свод; ТС — Татарский свод; NV — Немский выступ; KB — Кукморский выступ; АВ — Альметьевский выступ; БВ — Белебеевский выступ; БС — Бирская седловина; ПБС — Пермско-Башкирский свод; МВ — Мелекесская впадина; САВ — Серноводско-Абдулинская впадина; ВСП — восточный склон платформы; СтВ — Стерлибашевский погребенный выступ; СИБ — Соль-Илецкий выступ; ЖОС — Жигулевско-Оренбургский свод; ЖПВ — Жигулевско-Пугачевский выступ; ОПВ — Оренбургский погребенный выступ; БЗ — Бузулукская впадина; ПС — Прикаспийская впадина; ПП — Предуральский краевой прогиб; СВ — Соликамская впадина; КЧС — Косьюинско-Чусовая седловина; ЮСВ — Юрюзано-Сылвенская впадина; БеВ — Бельская впадина

ярусус тяготеет оруденение в Оренбургском Приуралье.

В целом не намечается какой-либо заметной возрастной миграции оруденения по площади верхнепермских отложений. Рудные тела в составе отдельных стратиграфических подразделений не занимают строго определенного стратиграфического положения. Обычно они распределяются многоярусно в соответствии с многоярусным строением рудовмещающих комплексов.

В размещении меденосных площадей устанавливается четко выраженная связь с крупными структурными элементами фундамента и локальными палеоструктурами (см. рис. 1) бассейна седиментации [10]. Меденосные площади располагаются: над сводами фундамента, их выступами и склонами вдоль зон долгоживущих глубинных разломов, ограничивающих докембрийские рифтогенные структуры (Калтасинский, Серноводско-Абдулинский авлакогены); над зонами крупных разломов, ограничивающих наиболее прогнутую часть бассейна, прилегающую к Уральскому орогену. Во всех случаях меденосные площади контролируются валлообразными поднятиями, фиксирующимися по опорным горизонтам пермских отложений, и отсутствуют над депрессиями. В пределах валов расположение рудопоявлений и месторождений определяется брахиантиклинальными структурами низких порядков. Интенсивность оруденения повышается на склонах этих структур, в участках сочленения их друг с другом, структурных выступах и седловинах. Анализ мощностей отдельных горизонтов верхней перми показывает, что валы, а в их пределах локальные положительные структуры имеют конседиментационный характер.

Литолого-фациальный контроль медного оруденения в позднепермском бассейне выражается в его приуроченности к трем типам отложений: пестроцветным алеврито-песчаным или алеврито-галечниково-песчаным озерно-аллювиальным; пестроцветным алеврито-песчаным дельтово-аллювиальным; сероцветным карбонатно-глинисто-алевритовым прибрежно-морским. Медное оруденение прослеживается только в сероцветных разностях пород. Рудовмещающими могут быть все литологические разности пород, участвующие в строении рудоносных формаций, от конгломератов до известняков.

Среди рудопоявлений и месторождений выделяются две основные группы — с синдиогенетическим и с эпигенетическим

оруденением. Первая группа проявлений медной минерализации связана в основном с сероцветными карбонатно-глинисто-алевритовыми прибрежно-морскими и местами с тонкозернистыми озерными и заливно-лагунными отложениями. Рудовмещающими являются маломощные пласты мергелей, известковистых аргиллитов и алевролитов, нередко с повышенным содержанием углстого материала, с первичной синдиогенетической серой окраской. Пласты таких пород в основании нижнеказанского подъяруса отличаются выдержанностью на больших площадях. Мощность минерализованных интервалов колеблется от 0,1—0,2 до 1—1,5 м. На общем фоне низких содержаний меди (сотые и первые десятые доли процента) выделяются локальные участки с содержанием меди до 1—2%, редко более, которые служили объектами добычи «шиферных руд». Минерализация представлена тонкой вкрапленностью, реже просечками и конкрециями сульфидов железа и меди, иногда с примесью галенита и сфалерита, а в поверхностных выходах — гидрокарбонатами и оксидами меди и самородной медью.

Вторая группа проявлений локализуется в различных породах, чаще в песчаниках от мелко- до крупнозернистых, конгломератобрекчиях и конгломератах с вторичной эпигенетической серой окраской, с карбонатным и смешанным карбонатно-глинистым цементом. Реже медная минерализация отмечается в известковистых алевролитах, мергелях, известняках и доломитах. Меденосные породы нередко содержат в большом количестве обуглившиеся растительные остатки, иногда стволы окаменевших деревьев, кости наземных позвоночных. Форма рудных тел полностью определяется морфологией тел терригенных пород. Неправильная, линзовидная, извилистая лентообразная форма тел песчаников, конгломератобрекчий и конгломератов, характерная для озерно-аллювиальных отложений, обуславливает линзовидную, гнездообразную, извилистую ленточную формы рудных тел. Размеры рудных тел варьируют от совершенно незначительных до лент длиной 1500 м и более при ширине 100—200 м. Мощность их изменяется от первых десятков сантиметров до первых метров, достигая иногда 14—22 м. Распределение медной минерализации крайне неравномерное, содержание меди варьирует от десятых долей до 2—5%, а иногда до 5—15%. Оруденение представлено в основном гидрокарбонатами и оксидами меди, пропитывающими цемент терригенных пород, образуя

примазки, пленки, налеты по трещинам и плоскостям напластования, иногда встречается самородная медь. На глубоких горизонтах появляются сульфиды меди и железа.

Помимо меди, в рудах постоянно устанавливается серебро (от 10 до 200 г/т и более), на некоторых месторождениях Оренбургского Приуралья (Гирьял и др.) присутствуют свинец (до 1—3%), кадмий (до 2%), в повышенных количествах отмечаются селен, висмут, мышьяк, хром, кобальт. Имеются данные о наличии в рудах золота и платины [4, 10].

Меденные отложения востока Русской платформы являлись объектом интенсивных разработок в течение более двух с половиной веков, с первой трети XVII до начала XX в. Первые заводы возникли на правом берегу р. Вятка. Во второй половине XVII столетия в Казанско-Вятском районе работало более 10 медеплавильных заводов, примерно столько же в Уфимско-Оренбургском районе и несколько меньше в Пермском. К каждому заводу было приписано большое число рудников, расположенных нередко на значительном удалении от них (до 150—200 верст и более). Общее количество рудников исчислялось тысячами. М.И.Липовским (1925) для всех трех районов были учтены данные по 2648 рудникам (Пермский район — 410, Уфимско-Оренбургский — 1701, Казанско-Вятский — 537). Н.К.Разумовский [8] только в Пермском районе насчитывал 3943 рудника. На всей территории общее число рудников за весь период разработок превышало 9000 [3]. Производительность отдельных заводов колебалась от нескольких до 5—6 тыс. пудов (до 100 т) меди в год. Общегодовая выплавка на всех заводах достигала 3 тыс. т. В течение XVIII и XIX вв. было выплавлено около 200 тыс. т меди. С развитием металлургического производства на Урале и отменой крепостного права количество рудников и заводов стало быстро сокращаться. Последние заводы (у г.Мамадыша в Татарии, Юговский завод в Пермской области) закрылись в начале XX столетия, а Верхоторский завод, работавший на рудах Каргалинских месторождений, в 1914 г.

После прекращения добычных работ пермские медистые отложения почти постоянно привлекали внимание геологов. В течение 20—30-х годов XX столетия неоднократно предпринимались попытки оценки оставшихся в недрах запасов меди (Н.К.Разумовский, М.И.Липовский, В.И.Малюга и др.), проводились разведка на Каргалинских рудниках, подсчет запасов меди в оставшихся

отвалах старых рудников. В 1931 г. было начато строительство гидromеталлургического и медеплавильного завода на базе Каргалинских рудников производительностью 10 тыс. т меди, приостановленное в 1933 г.

Открытие уникальных месторождений меди в Предсудетской моноклинали в Нижней Силезии в Польше, локализующихся в верхах красного лежня и основании цехштейна и содержащих, кроме меди, крупные запасы серебра, а также платиноидов, золота, свинца и других металлов, послужило основанием для развертывания поисковых работ на медь на всех площадях развития пермских медистых отложений на востоке Русской платформы. Была составлена программа поисков меди (А.В.Пуркин и др.), в которой предусматривались не только поисковые работы, но и составление литолого-фациальных, палеографических карт на время накопления уфимских, нижне- и верхнеказанских и татарских отложений. В рамках программы были проведены большие объемы поисковых работ с широким использованием бурения в Пермской области (Ю.А.Нечаев и др.), Татарии (С.П.Бобров, С.П.Щербак, А.Ю.Тутевич), Башкирии (В.А.Филиппов и др.), Оренбургской области (В.И.Малюга, М.И.Проскураков, Ю.А.Пестов и др.). Параллельно с этими работами изучались отвалы старых рудников на предмет их переработки способом выщелачивания (Г.Ф.Бояршинова, М.А.Пальчук, В.М.Деханов, Т.А.Алексина и др.). В последние годы появились данные о содержаниях золота, платиноидов и ряда редких и цветных металлов в рудах и отвалах старых рудников (Г.Г.Кочин, Ю.Н.Крупин, В.Г.Чайкин, В.М.Константинов и др.). Одновременно вновь возник интерес к возможной разработке медных руд способом подземного или кучного выщелачивания (Ю.Н.Крупин), при котором повышаются рентабельность отработки бедных руд и вовлечение в добычу наряду с богатыми рудными линзами массы пород между ними с более низкими содержаниями рудных элементов.

Подводя итог многолетнему изучению медного и сопутствующего оруденения в верхней перми восточной части Русской платформы, можно констатировать, что его результаты на настоящий момент сводятся к следующему:

определены литолого-фациальные особенности рудовмещающих отложений;

установлены возрастная приуроченность медного оруденения и положение его в разрезах уфимского, нижнего и верхнего

подъярусов казанского и татарского ярусов верхней перми;

выявлен палеоструктурный контроль оруденения;

определены основные типы палеогеографических обстановок, контролирующих медное оруденение;

выявлен комплексный характер руд на известных месторождениях;

не найдено ни одного нового месторождения меди как на известных меденосных площадях, так и за их пределами; ни одно из изучавшихся известных месторождений не было переведено в разряд промышленных (за исключением, с определенными ограничениями, Каргалинского);

достаточно высокие цифры прогнозных ресурсов меди по отдельным участкам рассчитывались по заведомо непромышленным параметрам рудных залежей (малой мощности и низким содержаниям меди).

Несмотря на усилия большого числа специалистов, значительные объемы работ по оценке и поискам месторождений меди в восточной части Русской платформы и Приуралья, ответов на целый ряд вопросов, которые могут быть названы «загадками медистых песчаников Приуралья», не получено. К таким вопросам можно отнести следующие.

1. При отработке рудных залежей, сложенных как «шиферными», так и песчаниковыми рудами, выбирались руды с содержаниями меди от 2%, а по мнению Н.К.Разумовского [8], даже от 3,5% и более, поскольку перевозка и переработка руд с более низкими содержаниями всегда была экономически невыгодной. В сохранившихся невывезенных штабелях руды содержания меди составляют 2—20%. Даже в отвалах старых рудников и шлаках содержания меди редко опускаются ниже 2%. В то же время при разбурировании меденосных площадей и отдельных рудных залежей в подсчетных рудных интервалах содержания меди более 1% установлены в единичных случаях. Это относится ко всем меденосным площадям и в Пермском Приуралье, и в Татарии, и в Башкирии, и в Оренбургском Приуралье.

Объяснить это тем, что повсеместно все богатые залежи полностью выбраны, невозможно. Известно, что отработка рудных тел велась исключительно до уровня грунтовых вод на глубину 10—20 м, редко до 30—40 м. Выработки не крепились и поэтому не могли быть протяженными. Это были ямы, небольшие карьеры, шурфы, в том числе относительно глубокие, называвшиеся

шахтами, короткие штольни, проходившие в бортах рек, оврагов на одном гипсометрическом уровне. Поэтому вполне допустимо, что часть рудных залежей, как вскрываемых с поверхности, так и особенно слепых, должна была сохраниться в нетронутном состоянии. Однако из многих сотен скважин, пробуренных при поисках на различных меденосных площадях, только в единичных случаях были подсечены рудные интервалы мощностью 0,1—1 м с содержаниями меди 1—1,5%. В подавляющем же числе скважин при вскрытии рудных горизонтов отмечалось повышенное содержание меди, редко достигающее 0,5% на мощность в первые десятки сантиметров.

2. В отвалах старых выработок, в том числе расположенных на площадях, где основным рудоносным горизонтом является нижняя алеволито-глинистая пачка в основании нижнеказанского подъяруса, преобладают обломки минерализованных песчаников и конгломератов. В то же время при опосковании меденосных площадей, в первую очередь Белебеевской и Салмышской, рудных тел, сложенных терригенными породами, скважинами не подсечено. Большая часть вскрытых рудных интервалов представлена известковистыми глинисто-алевролитовыми породами.

3. Все попытки прослеживания рудных тел с богатым оруденением на глубину оказались безуспешными. Не вскрыто ни одного сульфидного рудного тела, за счет окисления которого могли образоваться залежи окисленных медных руд, которыми представлены все известные проявления медной минерализации в Приуралье.

4. Меденосные площади Вятско-Камской полосы и Белебеевской площади располагаются на значительном удалении (250—350 км) от Урала, служившего основной областью размыва. Трудно объяснить, каким образом тяжелые металлы, в том числе медь, могли транспортироваться на такие большие расстояния.

На поставленные вопросы практически может быть только два ответа. Первый — согласиться с выводами предшествующих исследователей о том, что в пермских отложениях востока Русской платформы и Приуралья не было и не может быть крупных месторождений меди с параметрами (запасы, содержания, объемы), удовлетворяющими современным требованиям. Второй — потенциальные возможности обнаружения новых промышленных месторождений меди в Приуралье и в восточной части Русской плат-

формы далеко не исчерпаны. Для реализации этого потенциала необходимо пересмотреть традиционные, устоявшиеся подходы и теоретические основы оценки, а соответственно и методику поисков медных месторождений.

В этой связи можно напомнить историю открытия уникальных месторождений меди Нижней Силезии, локализующихся в породах белого лежня и цехштейна, которое послужило в начале 60-х годов основанием для постановки широких поисковых работ на медь в Приуралье и на востоке Русской платформы. В цехштейне Центральной Европы издавна известны месторождения медистых сланцев, выделявшиеся как месторождения типа Мансфельд. В Нижней Силезии они были представлены группой месторождений (Конрад, Лена, Костел), локализующихся в Северо-Судетском синклинии. Медное оруденение на этих месторождениях приурочено к нижней пачке цехштейна, представленной переслаиванием серых, темно-серых, зеленовато-серых известковистых аргиллитов и мергелей, обогащенных органическим веществом. Данная пачка по литологическому составу близка нижней пачке или лингуловому горизонту в основании нижеказанского подъяруса Приуралья. Мощности рудных тел на месторождениях Северо-Судетского синклинии составляют 0,1—1 м, содержания меди — около 1%. В период второй мировой войны, испытывая острый дефицит меди, немцы (Нижняя Силезия входила до 1945 г. в состав Германии) начали, за неимением лучших, эксплуатацию месторождений Северо-Судетского синклинии. И лишь в 1957 г. в 20—30 км к северу от этих месторождений нефтепоисковой скважиной в Предсудетской моноклинали на глубине 655,95—658,7 м был подсечен пласт оруденелых пород в нижней части цехштейна со средним содержанием меди 1,40% [12]. Поставленное на этом участке поисковое, а затем разведочное бурение в течение нескольких лет позволило оконтурить рудные поля месторождений Любин—Полковицы—Серошовицы и в кратчайшие сроки построить на их базе крупные горно-добывающие и металлургические предприятия. Эти месторождения уникальны по запасам меди (64 млн. т), серебра (130 тыс. т.), содержат в промышленных количествах платиноиды и ряд тяжелых металлов [13]. Месторождения Любин—Серошовицы в литературе традиционно обычно относятся к мансфельдскому типу. Фактически большая часть оруденения на них локализуется в песчаниках «белого

лежня», представляющих осветленные и частично расцементированные породы верхней части красноцветной алевроито-песчаниковой толщи «красного лежня». Оруденелые песчаники подстилают отложения цехштейна. Рудная минерализация прослеживается и в вышележащих глинисто-карбонатных отложениях цехштейна. На месторождениях присутствует и собственно пласт «медистых сланцев», но он имеет небольшую мощность и ограниченное площадное распространение. Оруденение охватывает интервал разреза мощностью 30—40 м при мощности в одном сечении рудных тел от 2 до 5—10 м. Рудоносная толща полого погружается на север под углом 5—10°. Рудные тела не выходят на поверхность, перекрыты мощным чехлом мезокайнозойских отложений, минимальная глубина залегания рудных тел под ними около 300 м.

Этот пример показывает, во-первых, что даже в относительно хорошо изученном старом горно-рудном районе могут быть сделаны новые крупные открытия и, во-вторых, что необходим пересмотр научных и методических основ прогнозирования и поисков месторождений меди «нижнесилезского» типа (а не типа Мансфельд) в Приуралье и на востоке Русской платформы. Дело в том, что в начале 60-х годов, когда составлялись программы поисков месторождений меди в пермских отложениях, их авторы, опираясь на господствовавшие в то время представления об осадочном, син-диагенетическом происхождении месторождений медистых песчаников и сланцев, особенно типа Мансфельд, основными рудоконтролирующими факторами считали стратиграфический и палеогеографический. Исходя из этого и определялась методика поисковых работ.

Стратиграфический фактор определял основной интерес на опосредованное нижеказанских отложений, наиболее сходных с нижней пачкой цехштейна в Германии и Польше. Палеогеографический фактор служил основанием для сосредоточения поисковых работ в зонах перехода континентальных отложений в морские, так называемых зонах борьбы суши и моря, по М.Э.Ноинскому, а в пределах таких зон на поиски участков развития лагунно-заливных депрессий. В терригенных толщах Южно-Пермской площади ставилась задача выявления и оконтуривания линз подводно-дельтовых отложений по аналогии с представлениями о дельтовой природе рудовмещающих отложений Удоканского месторождения.

Однако по мере изучения Нижнесилезских (Любин, Серошовицы, Полковицы), а также Удокана, Джебказгана и других месторождений медистых песчаников значительная часть исследователей перешла на позиции гидрогенной модели их образования [1, 2, 5, 11]. В соответствии с этим трансформировался подход к традиционным рудоконтролирующим факторам и критериям и появились новые. Суть гидрогенной модели сводится к тому, что месторождения медистых песчаников образуются на стадии функционирования рудоносного осадочного бассейна, в котором они локализируются, в качестве палеоартезианской системы. Источником рудного материала являются красноцветные формации, слагающие бассейн. Экстрагирование и перенос тяжелых металлов осуществляется пластовыми кислыми хлоридно-натриевыми водами. Аккумуляция тяжелых металлов, в том числе меди, происходит на восстановительных барьерах в областях разгрузки пластовых вод. Использование гидрогенной модели формирования промышленных месторождений медистых песчаников, как нам представляется, позволяет пересмотреть традиционные подходы к прогнозированию и оценке меденосности верхнепермских отложений в восточной части Русской платформы и Приуралья.

Рассмотрим возможность реализации гидрогенной модели как основы образования месторождений медистых песчаников в позднепермском коллизионном бассейне в чехле восточной части Русской платформы. Формирование позднепермского коллизионного бассейна знаменуется резким подъемом Уральских гор, достигших высоты, обеспечивающей появление гумидной зоны [9]. В условиях гумидного климата породы, слагающие Урал, подверглись интенсивным процессам химической и физической дезинтеграции. Возникшие мощные речные потоки сносили массу материала в бассейн седиментации, представлявший собой озерно-аллювиальную равнину. За счет этого была сформирована красноцветная алевроито-конгломерато-песчаниковая крупная асимметричная линза шешминского горизонта уфимского яруса, мощность которой в Приуральской части достигала 500—600 м. В западном направлении, в глубь платформы, ее мощность постепенно уменьшалась вплоть до полного выклинивания примерно по меридиану р. Вятки. В составе толщи выделяются полосы развития существенно терригенных пород, рассматриваемые как протяженные потоки [9] или аллювиально-дельтовые

конусы выноса. Два таких потока дренировали область Юрюзано-Сылвенской депрессии — Кунгурский и Бирский, третий — Стерлитамакский — пересекал Бельскую депрессию в ее средней части [9]. Кунгурский поток локализовался на относительно ограниченном участке, Бирский же достигал стабильных участков Татарского свода и формировал «Камскую» зону дельтовых выносов, переходящую к западу в «Вятскую» зону подводной дельты. К концу уфимского времени бассейн седиментации существенно сократился, отступив к Уралу.

Начало казанского века ознаменовалось двумя важными событиями. С одной стороны, в горном Урале происходили поднятия максимальные, по мнению Ю.В.Сементовского (1973), за всю его историю. Горные вершины достигли снеговой границы, происходила аккумуляция огромных масс атмосферных осадков и соответственно появилась область интенсивного питания с большим гидростатическим давлением сформированного до этого уфимского бассейна. С другой стороны, в связи с общим погружением Русской платформы наблюдалась трансгрессия раннеказанского моря с запада от Московской синеклизы на восток, оттеснявшая пресноводный бассейн. Таким образом, морские известковистые глинисто-алевритовые отложения нижеказанского подъяруса частично перекрыли уфимские красноцветные терригенные породы, в том числе и аллювиально-дельтовые потоки и конусы выноса.

В результате были созданы необходимые условия для функционирования позднепермского коллизионного бассейна в качестве артезианской системы (рис. 2). К важным элементам этой системы относятся следующие.

1. Наличие мощной (до 500 м) асимметричной линзы красноцветных терригенных отложений шешминского горизонта уфимского яруса с поперечными каналами («потоками») дельтово-аллювиальных грубообломочных отложений. По составу обломочного материала терригенные породы шешминского горизонта — граувакковые, образовавшиеся за счет размыва пород уральских колчедановых вулканических комплексов, основных и ультраосновных массивов и др., т.е. пород с повышенными содержаниями меди и других тяжелых металлов, а также собственно колчеданных месторождений. Цемент терригенных красноцветов представлен гидроксидами железа — одними из лучших адсорбентов тяжелых металлов.

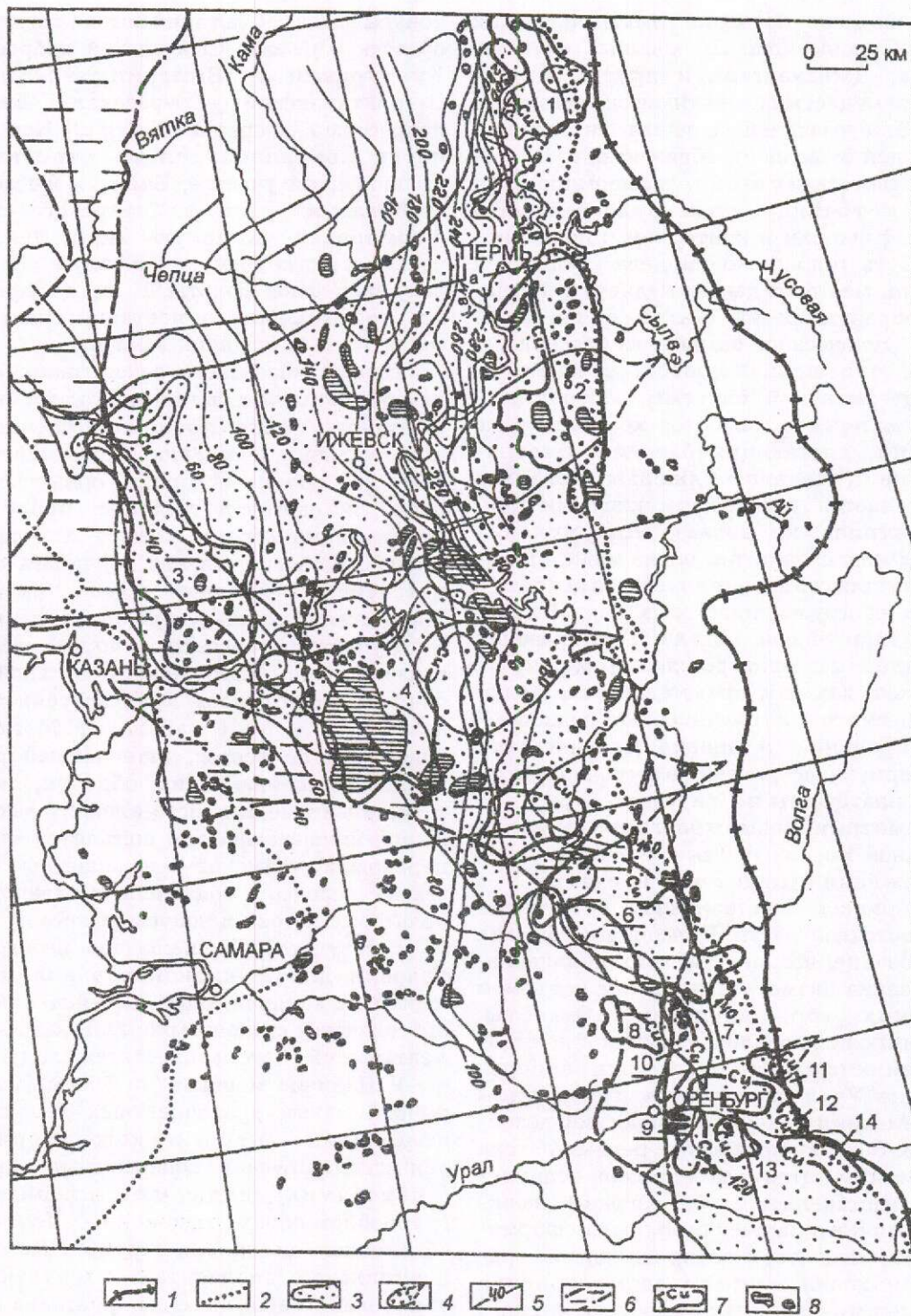


Рис. 2. Схема прогнозной оценки восточной части Русской платформы на гидрогенное (эпигенетическое) медное оруденение:

1 — западная граница надвигово-складчатых структур Урала; 2 — контуры площадей развития шешминских отложений; 3 — площадь развития шешминских красноцветных алеврито-песчаных отложений аллювиально-дельтовых равнин; 4 — конусы выноса терригенных отложений шешминского горизонта; 5 — изопахиты шешминских отложений, м; 6 — площадь развития темноцветных морских известково-алеврито-глинистых отложений нижней пачки казанского яруса; 7 — меденосные площади (см. рис. 1); 8 — нефтеносные и нефтегазоносные площади

2. Высокое стояние на протяжении уфимского и казанского времени областей питания — денудированных горных сооружений Урала — способствовало возникновению значительной разницы в гидростатическом давлении в восточном и западном бортах палеоартезианского бассейна и, таким образом, обуславливало движение пластовых вод в нем по проницаемым пластам и каналам в западном направлении.

3. Состав пластовых вод в позднепермском коллизионном артезианском бассейне определялся, с одной стороны, гумидным характером области питания, а с другой — размывом подстилающих соленосных и гипсоносных толщ кунгурского яруса. Таким образом, подземные воды имели сульфатно-хлоридно-натриевый состав, что оптимально для экстрагирования из красноцветов тяжелых металлов и транспортировки их в области разгрузки.

4. Основной областью разгрузки пластовых вод уфимского палеобассейна была зона выклинивания шешминских терригенных отложений.

5. Возможным площадным восстановительным барьером могли служить морские отложения нижеказанского подъяруса, перекрывающие зону выклинивания уфимских терригенных толщ. Зона перекрытия уфимских пород морскими казанскими отложениями совпадает с известными меденосными площадями Вятско-Камской полосы Башкирии и запада Оренбургского Приуралья (см. рис. 2).

Одновременно обращает на себя внимание тот факт, что предполагаемая зона разгрузки перекрывает нижележащие палеозойские нефтеносные площади, нередко осложненные флексурами и разломами, по которым углеводороды могли поступать в вышележащие верхнепермские толщи. На Альметьевской и Белебеевской площадях известны случаи пропитки верхнепермских песчаников битумами.

Рассматривая перечисленные факты в комплексе, можно сделать вывод о том, что теоретически вполне допустима вероятность формирования в западном борту позднепермского коллизионного бассейна гидрогенного (эпигенетического) медного оруденения с практически интересными параметрами. Наиболее благоприятные структурно-литологические обстановки локализации эпигенетического медного и сопутствующего оруденения, по нашему мнению, должны располагаться в верхней части шешминской терригенной толщи в зоне ее выклинивания под морскими нижеказанскими отложениями. Предвари-

тельно можно наметить три перспективные в этом отношении площади (см. рис. 2): Нижневятскую в правобережье р. Камы, охватывающую южную часть Привятской меденосной площади; Альметьевскую, занимающую южную часть Альметьевской меденосной площади; Западно-Башкирскую, располагающуюся в пределах Белебеевской меденосной площади.

Кроме этих площадей, можно выделить и другие. Особенно это относится к Оренбургскому Приуралью, где отмечается максимальная концентрация известных проявлений медного оруденения эпигенетического типа, и к территории Удмуртии, на которой размещается краевая часть Кунгурского конуса выноса. Основной вопрос заключается в выделении подходящих структурно-литологических коллекторов в сочетании с восстановительными барьерами. Представляется, что перспективна в отношении обнаружения эпигенетического (гидрогенного) оруденения в более молодых, татарских, отложениях Гирьяло-Карагаштинская площадь.

Таким образом, приведенные данные позволяют положительно оценить перспективы выявления гидрогенных месторождений медистых песчаников в позднепермском коллизионном бассейне на востоке Русской платформы. Решение проблемы поисков таких месторождений может послужить основой реальной практической оценки и для благороднометального оруденения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов Ю.В., Феоктистов В.П. Генетическая модель месторождений медистых песчаников Удоканского типа // Докл. АН СССР. 1982. Т. 263. № 4. С. 949—952.
2. Габлина И.Ф. Условия меденакопления в красноцветных континентальных формациях. — М.: Наука, 1983.
3. Гудалин Г.Г., Ковалев Ф.И. Медь. — М.: Гостеолитиздат, 1951.
4. Липовский М.И. Медные руды западного склона Урала // Горный журнал. 1925. № 8. С. 628—631.
5. Лурье А.М. Генезис медистых песчаников и сланцев. — М.: Наука, 1988.
6. Металлогения Вятской зоны Восточно-Европейской платформы / В.Г.Чайкин, С.Г.Глебышев, Ф.А.Закирова и др. // Руды и металлы. 1997. № 6. С. 17—26.
7. Нетрадиционные рудопроявления платиноидов и золота на востоке Русской платформы и в Уральском регионе / В.М.Константинов, А.В.Заварзин, М.И.Фазлуллин и др. // Руды и металлы. 1999. № 4. С. 13—21.
8. Разумовский Н.К. Запасы меди в медистых песчаниках и перспективы их использования // Вестн. Геол. Ком. 1929. № 3. С. 8—18.

9. Сементовский Ю.В. Условия образования месторождений минерального сырья в позднепермскую эпоху на востоке Русской платформы. — Казань: Татарское книжн. изд-во, 1973.
10. Феоктистов В.П., Кочин Г.Г. О некоторых особенностях локализации стратифицированных месторождений меди // Геология рудных месторождений. 1970. Т. XII. № 6. С. 80—91.
11. Bogdanov J.V., Feoktistov V.P. Problems of Genesis of Copper Sandstones of Central Europe // Ore genesis — The State of the Art, Springer — Verlag. Berlin, 1982. P. 10—15.
12. Gospodarczyk E. Z dziejow badac i poszukiwac zlorud miedzi w Polsce w ostatnim 30-leciu // Przegląd Geologiczny. 1976. № 4. P. 181—185.
13. Wodzicki A., Piestrzynski A. An ore genetic model for the Lubin-Sierozowice mining district, Poland // Mineralium deposita. 1994. Vol. 29. № 1. P. 30—43.

УДК 553.041 (571.511)

© А.П.Лихачев, 2000

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ НА НИКЕЛЬ, МЕДЬ И ПЛАТИНОИДЫ В НОРИЛЬСКОМ РАЙОНЕ И НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ*

А.П.Лихачев (ЦНИГРИ МПР России)

Показано, что наибольший промышленный интерес представляют магматические образования норильского типа, проявленные в основном в пределах Норильского рудного района. Геологоразведочные работы целесообразно сосредоточить на выявлении и прослеживании вытянутых в одном направлении интрузивных тел. Требуется выполнение методически новых петрологических и изотопно-геохимических исследований, позволяющих определять источники поступления и направления течения магм, механизмы и места накопления рудных веществ. Для сохранения рентабельности Норильского комбината необходимо внедрение более эффективных методов переработки руд — автоклавных гидротермально-транспортных технологий, разработанных в ЦНИГРИ и ГИНЦВЕТМЕТе. В качестве новых площадей выдвигается Попигойская структура, перспективная на обнаружение Pt-Cu-Ni руд садберского типа.

Формулировка и обоснование перспективных направлений геологоразведочных, научно-исследовательских и технологических работ в Норильском регионе исходят из современного состояния дел и базируются на результатах обширного комплекса исследований.

При определении перспективности площадей на никель и металлы платиновой группы необходимо использовать существующие закономерности устойчивой связи состава магматических формаций и ассоциирующей с ними рудной минерализации. На рис. 1 в горизонтальном ряду перечислены все

известные в мире типы мафит-ультрамафических образований, отличающиеся один от другого по составу силикатной и рудной составляющих. Они подразделяются на *мафические* бессульфидные разности ($MgO \leq 8\%$), которые на магматической стадии не формируют каких-либо существенных скоплений рудных веществ, но под воздействием гидротермальных растворов могут служить источником рудных компонентов для образования месторождений черных, цветных и благородных металлов, в том числе известных в Норильском районе проявлений самородной меди; *мезомафические* ($MgO 8—33\%$) сульфидоносные, формирующие платино-медно-никелевые месторождения; *ультрамафические* бессульфидные ($MgO > 33\%$), образующие платино-иридий-осмиевую минерализацию и месторождения хрома.

Рассматриваемые типы магматических образований находят свое место в общем

* Основные положения доклада на региональном совещании «Направление геологоразведочных работ на никель, медь и платиноиды в Таймырском автономном округе в 2000—2005 гг.», Норильск, 18—23 октября 1999 г.

ИСХОДНОЕ МАНТИЙНОЕ ВЕЩЕСТВО (MgO 25–30%)

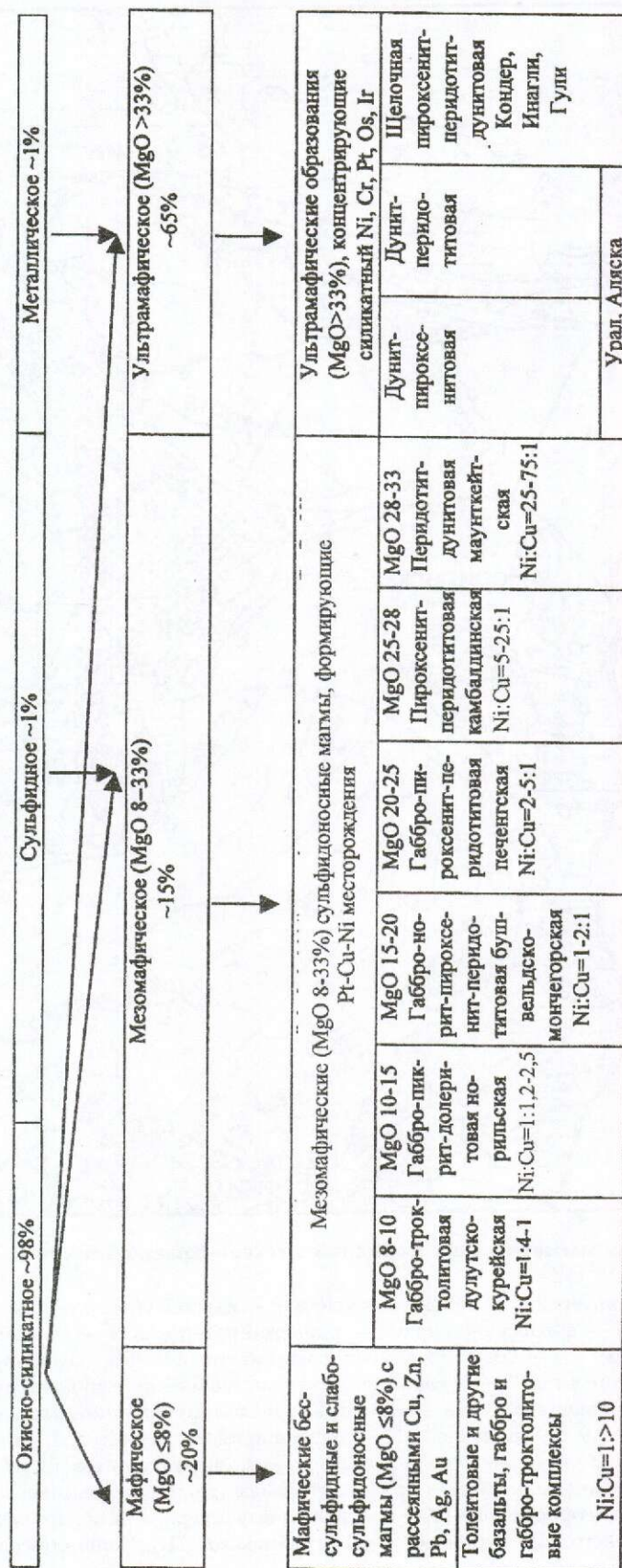


Рис. 1. Схема генетической связи магматических формаций и месторождений

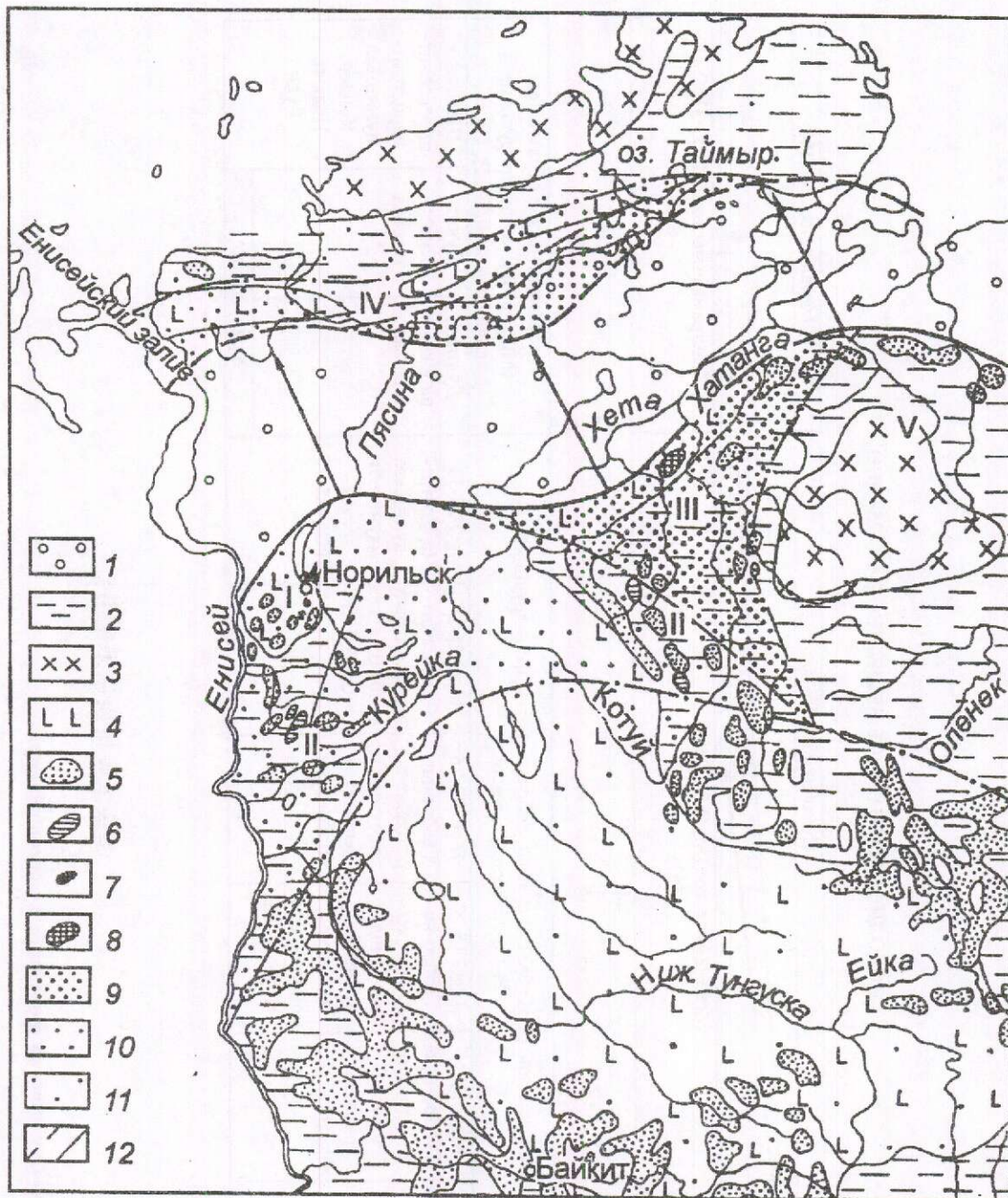


Рис. 2. Схема размещения магматических формаций в северо-западной части Восточной Сибири:

1 — терригенные отложения юрского и мелового возраста; 2 — карбонатные и терригенные толщи позднего протерозоя — палеозоя; 3 — образования архея — раннего протерозоя; 4 — вулканогенные образования пермотриасового возраста; 5 — безрудные трапповые интрузии; 6 — слаборудоносные интрузии габбро-долеритов курейского типа; 7 — рудоносные интрузии габбро-пикрит-долеритов норильского типа; 8 — щелочно-ультрасосновые интрузии Маймечя-Котуйской провинции; площади распространения магматических формаций: 9 — щелочной пироксенит-перидотит-дунитовой, 10 — сульфидоносных мезомафических (габбро-пикрит-долеритовой и габбро-троктолит-долеритовой), 11 — бессульфидной и слабосульфидоносной мафической; 12 — приблизительные границы соприкосновения Таймырского полуострова с Сибирской платформой; I—IV — перспективные площади на обнаружение месторождений и рудопроявлений норильского (I), курейского (II), гулинского (III), мончегорско-печенгского (IV) и садберского (V) типов

составе исходного вещества, за который принимается первичная (недеплетированная) мантия, соответствующая по составу хондри-там и состоящая из окисно-силикатной (~98%), сульфидной (~1%) и металлической (~1%) фракций. На долю мафической разности в нем приходится ~20%, мезомафической ~15% и ультрамафической ~65% (см. рис. 1). Каждый из магматических типов можно легко получить путем фракционного плавления исходного мантийного вещества.

В Норильском районе и на прилегающих территориях проявлены следующие магматические разности (рис. 2): бессульфидные мафические, представленные эффузивными толщами и комагматичными им интрузиями; слабосульфидоносные мафит-мезомафические, формирующие интрузии курейского типа; сульфидоносные мезомафические норильского типа; бессульфидные ультрамафические гулинского типа с платино-иридий-осмиевой минерализацией, обнаруженной в россыпном варианте в 1984 г. при выполнении специальных поисковых работ, поставленных на основе рассмотренной выше закономерной связи состава магматических пород и ассоциируемого с ними рудного вещества [10].

Из сульфидоносных проявлений наибольший промышленный интерес представляют образования норильского типа, так как с породами курейского типа связана в основном бедная вкрапленная минерализация. Известные в пределах Таймырского полуострова ультраосновные тела с вкрапленной медно-никелевой минерализацией, вероятнее всего, относятся к мончегорско-печенгскому типу (см. рис. 1) и потому также мало-перспективны на обнаружение крупных скоплений медно-никелевых руд. Ограниченные возможности накопления рудного вещества в образованиях курейского и мончегорско-печенгского типов связаны с тем, что каждый из них несет только часть исходного сульфидного вещества, соответственно обогащенную и обедненную медью составляющие, в то время как магматические тела норильского типа содержат весь объем исходных сульфидов.

Крупные скопления сульфидных руд формируются из нерастворимой сульфидной фракции, изначально существующей в виде самостоятельной сульфидной жидкости, диспергированной («распыленной») в силикатном расплаве [1]. Растворимые в магме, т.е. ликвидационные, сульфиды способны формировать только бедную вкрапленную минерализацию. Иначе говоря, богатые вкрапленные

и крупные массивные залежи платино-медно-никелевых руд норильских месторождений могли формироваться лишь из перенасыщенных сульфидами (серой) магм, тогда как ненасыщенные и насыщенные серой магмы (к ним относятся бессульфидные мафические разности, сформировавшие лавовые толщи и комагматичные им интрузии, и слабосульфидоносные мафит-мезомафические курейского типа) не обладали подобной возможностью. В норильских рудоносных интрузиях основные процессы накопления рудных масс происходили в субгоризонтальных камерах. А для образования крупных сульфидных залежей требовались особые условия, обеспечивающие многократную смену магматического объема.

Таким образом, на рассматриваемой территории наибольший практический интерес представляют магматические образования норильского типа, проявленные в основном в пределах Норильского района. Следовательно, норильская площадь по-прежнему наиболее перспективна на выявление новых залежей медно-никелевых руд.

В течение многих лет основной объем поисковых работ приходился именно на наиболее перспективные площади — Норильскую и Хараелахскую мульды. Однако после открытия талнахских месторождений в 1960—1965 гг. новые существенные залежи медно-никелевых руд здесь не были обнаружены. Причин этому может быть несколько. К ним, в частности, могут относиться: ограниченность рудных запасов и высокая степень их выявленности; недостаточная изученность объектов поиска; недоработки в подборе и применении поисковых методов.

В наиболее перспективном Норильском районе (см. рис. 2) действительно существует проблема исчерпанности запасов и высокой степени их выявленности. Однако анализ продуктивности рудоносных структур (Норильской и Хараелахской мульды) показывает, что еще остаются существенные возможности обнаружения здесь крупных залежей медно-никелевых руд, но преимущественно вкрапленного типа.

Недостаточность изученности объектов поиска заключается в том, что проводившиеся исследования магматических образований и связанных с ними руд в основном касались состава вещества и не раскрывали механизмы и динамику процесса рудонакопления, требуемые для эффективного выполнения поисковых работ. Поэтому в комплекс исследований рудных объектов необходимо включить новые структурно-петрологические и

изотопно-геохимические исследования, выявляющие динамику внедрения и становления интрузивных тел, направление течений силикатных и рудных магм, источники и места концентрации рудных веществ.

Так, было показано, что при внедрении и становлении интрузий возможны различные варианты ориентировки зерен породообразующих минералов (оливина, плагиоклаза и пироксена), отражающие состояние магмы и указывающие на наличие или отсутствие в ней течений. В случае полного отсутствия течения магмы зерна кристаллизующихся минералов и фенокристы оседают на дно магматической камеры удлиненной осью и уплощенными поверхностями, приобретая плоскостную ориентировку. Ламинарное течение магмы сопровождается линейно-плоскостной и преимущественно линейной ориентировкой зерен, турбулентное — фиксируется по отсутствию ориентировки зерен минералов.

Исходя из перечисленных закономерностей, были построены модели возможных вариантов внедрения и становления сульфидоносных интрузий, которые раскрываются (опознаются) путем петрологических исследований реальных магматических тел, в основном по ориентировке зерен породообразующих минералов. С учетом выполненных построений проведено массовое определение ориентировки зерен породообразующих минералов в пикритовых горизонтах интрузий Талнахского рудного поля и изучено распределение в них рудного вещества. Установлено, что по длине Талнахского интрузива интервалы, имеющие линейную ориентировку зерен минералов, чередуются с интервалами, в которых ориентировка зерен минералов отсутствует. К первым относятся расширенные, а ко вторым суженные участки интрузива. Согласно отмеченным выше модельным ситуациям, отсутствие ориентировки зерен минералов в суженных участках связано с проявлением в них турбулентного течения магмы. Линейная же ориентировка зерен в расширенных участках обусловлена ламинарным течением магмы. Рудное вещество в основном концентрируется в местах перехода от суженных к расширенным участкам интрузива. Причем в них проявлено накопление всех типов руд — вкрапленных в интрузиве, массивных и экзоконтактовых. Это означает, что образование существующих типов руд не зависело одно от другого, но определялось общим фактором, представляющим собой, вероятнее

всего, изменение (снижение) скорости течения магмы в местах перехода суженных участков к расширенным.

Таким образом, петрологические исследования на основе микроструктурного анализа позволяют получать количественные данные о механизме и динамике внедрения и становления рудоносных интрузий, определять благоприятные и неблагоприятные для концентрирования рудного вещества интервалы.

Судить о динамике магматического процесса можно также, используя предложенный нами метод определения направлений течения магматических и водных палеопотоков. Из законов гидродинамики следует, что энергетически наиболее выгодной конфигурацией тела, находящегося в потоках жидкостей и газов и испытывающего влияние гравитационного эффекта, является форма (профиль) самолетного крыла, оказывающего наименьшее сопротивление потоку. Поэтому все асимметричные тела в потоках жидкостей и газов наиболее массивной («головной») частью ориентируются навстречу потоку, указывая откуда он течет, а «хвостовой» — в противоположном направлении, показывая куда движется поток. При эрозионном воздействии жидкости или газа на твердое тело последнее стремится приобрести профиль крыла независимо от первоначальной формы.

Следовательно, путем картирования форм и ориентировки включений в магматических массивах и осадочных толщах можно определить места нахождения источников их питания и направление транспорта магматических и терригенных веществ. К тому же, если исследовать относительную ориентировку минеральных частиц, появляется возможность оценивать скорость транспортирующего их потока. Особенно ценны эти исследования для территорий с многообразным длительным магматизмом. Так, в пределах Норильской и Хараелахской мульд до сих пор нет ясности о поступлении (внедрении) рудоносных интрузий: одни считают, что они двигались с севера, другие — с юга, а третьи — снизу. Картирование ориентировки включений в магматических телах позволит однозначно ответить на этот и многие другие вопросы.

Для получения принципиально новых, недостающих, сведений об источниках рудных веществ, магматизме и рудонакоплении целесообразно выполнять работы по изучению изотопного состава переходных элементов (железа, никеля, меди и металлов платиновой группы). В последние годы нами были разработаны методы определения изотопного

состава железа, никеля и меди в минералах руд и горных пород, опробованные на многочисленных объектах — месторождениях Норильска, Садбери, Дулута, Стиллуотера, Бушвельда, коматиитах Западной Австралии, кимберлитах Сибири и др. Проведенные исследования показали существование значительных различий в изотопном составе железа и никеля как внутри, так и между отдельными объектами. Так, неодинаковые изотопные отношения переходных элементов в породах и рудах Норильского района связываются с различной глубиной их источников. На основании этих данных можно классифицировать магматические образования и выделять среди них рудоносные интрузии с определением наиболее перспективных разностей.

К новым методам, заслуживающим применения, относятся разработанные в США технологии определения Re-Os отношений в породах и рудах. Применение их на норильских месторождениях показало отсутствие каких-либо признаков существенной ассимиляции коровой серы при образовании руд, а также разный изотопный состав осмия в рудах Талнахского, Октябрьского и Норильского месторождений, что связывается с различием их источников [5, 12]. Эти данные и выводы согласуются с отмеченными выше результатами по изучению изотопного состава железа.

Относительно источников рудного вещества норильских месторождений в последние годы сформировались новые взгляды. На основании хорошо разработанной в научной литературе концепции зарождения магнообразующего термического плюма на границе ядро — мантия нами была показана возможность поступления рудного вещества норильских месторождений из верхней части внешнего ядра Земли [9]. В ней, как следует из имеющихся в литературе оценок [7], содержится от 26 до 31% сульфидного расплава [8], обогащенного тяжелым изотопом серы [9]. Именно этим объясняется обогащенность изотопом ^{34}S сульфидных руд норильских месторождений, а не ассимиляцией коровой серы. К подобным выводам пришел Р.Уолкер с сотрудниками [4], изучавший образцы месторождений Норильска и сделавший заключение о нахождении источника осмия и других элементов платиновой группы норильских руд во внешнем ядре Земли. Все эти выводы имеют важное практическое значение, так как исключают один из случайных факторов (ассимиляцию корового материала) в процессах рудообразования.

Недоработки в подборе и использовании поисковых методов сводятся к следующему.

Чрезвычайно сложные соотношения рудоносных и безрудных магматических тел в Норильском районе требуют нестандартного подхода при выборе поисковых методов. Обычные площадные методы оказались малоэффективными. Поэтому в дальнейшем необходимо учитывать морфологическую особенность рудоносных интрузий, состоящую в однонаправленной их вытянутости. Для слаборудоносных и безрудных интрузий характерны соответственно плитообразные и покровные (площадные) формы. Морфология интрузий в рассматриваемых обстановках определяется соотношением плотностей внедряющейся магмы и вмещающей среды. Бессульфидные мафические магмы по плотности близки к вмещающим породам. При внедрении под напором питающей магматической колонны они равномерно распределяются по площади горизонта, находясь в плотностном равновесии с окружающей средой. Рудоносные магмы обладают более высокой плотностью, чем вмещающая среда. Вследствие этого на фронте внедрения магматической колонны в нижней ее части возникает эффект растяжения, вызываемый действием силы тяжести. Иначе говоря, внедрение рудоносных магм профилировалось (направлялось) гравитационным напряжением, создающим своеобразное «русло» в нижней части колонны и обуславливающим однонаправленное движение магматических масс с образованием сильно вытянутых интрузивных тел с прогнутым дном и плоской кровлей. Слаборудоносные магмы средней плотности формировали промежуточные по форме магматические тела, в том числе интрузии нижнеталнахско-нижненорильского типа.

Морфологическая специфика рудоносных интрузий дает возможность конкретизировать поиски на выявление магматических тел, вытянутых в одном направлении. В связи с этим первоочередная задача поисковых работ в пределах рассматриваемой территории состоит в прослеживании и разбраковке многочисленных известных и вновь выявляемых интрузий. Для этого необходимы подбор и применение специальных геофизических методов, в том числе вибрационной сейсмики и радиопросвечивания, выполняемых в поверхностном и скважинном вариантах.

На стадии прослеживания магматических тел и определения их морфологических особенностей основными должны быть

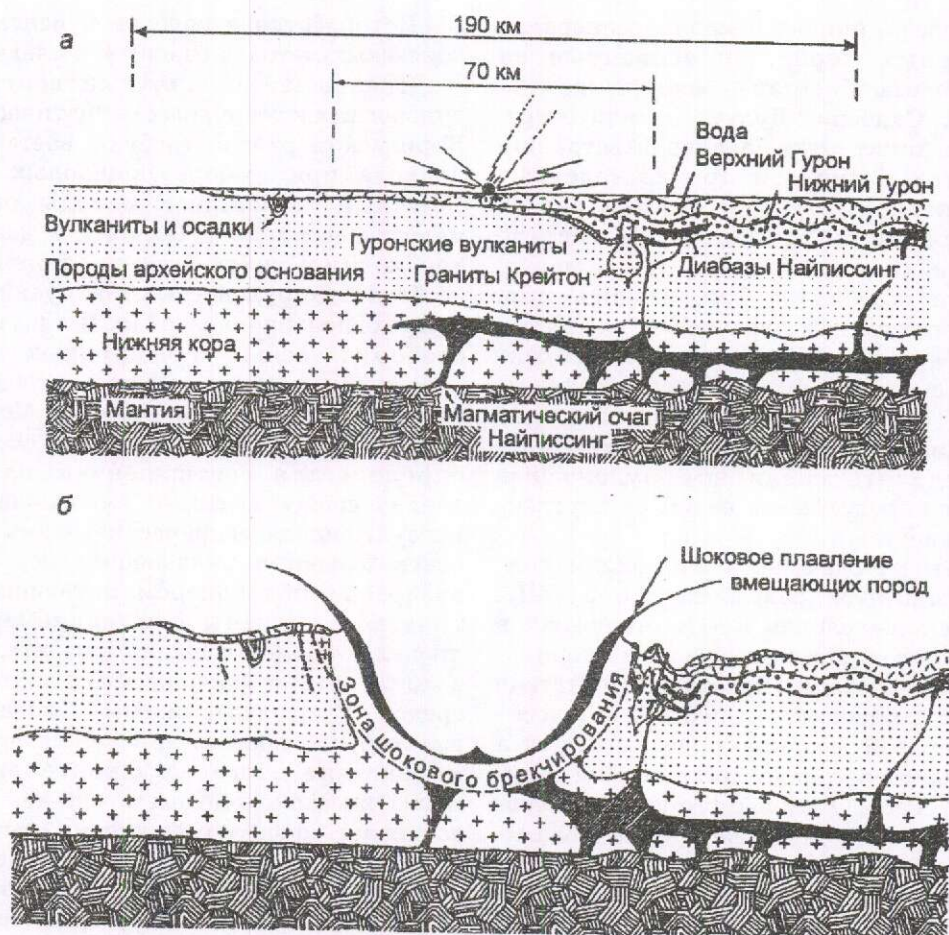


Рис. 3. Схема образования структуры Садбери [6]:

геологическая обстановка до падения (а) и после падения (б) астероида

геофизические методы. Проходка буровых скважин потребуется в основном для размещения источников и приемников возбуждаемых сигналов. После выявления контуров прослеживаемого тела определяются стратегия и тактика его разбуривания с учетом всех присущих рудоносным интрузиям особенностей.

Целью выполняемых работ должно быть не стремление обнаружить богатые залежи медно-никелевых руд, как было на протяжении предшествующих лет, а планомерное опоскование перспективных территорий с составлением паспорта изученности каждой конкретной площади, позволяющее выявлять как богатые, так и бедные руды.

Как следует из приведенных данных, возможности обеспечения Норильского комбината минеральным сырьем в перспективе будут связаны со снижением запасов богатых (массивных) и увеличением бедных (вкрапленных) руд. При действующих в настоящее

время технологиях переработки руд Норильский комбинат в скором времени может перейти в разряд нерентабельных предприятий. Для сохранения его рентабельности требуются внедрение более совершенных технологий, обеспечивающих высокую степень извлечения металлов (особенно платиновой группы) и резкое снижение материальных и людских затрат. К таковым относятся разработанные в ЦНИГРИ и ГИНЦВЕТМЕТе испытанные и запатентованные оригинальные высокоэффективные автоклавно-транспортные технологии и оборудование для поэлементного пространственного разделения и концентрирования веществ в непрерывном автоматическом режиме.

Изложенные материалы и выводы касаются рудных объектов, образование которых связано с закономерным эволюционным развитием мафит-ультрамафитового, в данном случае траппового, магматизма. Однако в

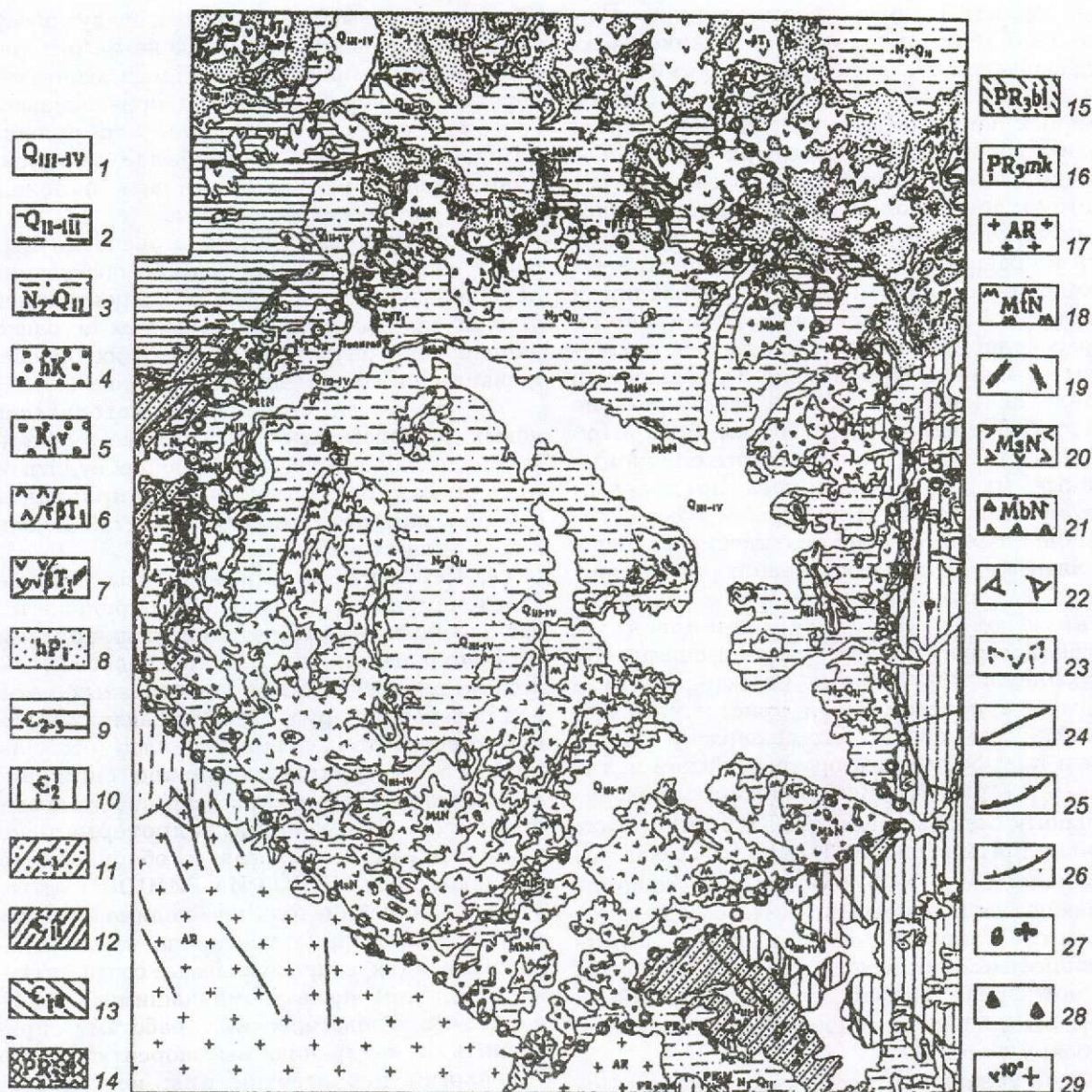


Рис. 4. Геологическая карта Попигаийской структуры [3]:

1 — верхнечетвертичные современные отложения (галечники, пески, супеси, суглинки, глины, торф); 2 — средне-верхнечетвертичные отложения (валунники, галечники, пески, глины, суглинки); 3 — плиоцен-среднечетвертичные отложения нерасчлененные (пески, галечники, валунники, глины); 4 — меловая система нерасчлененная (глины, алевролиты, пески, песчаники, конгломераты, прослои угля); 5 — меловая система, нижний отдел, валанжинский ярус (глины, пески, песчаники, известковистые песчаники, алевролиты); 6 — нижнетриасовые трахидолериты (силлы); 7 — нижнетриасовые долериты (силлы и дайки); 8 — пермская система, нижний отдел (аргиллиты, алевролиты, песчаники, прослои угля); 9 — кембрийская система, средний — верхний отделы (доломиты, песчаные доломиты); 10 — кембрийская система, средний отдел (доломиты, известняки); 11 — кембрийская система, нижний отдел нерасчлененный (доломиты, известняки, песчаники); 12 — кембрийская система, нижний отдел, ленский ярус (доломиты, известняки, мергели); 13 — кембрийская система, нижний отдел, алданский ярус (доломиты, песчаники); 14 — верхний протерозой, старореченская свита (доломиты); 15 — верхний протерозой, бильяхская серия (доломиты, песчаники, конгломераты); 16 — верхний протерозой, мукунская серия (песчаники, кварцитопесчаники, прослои гравелитов); 17 — архей (гранатовые, биотит-гранатовые, гранат-пироксеновые гнейсы и плагиогнейсы, частью мигматизированные); 18 — тагамиты; 19 — дайкообразные тела тагамитов; 20 — зювиты (с участием коптокластитов); 21 — аллогенная брекчия; 22 — аутигенная брекчия; 23 — брекчированные породы; 24 — разрывные нарушения нерасчлененные; 25 — надвиги и взбросы; 26 — сбросы; 27 — места находок ископаемой фауны и флоры; 28 — места находок конусов разрушения; 29 — элементы залегания осадочных пород; кружками показана приблизительная граница распространения импактитов, аналогов формации Онапинг структуры Садбери

мире известны случаи формирования крупных скоплений платино-медно-никелевых руд, связанных с катастрофическими явлениями, а именно с падением на Землю крупных космических тел. Яркий пример такого события — структура Садбери в Канаде с находящимися в ее краевых частях многочисленными платино-медно-никелевыми месторождениями. Структура размещается в краевой части Канадского щита, в его архейском гранито-гнейсовом основании и протерозойском чехле гуронской серии. Образование структуры связывается с падением крупного астероида (рис. 3), вызвавшего плавление коровых толщ и формирование кратера диаметром около 100 км [6, 11]. При этом были мобилизованы нижележащие рудные массы, поднявшиеся по краевым частям возникшей структуры и сформировавшие знаменитые месторождения Садбери. В связи с этим целесообразно обратить внимание на сравнительно недалеко расположенную от г. Норильска, аналогичную Садбери, структуру, именуемую Попигайской астроблемой [3]. Подобно Садбери, она находится в краевой части кристаллического (Анабарского) щита, в его архейском основании и платформенном протерозойском чехле (рис. 4; см. рис. 2); имеет близкий к первоначальному Садбери диаметр (~100 км), характеризуется подобными объемом (до 10 000 км³) и мощностью (~1000 м) расплава, сформировавшегося при ударе космического тела [6]. Отличие состоит в меньшей эродированности Попигайской структуры (на современном срезе размер структуры Садбери составляет 60×27 км) и слабой изученности ее глубоких уровней.

В региональных геофизических полях Попигайская структура проявляется как округлая депрессия, внутри которой имеются локальные гравитационные и магнитные аномалии [2, 3]. Севернее структуры фиксируются крупные магнитные аномалии, связываемые с основными и ультраосновными телами, находящимися на небольшой глубине [2].

Таким образом, на площади Попигайской структуры и в ее окрестностях целесообразно поставить геофизические, рудно-петрологические и геохимические исследования для выяснения ее глубинного строения и возможностей нахождения в краевых частях структуры платино-медно-никелевых руд садберского типа. К первоочередной относится северная окраина структуры с имеющимися здесь крупными магнитными аномалиями, доступными для проверки бурением сравнительно неглубоких скважин.

Основные выводы сводятся к следующему.

1. Наибольший промышленный интерес по-прежнему представляют магматические образования норильского типа, проявленные в основном в пределах Норильского рудного района, остающегося наиболее перспективным на обнаружение новых залежей платино-медно-никелевых руд.

2. Главная задача геологоразведочных работ состоит в планомерном опосковании перспективных площадей с концентрацией усилий на выявлении вытянутых в одном направлении интрузивных тел и их прослеживании по направлению вытянутости.

3. Требуется выполнение методически новых петрологических и изотопно-геохимических исследований, позволяющих судить об источниках поступления и направления течения магм, механизмах и местах накопления рудных веществ.

4. Перспектива сырьевой базы Норильского комбината в основном определяется сравнительно бедными вкрапленными рудами. Для сохранения его рентабельности необходимо внедрение более совершенных методов переработки руд, обеспечивающих высокую степень извлечения металлов (особенно платиновой группы) и резкое снижение материальных и людских затрат. К таковым относятся автоклавная гидротермально-транспортная технология и оборудование, разработанные в ЦНИГРИ и ГИНЦВЕТМЕТЕ.

5. В ближайшие годы необходимо провести специализированные поиски на перспективных площадях, сопровождаемые соответствующими, в том числе упоминавшимися выше, научно-исследовательскими работами; приступить к внедрению высокорентабельных технологий переработки руд; исследовать Попигайскую структуру на предмет возможного нахождения в ней крупных рудных скоплений садберского типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годлевский М.Н., Лихачев А.П. Медно-никелевое рудообразование в Норильском районе // Генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск, 1983. Т. 1. С. 47—54.
2. Левин Д.В., Крюков С.М., Карасик А.М. Аэромагнитная съемка центрального сектора Советского Союза // Аэромагнитная съемка в геологии. М., 1963. С. 85—97.
3. Масайтис В.Л., Михайлов М.В., Селивановская Т.В. Попигайский метеоритный кратер. — М.: Наука, 1973.
4. Applications of the ¹⁹⁰Pt-¹⁸⁶Os isotope system to geochemistry and cosmochemistry / R.J.Walker, J.W.Morgan, E.S.Beary a. o. // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1997. Vol. 61. № 22. P. 4799—4807.

5. *Geodynamics of magmatic Cu-Ni-PGE sulfide deposits: New insights from the Re-Os isotope system* / D.D.Lambert, J.G.Foster, L.R.Frick a. o // *Econ. Geol.* 1998. Vol. 93. № 2. P. 121—136.
6. *Grieve R.A.F.* An impact model of the Sudbury structure. *Proceedings of the Sudbury-Noril'sk Symposium* // Ontario Geological Survey. 1994. Special vol. 5. P. 119—132.
7. *King D.A., Ahrens T.J.* Shock compression of iron sulphide and possible sulphur content of the earth's core // *Nature Physical Science.* 1973. Vol. 243. June 4. P. 82—83.
8. *Larson R.L., Olson P.* Mantle plumes control magnetic reversal frequency // *Earth and Planetary Science Letters.* 1991. Vol. 107. P. 437—447.
9. *Likhachev A.P.* Sulfides of Noril'sk copper-nickel-PGE deposits as the earth core substance // *IAGOD Symposium, Orleans, France. Abstracts supplement N 3 to Terra nova.* 1993. Vol. 5. P. 28.
10. *Likhachev A.P.* The discovery of a new Maimecha-Kotuyskaya platinum bearing province in the north of the Siberian platform: prognosis and its practical corroboration // *8th International Platinum Symposium. Abstract.* Rustenburg. 1998. P. 203—205.
11. *Peredery W.V., Morrison G.G.* Discussion of the origin of the Sudbury structure. The geology and ore deposits of the Sudbury structure // Ontario Geological Survey. 1984. Special vol. 1. P. 491—511.
12. *Re-Os isotopic evidence for an enriched-mantle source for the Noril'sk-type ore-bearing intrusions, Siberia* / R.J.Walker, J.W.Morgan, M.F.Horan a. o. // *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 1994. Vol. 58. № 19. P. 4179—4197.

УДК 553.32.064.001.8

© В.В.Голота, 2000

КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАРГАНЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ

В.В.Голота (Управление по геологии и использованию недр Республики Башкортостан)

Накопление марганца связывается с восстановительными условиями застойных эпиконтинентальных морей, их осушением и резким падением pH растворов вследствие окисления сероводорода. Выпадение марганца происходит на щелочном барьере, где кислые растворы более древнего подготовительного водоёма нейтрализуются слабощелочными водами встречной трансгрессии в смежной некомпенсированной впадине.

Современное состояние марганцеворудной базы в России вызывает серьезные опасения, так как казахстанские источники марганца оказались за рубежом, а мелкие объекты Зауралья почти полностью отработаны и некоторые металлургические предприятия вынуждены закупать марганец в дальнем зарубежье — в Габоне, например. В этих условиях, по мнению автора, расшифровка генезиса марганцевых месторождений приобретает особую актуальность. Непонимание генезиса промышленных концентраций марганцевых руд влечет за собой неверный прогноз. Последний предопределяет неправильное направление геологоразведочных работ и отсутствие положительных результатов при поисках месторождений.

Зависимость черной металлургии от поставок марганцеворудного сырья из Украины, Казахстана и Грузии влияет на все другие аспекты взаимоотношений России с этими государствами. Принятие управленческих решений о развитии и промышленном

освоении собственной марганцеворудной базы без ясного понимания природы и перспектив геологических объектов может повлечь отрицательные последствия не только в экономическом плане, поскольку такие решения затрагивают интересы экспортеров. Поэтому успех геологоразведочных работ на марганец должен быть обеспечен (гарантирован) правильным расходованием ассигнований на эти цели. Перечисленные ниже критерии поискового прогнозирования марганцевого оруденения, по мнению автора, будут служить этому.

1. Главное отличие марганцеворудного процесса от всех других и неожиданная для большинства его исследователей особенность заключается в том, что истинные растворы марганца подвижны, поэтому они не остаются в жестко фиксированной позиции в течение всей геологической истории развития Земли, и если вызванная тектонической обстановкой принудительная миграция тяжелых сероводородных растворов не встречает на своем

пути мелководные аэрирующие препятствия, то весь накопленный в этих водах марганценозный потенциал (миллиарды тонн) способен целиком медленно перемещаться из котловины в котловину, из впадины во впадину, из синеклизы в синеклизу.

2. В цепи марганцевого рудогенеза на континенте различаются пространственная и временная составляющие, главное направление и побочные. Звеньями этой цепи в пространстве являются застойные впадины внутренних водоемов геосинклиналей, передовых прогибов и синеклиз. Каждое такое звено может содержать промышленное месторождение марганца в том борту депрессии, который обращен в сторону более древней подготовительной впадины. В Уральском регионе можно различить широтное направление смещения марганцевого рудообразования — из внутренних водоемов в краевые прогибы и меридиональное — от Новой Земли до Прикаспийской впадины и Тургайского прогиба. Главное направление течения марганцеворудного процесса — постепенное увеличение запасов растворенного металла в более поздних подготовительных бассейнах, обусловленное слиянием растворов из многочисленных разновременных впадин замыкающейся геосинклинали в стабильные и крупные депрессии краевых прогибов и платформ.

3. Континентальный марганцеворудный процесс начинается в геосинклиналях, а завершается на окраинах платформ. В нестабильных условиях геосинклиналей марганцеворудный процесс не приводит к образованию крупных месторождений, так как в небольших водоемах проливного типа запасы металла в растворах невелики, а смещение щелочного барьера под напором вод пролива снижает его эффективность. Сказывается и недостаток нейтрализатора — щелочных вод встречной трансгрессии, в связи с чем рудные образования водоемов проливного типа не концентрируются в форме компактных залежей, а вытягиваются в направлении течения рудоносных растворов на многие десятки километров (Зианчуринская группа). На окраине платформы колоссальные запасы металла, накопленные в сероводородных котловинах стабильных синеклиз, разгружаются в малоподвижные воды океанического шельфа и почти полностью нейтрализуются их щелочами, что приводит к образованию крупных и очень крупных месторождений (Грут-Эйланд, Моанда, Никополь). На окраине континента марганцеворудный процесс не прекращается,

он лишь трансформируется в океаническое конкреционное образование.

4. Образованию месторождения марганца всегда предшествует геократический режим обширного внутриконтинентального бассейна, продолжительность которого исчисляется геологическими веками, эпохами, периодами и иногда — эрой. Только продолжительное накопление марганца в анаэробной восстановительной обстановке обеспечивает необходимое исходное условие образования промышленного месторождения.

5. Марганцеворудный процесс дискретен и непрерывен одновременно, поскольку продолжительная аккумуляция металла в зонах аноксий лишь на короткое время прерывается выпадением его из растворов в окислительных условиях. Каждая некомпенсированная впадина рудоотложения со временем превращается в подготовительный бассейн для последующих эпох рудообразования, поэтому от любого звена рудогенеза можно проследить всю цепь как в геологическое прошлое, так и в будущее.

6. Марганец осаждается в результате строго определенного сочетания случайных геологических событий и закономерных изменений физико-химических параметров водной среды: выщелачивание марганца из горных пород с кларковым его содержанием — сепарация (освобождение от элементов-спутников) на путях миграции в процессе эфемерного рудоотложения (Н.М.Страхов, А.Г.Бетехтин, В.И.Грязнов и др.) — продолжительная аккумуляция в анаэробной зоне системы подготовительных бассейнов (В.В.Мокиевская, Б.А.Скопинцев, Д.Г.Сапожников и др.) — окисление сульфидных вод в процессе регрессии, аэрации, распада и разгрузки через проливы последнего в цепи рудогенеза подготовительного водоема — формирование кислых растворов с высокими концентрациями марганца — нейтрализация кислых растворов в слабощелочных водах бассейна рудной садки — коллоидная концентрация и сорбция золью взвесями терригенного и вулканического происхождения — седиментация коагелей в неспокойной обстановке авандельты — перемещение и захоронение рудного осадка — диагенез — дегидратация — гипергенез в окислительной и восстановительной обстановках. Никакое иное сочетание перечисленных явлений не приводит к образованию значительных скоплений марганца, поэтому промышленным типом его месторождений может быть только один — осадочный.

7. Чем менее длительными были фазы сепарации и аккумуляции марганца, тем более железистыми будут руды. В этом заключается главное отличие месторождений, формировавшихся в спокойных условиях геосинклиналей, от месторождений краевых прогибов и наложенных впадин платформ. Поэтому большое число считающихся вулканогенными месторождений нужно вернуть в перечень осадочных; вне зависимости от количества вулканогенного компонента в рудах основной потенциал металла этих месторождений имеет все же аккумулятивное происхождение подготовительной стадии и поэтому же поиски «марганценосных» вулканов и разломов бесперспективны, а выявление черноцветных разрезов подготовительных сероводородных котловин и связанных с ними наложенных впадин продуктивно.

8. Наиболее полное и эффективное завершение конечных стадий аккумуляции марганца и седиментации руд приходится на время существенной аридизации климата, что объясняется уменьшением растворимости кислорода и соответствующим увеличением объема анаэробной зоны, а также увеличением концентраций растворимых солей, которые в подготовительном водоеме повышают растворимость соединений марганца, а в бассейне рудной садки способствуют их дегидратации. Поэтому присутствие в регионе более поздних осадков галогенной формации, замещающей марганцевый рудогенез подготовительного бассейна, нужно считать положительным поисковым критерием.

9. Промышленные месторождения марганцевых руд своим происхождением обязаны регрессии подготовительного водоема, которая происходит одновременно с тектоническим заложением крупной впадины, принимающей через мелководные проливы кислые марганецсодержащие воды подготовительного бассейна. Поэтому все крупные месторождения окисных руд марганца залегают в терригенных осадках бортов некомпенсированных впадин и прогибов. Одиночный пролив на безрудном этапе существования размывает свои же продуктивные отложения, а в системе проливов наиболее крупный из них (например, Днепровский), обладающий наибольшей скоростью эрозионного вреза, перехватывает сток вод у менее производительных (например, у Никопольского, Токмакского, Ингулецкого) и тем предохраняет их рудные осадки от размыва на пострудном этапе. Этим объясняется, что месторождения марганца не

единичны, а всегда образуют в бассейне группу марганцеворудных объектов. Необратимая разгрузка подготовительного бассейна может произойти только однажды, поэтому необъяснимые на первый взгляд «вспышки» марганцевого рудогенеза (как и бокситорудного процесса) никогда не повторяются.

10. Главные геохимические барьеры в марганцевом рудообразовании — окислительный барьер в подготовительном водоеме и щелочной — в конечном бассейне рудной садки. Эффективное действие окислительного барьера зависит от режима стока вод подготовительного бассейна через проливы, в которых завершаются аэрация и окисление застойных вод, а повышенная скорость течения препятствует осаждению образующихся коагелей и дисперсоидов марганца. Эффективность щелочного барьера определяется его контрастностью, т.е. перепадом рН кислых рудоносных вод пролива и нейтральных — конечного бассейна рудоотложения.

11. Полное и необратимое подавление сероводородного заражения в подготовительном бассейне сопровождается окислением сульфидов до сульфатов, резким снижением рН водной среды, образованием ацидокомплексов марганца и повышением его концентраций на стратифицированном уровне водоема до многих десятков грамм на литр, что означает формирование молекулярного рудоносного раствора.

Формирование кислых рудоносных растворов в заключительной фазе химической эволюции вод континентального бассейна сопровождается садкой бескарбонатных глин «майкопского» облика, присутствие которых в кровле черноцветного разреза служит отличительным признаком подготовительного бассейна и может указывать на рудонакопление в расположенной ниже некомпенсированной впадине. Признаком рудовмещающей структуры являются установленные И.М.Варенцовым (1962) песчано-глинистые отложения зеленовато-серого цвета (с глаукоцитом) в переслаивании с оолитовыми известняками.

12. Приток кислых растворов марганца в нейтральные воды конечного бассейна сопровождается распадом комплексных соединений истинных растворов, коагуляцией, сорбированием рудного вещества взвесями твердого стока и седиментацией руд в авандельте пролива. Местоположение погребенного палеопротока определяется по линейным понижениям кровли дорудных образований в

разделяющей водоемы структуре. Осадительным барьером физической аэрации может служить также любое мелководное препятствие на пути перетока тяжелых сероводородных вод подготовительного бассейна (литораль впадины, архипелаг островов, тектоническая ступень).

13. Седиментация первичноокисных руд завершается формированием промышленных залежей лишь при непереносимом и дозированном участии терригенного или вулканогенно-терригенного компонента, который обеспечивает сорбцию рудного вещества и предохраняет осадок от повторного редуцирования (растворения) в восстановительных условиях донных отложений. Избыточное поступление обломочного материала влечет разубоживание руд, а недостаточное сопровождается формированием бедных марганцем карбонатных отложений. Поэтому залежи наиболее ценных окисных руд находятся в терригенных осадках, и промышленными считаются маломощные (0,5—1 м) слои пероксидов марганца, а не многометровые толщи убогих манганокальцитовых отложений.

14. Подготовительный этап марганцевого рудообразования — один из самых продолжительных геологических процессов, а заключительная фаза переноса марганцевого раствора водами пролива и садки коагеля в авандельте по скоротечности (годы, месяцы) вполне может быть причислена к ряду катастрофических явлений природы. В этой скоротечности седиментации находится единственное рациональное объяснение противоестественного залегания дисперсных хемогенных руд среди гидродинамически активных обломочных отложений шельфа.

15. В зоне гипергенеза месторождения марганцевых руд разрушаются с выщелачиванием полезного компонента кислородными водами, но еще быстрее марганец растворяется и переносится термальными сероводородными; и те и другие легко мигрируют по проницаемым песчаным слоям рудных отложений. Поэтому нахождение марганца в твердой фазе рудных месторождений

представляет собой всего лишь эпизод в геохимической жизни этого металла на планете, а районы галогенеза и проявлений углеводородов малоперспективны на обнаружение более или менее древних богатых по содержаниям марганца месторождений (Лабинское, Мангышлакское, Улутелякское). Садка руд на кристаллическое основание (Никопольский бассейн) лучше предохраняет их от растворения сероводородными водами, чем залегание в рыхлых осадках нефтегазоносных формаций.

16. Образование некоторых из прибрежно-морских месторождений бокситов, по-видимому, связано с начальной фазой формирования кислых марганецсодержащих растворов в интервале изменений pH от нейтральных к слабокислым (7→6). Боксито-рудный седиментогенез в подготовительном водоеме с анаэробными условиями завершается в начальной стадии формирования кислых растворов, а седиментация руд марганца начинается при нейтрализации кислых вод пролива в слабощелочной среде конечного бассейна, поэтому руды алюминия и марганца никогда не находятся в совместном залегании. Однако общая история продолжительной аккумуляции некоторых рудных элементов в восстановительной среде континентальных морей предполагает некогда существовавшую гидродинамическую связь между подготовительным водоемом и марганце-, боксито- и железорудным бассейнами. Следовательно, известные месторождения марганцевых руд определенно указывают на присутствие высокоглиноземистых отложений в более древних морских фациях подготовительного бассейна, а обнаружение бокситов может рассматриваться в качестве положительного критерия прогнозирования марганцевого оруденения более позднего возраста в отложениях впадин, расположенных ниже на пути перетока вод. Месторождения железа, образующиеся за счет пирита подготовительного бассейна, оказываются наиболее поздним членом триады Al—Mn—Fe.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.078:553.41 (571.661)

© Н.М.Большаков, Р.Б.Газизов, С.С.Вартанян, 2000

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ТЫМЛАТСКОГО РУДНОГО УЗЛА, КАМЧАТКА

Н.М.Большаков, Р.Б.Газизов (ОАО «Камгео»), С.С.Вартанян (ЦНИГРИ МПР России)

Рассмотрены основные закономерности размещения Тымлатского рудного узла и проявлений золото-серебряной минерализации в его пределах. На примере открытых в последние годы золоторудных проявлений показано, что перспективы расширения минерально-сырьевой базы золота Камчатской области и Корякского автономного округа связаны с выявлением новых объектов жильно-прожилкового эпитермального золото-серебряного оруденения кислотно-сульфатного типа.

Камчатская золотоносная провинция как одна из типичных в системе островных дуг Тихого океана известна эпитермальными месторождениями адуляр-серицитового типа, связанными со щелочными метасоматитами (Epithermal gold deposits low sulfidation style — LS). К данному типу можно отнести большинство из опробованных и разведанных месторождений Камчатки.

Анализ аналогичных зарубежных регионов показывает, что значительный прирост запасов золота в последнее время осуществляется за счет эпитермальных золото-серебряных месторождений сульфатно-кислого типа (Epithermal gold deposits high sulfidation style — HS), связанных с метасоматитами алуנית-каолинит-кварцевого состава. Данный тип месторождений на Камчатке практически не изучен, а из известных объектов к нему относится Озерновское. В то же время в мире месторождения HS-типа успешно отрабатываются и имеют крупные и уникальные запасы золота, т: Ла-Койпа — 126, Эль-Индио — около 140, Пуэбло-Вьехо — более 600, Голдфилд — 145. Рудные тела этих месторождений обычно представлены штокверками (или зонами) прожилково-вкрапленных руд и жилами в гидротермально измененных породах алуנית-каолинит-кварцевого состава. Как правило, промышленное оруденение в HS-месторождениях связано с порфировыми

системами и локализуется в их надрудной и верхнерудной частях на небольшой площади — первые квадратные километры (например, месторождения Эль-Индио — 2 км², Голдфилд — 3 км²). Площади же рудных полей с промышленным оруденением LS-типа могут достигать десятков и даже сотен квадратных километров (Гуанохуато — 189 км²).

В связи с необходимостью наращивания минерально-сырьевой базы рудного золота Камчатки компанией «Камгео» в последние годы целенаправленно велись работы по выделению площадей благоприятных для формирования месторождений золота HS-типа. В качестве одной из перспективных была выбрана северо-восточная часть (2500 км²) Оссорского рудного района в пределах миоцен-плиоценового Центрально-Камчатского вулканического пояса (ЦКВП). Здесь по данным литохимической съемки по потокам рассеяния в результате регионального геолого-минерагенического картирования в середине 90-х годов было установлено, что большую часть площади слагают потенциально рудоносные магматические формации — миоценовая андезитовая (умувайянский вулканогенный комплекс) и миоцен-плиоценовая андезито-дацитовая (толятовьянский вулканогенный комплекс); на значительной части площади развиты обширные поля (до 10 км² и более) гидротермально измененных

пород — аргиллизитов, вторичных кварцитов и монокварцитов с ассоциацией элементов медно-порфировой и золото-серебряной рудных формаций; оконтурено 30 аномальных геохимических полей с оценкой ресурсов золота в 240 т.

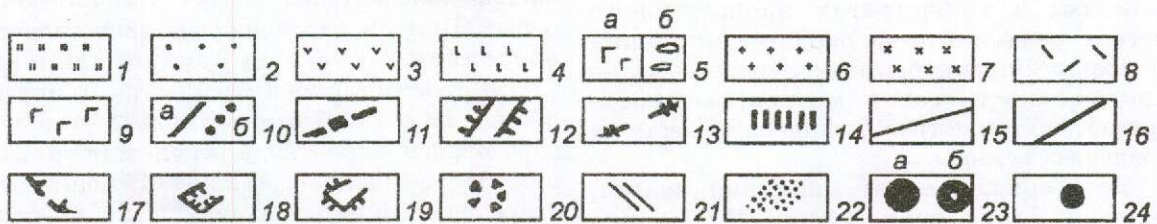
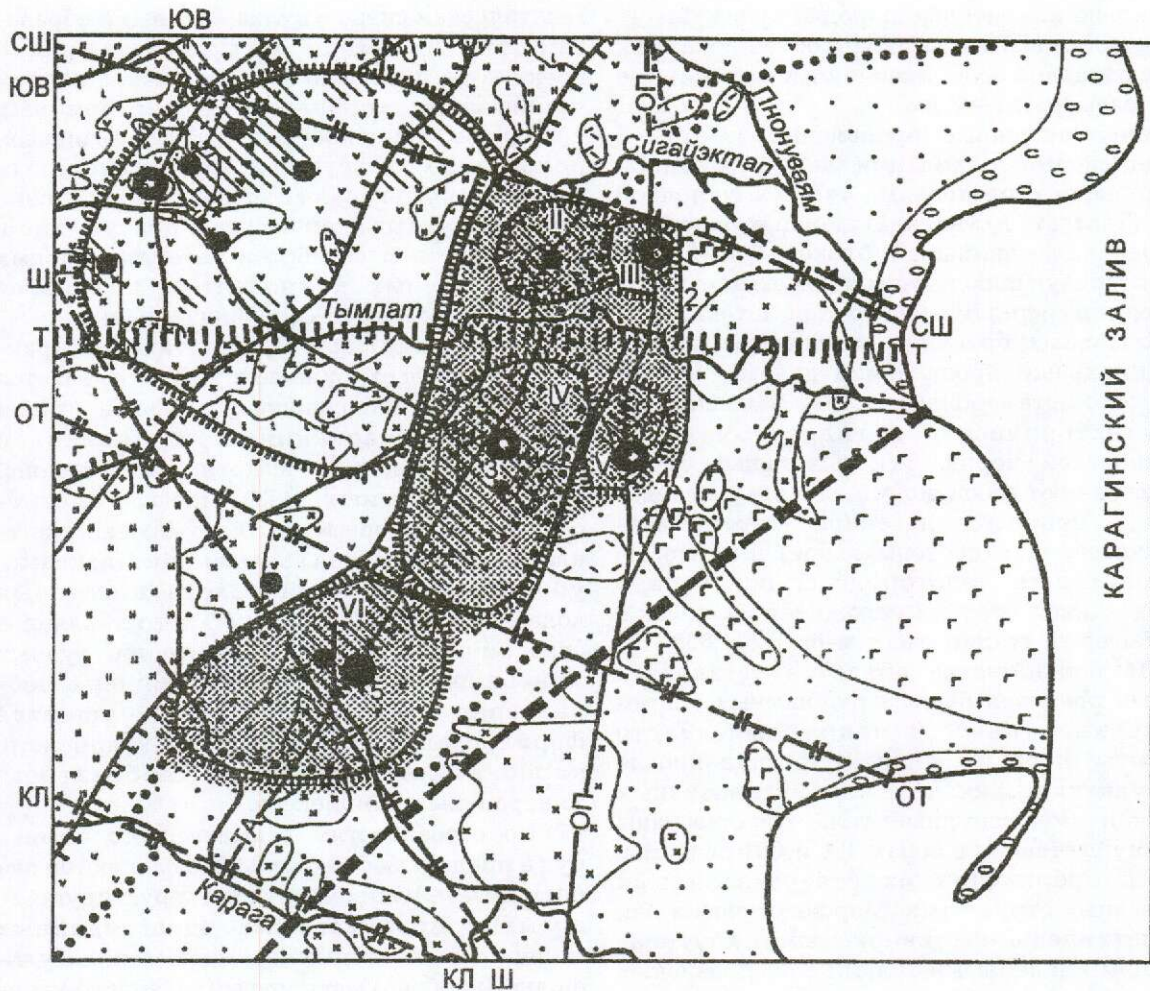
С 1997 г. по настоящее время работами специалистов ОАО «Камгео» совместно с ЦНИГРИ в пределах Оссорского золото-рудного района выявлены высокоперспективные рудопроявления золота, которые сгруппированы в пределах четырех рудных узлов (с юга на север): известного ранее Эруваямского, вновь открытого Тымлатского и прогнозируемых слабо изученных Ваняваям-Сигаиктапского и Кичигинского.

Наибольшее количество объектов HS-типа находится в пределах Тымлатского рудного узла (ТРУ) размером 15×40 км, в пределах которого расположены сближенные рудоносные вулканотектонические структуры II порядка (ВТС-II) (рисунок). Фундамент Центрально-Камчатского вулканического пояса [2—5] представлен сильно дислоцированными геосинклинальными вулканогенно-кремнистыми образованиями позднего мела в западной части ТРУ и эоцен-миоценовой флишовой и молассовой формациями преимущественно в его восточной части. В целом структурный план ТРУ определяется положением его в зоне пересечения глубинных разломов северо-восточного (общекамчатского) и северо-западного (алеутского) направлений. С востока ТРУ ограничен Оссорско-Укинским разломом I порядка, отделяющим Западно- и Восточно-Камчатскую структурно-формационные зоны от нефте-газоперспективного Литкенского рифта; на западе — зоной магмоконтролирующего Центрально-Камчатского глубинного разлома (ЦКГР), отвечающего срединной полосе горстовых поднятий, выраженных крутой ступенью гравитационного поля. С севера и юга крупноамплитудные правосторонние сбросо-сдвиги II порядка алеутского направления (Сигаиктап-Шаманкинский и Карагинско-Лесновский соответственно) ограничивают ареал развития гидротермально измененных пород. Внутри Тымлатского рудного узла выделяются две субпараллельные зоны, контролирующие размещение рудоносных ВТС: западная вдоль северо-восточного Тыкляваям-Асуваямского (ТА) разлома с погруженным фундаментом и восточная вдоль субмеридионального Оссорско-Пновуаямского (ОП) разлома с выведенным на поверхность фундаментом.

Западная зона сложена породами нижнего структурного яруса ЦКВП и представляет собой три слившиеся депрессионные ВТС-II — Тыкляваямскую, Толятоваямскую, Асуваямскую-2 диаметром от 8 до 15 км. На их флангах картируются периклинально падающие (10°) на запад и восток эффузивно-пирокластические толщи, являющиеся фрагментами соответствующих палеовулканов. Питающие системы палеовулканов, представленные миоцен-плиоценовыми субвулканическими телами диоритовых порфиритов — риодацитов, обнажены на поверхности и контролируют единую зону гидротермально измененных пород (монокварциты, алунитовые и каолиновые вторичные кварциты) протяженностью 37 км и шириной до 5 км. В пределах Толятоваямской и Асуваямской-2 ВТС реконструируются фрагменты линейных эрозионных кальдер, заложенных по эшелонированной системе пологих ($20-50^\circ$) северо-восточных ($25-30^\circ$) разломов, которые определяют размещение фаций гидротермально измененных пород и различных блоков, испытавших горизонтальные и вертикальные перемещения различной амплитуды. В результате сформировался характерный ступенчатый рельеф.

Восточная зона вулканотектонических структур II порядка, состоящая из Лингвэрэнского и Асуваямского-1 тектономагматических куполов диаметром 4—6 км, размещается в верхнем структурном ярусе фундамента, а эффузивно-пирокластические образования ЦКВП эродированы, сохранились лишь питающие системы палеовулканов, представленные субвулканической фацией верхнего яруса (плиоцен). Эти структуры, выраженные слабо эродированными куполами высотой 200—400 м, характеризуются периклинальным залеганием осадочных пород, их сильным динамо- и контактовым метаморфизмом, локализацией в ядерной части субвулканических тел, а в завершающую стадию формирования эксплозивных брекчий периклинальным падением куполообразующих разломов, чешуйчато-блоковым строением фронтальной части купола и радиальной системой разломов.

Рудовмещающий субвулканический комплекс плиоценового возраста сформировался в три фазы: в первую произошло формирование штоков диоритов и кварцевых диоритов; во вторую внедрились экстрезивные купола андезитодацитов; в третью, завершающую, — рудовмещающие линейные и трубообразные тела эксплозивных брекчий, штоки и дайки дацитов-риодацитов. Гидро-



Геолого-структурная схема Тымлатского рудного узла, с использованием материалов Н.Т.Демидова, Б.А.Марковского, Ю.А.Новоселова [2—5]:

нижний структурный ярус — структурно-вещественные комплексы (СВК) основания ЦКВП: 1 — верхнемеловой вулканогенно-кремнистый, 2 — эоцен-миоценовый терригенный; верхний структурный ярус — СВК ЦКВП: 3 — миоценовый андезитовый, 4 — миоцен-плиоценовый андезито-дацитовый, 5 — плиоцен-нижнечетвертичный (а — вулканогенный, б — терригенный); интрузии и субвулканические тела: 6 — позднемеловые, 7 — миоценовые, 8 — плиоценовые, 9 — раннечетвертичные; 10 — границы (а — структурных ярусов, б — ЦКВП на современном эрозионном срезе); глубинные разломы I порядка: 11 — Оссорско-Укинский, 12 — Центрально-Камчатский магмоконтролирующий; глубинные разломы II порядка: 13 — поперечные алеутского направления (СШ — Сигайэктап-Шаманкинский, ОТ — Оссорско-Тевинский, Ш — Шаманкинский, КЛ — Карагинско-Лесновский), 14 — широтный (Т — Тымлатский), 15 — северо-восточный (ЮВ — Южно-Вывенский); 16 — глубинные разломы III порядка (ОП — субмеридиональный Оссорско-Пноуваямский, ТА — северо-восточный Тыкляваям-Асуваямский); 17 — граница Кичигинской впадины; вулканотектонические структуры: 18 — депрессионные (I — Тымлат-Сигайэктапская, II — Асуваямская-2, IV — Толятаваямская, VI — Тыкляваямская), 19 — купольные (III — Асуваямская-1, V — Лингвэрэнская); 20 — палеокальдеры; 21 — поля гидротермально измененных пород; 22 — площадь Тымлатского рудного узла; 23 — рудопроявления золота (а — перспективные, б — кислотно-сульфатного типа); 1 — Ваняваям, 2 — Асуваям-1, 3 — Толятаваям, 4 — Тымлат, 5 — Тыкляваям; 24 — прочие проявления золотой минерализации

термально измененные породы, преимущественно аргиллизиты, развиты более локально, чем в западной зоне, и слагают изометричные поля размером 1—3 км.

Многочисленные проявления золото-серебряной минерализации как в западной (Тыкляваям, Толятоваям), так и в восточной зоне (Тымлат, Асуваям-1) сконцентрированы в пределах локальных блоков 0,5—3 км², характеризующихся насыщенностью субвулканическими телами (экструзии, штоки, тела взрывных брекчий) различного состава, максимальным проявлением динамо- и контактового метаморфизма, а также максимальной тектонической и гидротермальной проработкой пород. Эти локальные блоки представляют собой долгоживущие унаследованные центры эндогенной (тектонимагматической и гидротермальной) активности. Компактность золоторудных объектов в определенной степени осложняет их поиски, тем более на стадии работ м-ба 1:200 000 [1].

На большинстве объектов установлен слабый эрозионный срез рудоносных систем — верхнерудный и надрудный. Часто вскрыты лишь их верхние части в кровле субвулканических тел или взрывных брекчий. Золоторудные тела локализованы преимущественно в зонах ТА и ОП разломов или в оперяющих их северо-западных разрывных структурах. Морфологически они представлены штокверковыми крутопадающими линейными телами в взрывных брекчиях и туффизитах риодацитового состава, реже в штоках риолитов — гранит-порфиров. Параметры этих рудоносных тел (протяженность сотни метров, мощность первые десятки метров) позволяют отнести их к большеобъемным.

Все геохимические аномалии золота, выделенные на территории ТРУ, можно объединить в две геохимические зоны, соответствующие западной и восточной зонам рудоносных ВТС, приуроченных к ТА и ОП разломам. Комплексные аномалии серебра, свинца и цинка с золотом характерны для западной зоны гидротермально измененных пород, в восточной зоне к ним добавляются аномалии мышьяка. Аномалии меди обнаружены в пределах обеих зон и относятся, по-видимому, к вскрытому эрозией на надрудном уровне более раннему медно-порфировому оруденению, связанному с проявлениями щелочного магматизма.

Золоторудная минерализация характеризуется разнообразием минеральных типов. Геолого-генетические особенности (малоглубинные условия рудогенеза; тесная пара-

генетическая связь с вулканогенными образованиями, в том числе с взрывными брекчиями; пространственная связь с полями пропицитов, аргиллизитов и вторичных кварцитов; широкое развитие брекчиевых, полосчатых текстур и метаколлоидных структур руд; неравномерное распределение главных рудных компонентов; присутствие в рудах золота и серебра в качестве главных промышленных компонентов) позволяют отнести их к золото-серебряной формации.

Оруденение формируется стадийно. Практически для всех проявлений ТРУ отмечается развитие ранней слабопродуктивной стадии минералообразования, представленной пирит-кварцевым, а в пределах восточной ветви рудоносных ВТС еще и гематит-серицит-кварцевым и пирит-арсенопирит-кварцевым минеральными комплексами, уровень содержания золота в которых колеблется от 0,2 до 4 г/т и составляет в среднем около 1 г/т, а количество рудных минералов 3—5%. Процесс минералообразования, как правило, завершается формированием послерудных кварцевого, карбонат-кварцевого и карбонатного минеральных комплексов.

По особенностям вещественного состава руд в пределах объектов ТРУ выделяются два последовательно сменяющих друг друга во времени продуктивных одностадийных минеральных комплексов: золото-полисульфидно-(карбонат)-кварцевый и золото-кварцевый. Причем последний выявлен только в восточной зоне. На рудопроявлении Скалистое золото-антимонит-полисульфидно-кварцевый минеральный комплекс образовался, вероятно, в результате наложения более поздней кварц-антимонит-бертьеритовой минерализации на золото-полисульфидно-кварцевую.

Главные отличия золото-серебряных руд на различных проявлениях отражены в характере развития и вещественном составе продуктивных минеральных комплексов. Наиболее ярко это выражено в составе парагенетических ассоциаций самородного золота с рудными минералами, тогда как состав жильных минералов на различных проявлениях более однороден.

Жильные минералы продуктивных минеральных комплексов представлены кварцем, карбонатом (в том числе кальцитом и анкеритом), баритом, алунином, каолинитом, гидрослюдой и серицитом, которые присутствуют в разных соотношениях при ведущей роли кварца в составе руд боль-

шинства проявлений, а в западной зоне еще анкерита и барита.

Характерными особенностями рудных тел, сложенных золото-полисульфидно-(карбонат)-кварцевым минеральным комплексом, являются: повышенная сульфидность руд (3—5%); часто более 1% содержание цветных металлов; ведущая роль среди рудных минералов галенита, сфалерита, халькопирита, пирита, арсенопирита, второстепенная — блеклых руд, сульфосолей серебра (пираргирит и полибазит), самородного золота и др.; повышенная мышьяковистость руд (до 1%) за счет арсенопирита; проба самородного золота 850—950; золото-серебряное отношение в рудах от 2:1 до 1:90 и очень редко (при широком развитии в рудах блеклых руд и сульфосолей серебра) до 1:550.

Золото-кварцевый минеральный комплекс характеризуется меньшим количеством рудных минералов — менее 1% и полезных компонентов в рудах (золото и серебро), устойчивой ассоциацией золота с кварцем, пробой самородного золота — 600—750.

В пределах рудопроявлений восточной зоны отмечается пространственная совмещенность двух продуктивных минеральных комплексов, что нашло отражение в более высоких перспективах восточной группы рудопроявлений.

Особенности рудных минералов и их количественные соотношения в продуктивных минеральных комплексах различных проявлений ТРУ и характер их локализации могут служить основанием для отнесения изученных руд к золото-галенит-сфалерит-халькопиритовому минеральному типу золото-серебряной формации. Проявления этого минерального типа отличаются близким набором жильных и рудных минералов, повышенной сульфидностью руд, наличием двух парагенезисов самородного золота (с кварцем и сульфидами), пробой золота 600—750 и 850—950 соответственно, повышенными содержаниями цинка, меди, свинца и мышьяка в составе руд. Ведущие рудные минералы продуктивных комплексов на большинстве проявлений — сульфиды цветных металлов, количественные соотношения между которыми значительно изменяются.

На основании имеющихся немногочисленных минералого-геохимических данных с определенной долей условности можно говорить об известных объектах-аналогах. Золото-галенит-сфалерит-халькопиритовый минеральный тип руд проявлен на мелких, средних и крупных месторождениях. Определенные черты сходства с рудопроявлениями

Тымлат, Асуваям-1, Тыкляваям, Толятоваям и другими обнаруживают объекты, расположенные в пределах Восточно-Камчатского и Центрально-Камчатского вулканоплутонических поясов (ВПП) — Кумрочское, Вилучинское, Мутновское, Тутхливаймское, Северное, Каньон, Оганчинское и др., а также Восточно-Сихотэ-Алинского ВПП (Многовершинное), запасы золота в которых варьируют от 10 до 100 т и более. Примером зарубежных месторождений-аналогов могут служить объекты рудного поля Айдахо-Спрингс — Централ-Сити, а также рудного поля Теллурид-Сильвертон (США), где было добыто по 200 т золота в каждом. Здесь главными рудными минералами также являются сульфиды цветных металлов и самородное золото, а развитые локально теллуриды связаны с наиболее поздней стадией минералообразования. Наибольшее, явно преобладающее, значение на этих рудных полях имеют золото-халькопирит-пиритовая и золото-галенит-сфалерит-халькопиритовая минеральные ассоциации. В целом отношение золота к серебру в рудах колеблется от небольшого преобладания золота в золото-кварцевых рудах (2:1—1:1) до преобладания серебра в золото-полисульфидно-кварцевых рудах (1:3—1:20).

В совокупности имеющийся фактический материал по рудопроявлениям Тымлатского рудного узла позволяет сделать следующие выводы.

Выявлено полиформационное оруденение, представленное пространственно совмещенными сменяющимися друг друга во времени минеральными комплексами, из которых ранние слабопродуктивные (гематит-серицит-кварцевый, пирит-арсенопирит-кварцевый и частично золото-полисульфидно-(карбонат)-кварцевый) — в составе порфировых систем, а поздние продуктивные (золото-халькозин-халькопирит-барит-анкерит-кварцевый, золото-кварцевый и частично золото-полисульфидно-кварцевый) — в составе жильно-прожилкового эпitherмального золото-серебряного оруденения кислотно-сульфатного типа (HS-типа). В зависимости от эрозийного среза рудоносных систем намечается смена слабозолотоносных минеральных комплексов продуктивными и соответственно увеличение содержаний золота с глубиной (Тымлат). Многостадийное оруденение сформировалось в миоцен-плиоцене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газизов Р.Б., Большаков Н.М., Вартамян С.С. Опыт подготовки площадей для лицензирования

- на основе поисково-ревизионных работ в золоторудных районах Камчатки // Металлогения и воспроизводство фонда недропользования: Тез. докл. М., 2000. С. 34—36.
2. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Западно-Камчатская. Лист О-58-1. Объяснительная записка / Сост. Н.Т. Демидов. — М., 1978.
 3. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Западно-Камчатская. Лист О-58-11. Объяснительная записка / Сост. Н.Т. Демидов. — М., 1979.
 4. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Западно-Камчатская. Лист О-58-VII, VIII. Объяснительная записка / Сост. Ю. А. Новоселов. — М., 1981.
 5. Геологическая карта СССР масштаба 1:1 000 000. Лист О-57(58). Объяснительная записка / Сост. Б.А. Марковский. — Л., 1989.

УДК 553.078.2:553.41 (571.56)

© Г.Ю.Акимов, 2000

ЛИТОЛОГО-СТРУКТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАГОРНОЕ, ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ

Г.Ю.Акимов (ИГЕМ РАН)

На одном из золото-кварцевых месторождений жильного типа Восточной Якутии, расположенном в углеродисто-терригенных толщах, выделены региональные и локальные факторы рудолокализации. Среди региональных факторов ведущая роль принадлежит экранированию оруденения трансгрессивной алевролитовой толщей раннетриасового возраста в сводах антиклиналей третьего порядка на фронте гранитокупольных поднятий; среди локальных — совмещению рудораспределяющего нарушения с зонами межпластового срыва на границе алевролит — песчаник. Сочетание линейных золотоносных разрывов и сложноскладчатого строения рудовмещающей толщи обуславливает эшелонированное размещение рудных линз в пространстве. В этой связи открывается возможность локального прогнозирования новых рудных тел, в том числе и слепых.

Месторождение Нагорное находится в Верхне-Индигирском районе Якутии, в бассейне верхнего течения р. Неры. Оно располагается в терригенных породах верхоянского комплекса ранних мезозой, на удалении от известных интрузий и является своего рода эталоном месторождений золото-кварцевой малосульфидной формации арсенопиритового типа в терригенных миогеосинклиналиях.

В металлогеническом отношении вместе с другими золотопроявлениями Двойного рудного поля месторождение приурочено к Ольчано-Нерской зоне рудно-россыпной золотоносности (ОНЗ), соотносимой с Нерским антиклинорием. Особенности строения последнего определяются его положением на стыке двух разнородных структур с различной глубиной залегания древнего кристаллического фундамента и неодинаковой мощностью осадочного чехла. Радиально-концентрическое распределение месторождений золота в структуре рудных полей ОНЗ

можно рассматривать как результат их формирования над куполами нескрытых интрузий. Линейно-полосовое [2] распределение самих рудных полей в пределах металлогенической зоны указывает на становление Нерского антиклинория в связи с активизацией древнего структурного шва [5]. Таким образом, положение того или иного рудного объекта в регионе определяется прежде всего положением материнской интрузии и, следовательно, в региональном плане подчиняется тем же закономерностям, что и распределение гранитоидных штоков, т.е. системам пересекающихся разломов. В качестве поискового критерия можно рассматривать приуроченность известных месторождений ОНЗ к изометрическим гравитационным минимумам (Нагорное, Хангалас) площадью порядка 10 км².

Месторождения Двойного рудного поля по условиям локализации можно разделить на два типа: к первому отнесены месторождения, приуроченные к второстепенным разрывным

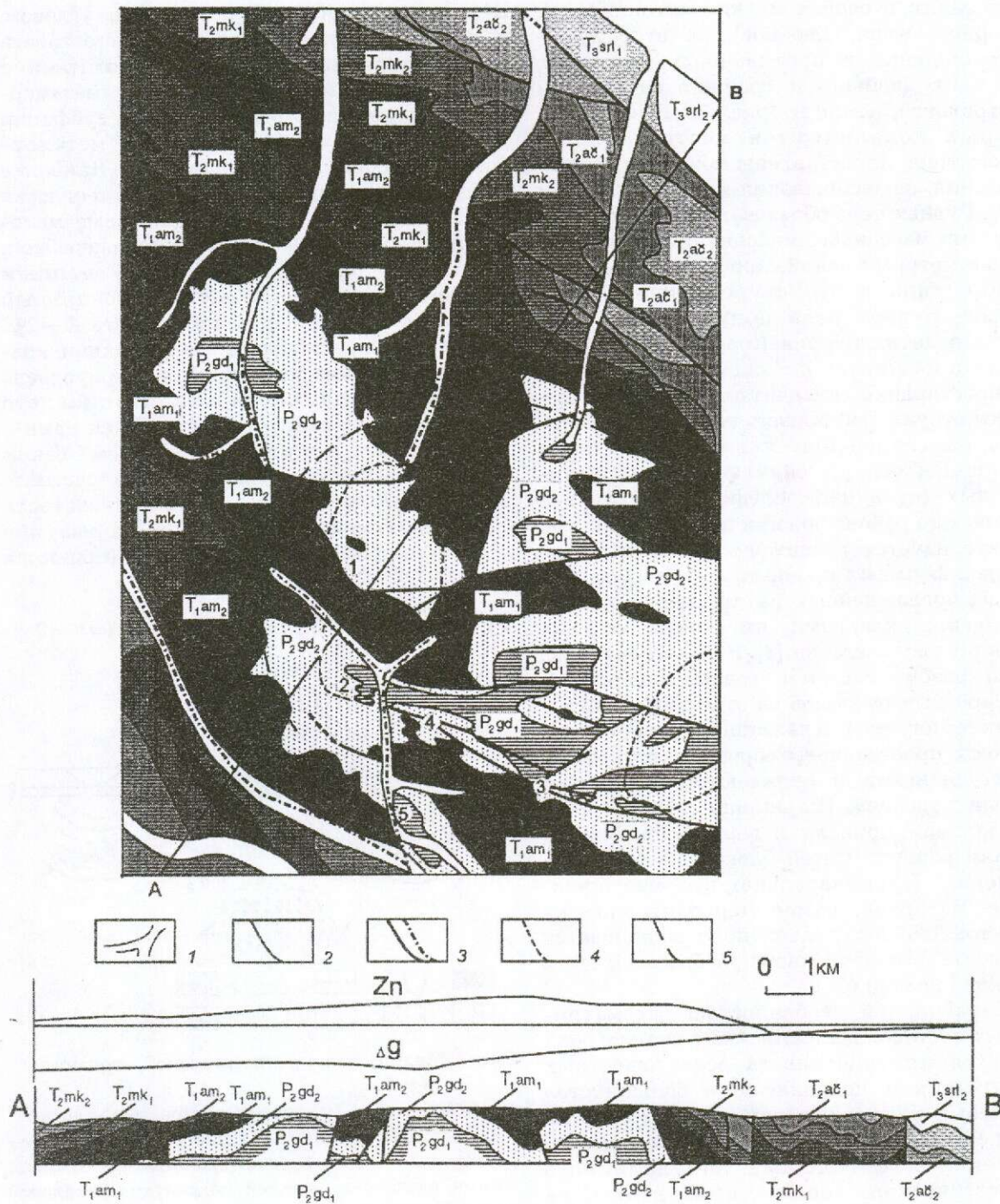


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Двойного рудного поля, по В.С.Утковой (ГУДП «Верхне-Индибирская экспедиция») с незначительными добавлениями:

1 — аллювиальные отложения; 2 — геологические границы; 3 — разрывные нарушения (достоверные и предполагаемые); 4 — минимумы регионального гравитационного поля, отождествляемые с гранитоидными штоками; 5 — кольцевая структура, дешифрируемая по космофотоснимкам; месторождения и рудопроявления золота: 1 — Нагорное, 2 — Клич, 3 — Контрольное, 4 — Амбир, 5 — Двойное; T_{3sr_1} — T_{3sr_2} — нижняя и верхняя подсвиты сарылахской свиты верхнего триаса; T_{2ac_1} — T_{2ac_2} — нижняя и верхняя подсвиты алачубукской свиты среднего триаса; T_{2mk_1} — T_{2mk_2} — нижняя и верхняя подсвиты мекчергинской свиты среднего триаса; T_{1am_1} — T_{1am_2} — нижняя и верхняя подсвиты амбирской свиты нижнего триаса; P_{2gd_1} — P_{2gd_2} — нижняя и верхняя подсвиты геодской свиты верхней перми

нарушениям в сводах мелких антиклиналей (Нагорное, Клич, Двойное), ко второму — месторождения в протяженных разрывах, местах их двойного и тройного сочленения (Контрольное, Амбир) (рис. 1). Разрывы, в которых локализуются месторождения второго типа, представлены мощными зонами дробления, рассланцевания и милонитизации пород. Рудные тела образованы в них линзами и жилами массивного молочно-белого кварца.

Рассмотрим локализацию месторождений первого типа в структуре рудного поля. Двойное рудное поле приурочено к ядру Нерского антиклинория (горст-антиклинория Нерского поднятия), имеющего северо-западное простирание складчатых толщ и являющегося структурой первого порядка. Располагаясь на сочленении линейных структур Иньяли-Дебинского синклинория и брахиформных (сундучно-щелевидных) структур Эльгинского района пологих дислокаций [5], он характеризуется развитием преимущественно брахиформных арочных и стулообразных складок, осложненных на крыльях крутыми линейными складками, имеющими местами опрокинутое залегание [3]. Нерский антиклинорий разбит системой северо-западных и субширотных разломов на отдельные блоки и характеризуется клавишным строением. Разломы представлены сбросами, взбросами, сбросо-сдвигами и отличаются достаточно крутым падением. Шарнирные перемещения по разломам привели к вертикальным смещениям разных частей блоков в ядре антиклинория. Примечательно, что месторождение Нагорное, самое перспективное из объектов Двойного рудного поля, размещается в относительно опущенной присбросовой части антиклинального блока.

Характерной особенностью рассматриваемых месторождений Двойного рудного поля является приуроченность всех известных рудных тел и подавляющего большинства кварцевых жил к породам геодской свиты верхней перми. Связь золото-кварцевого оруденения с толщами определенного литологического состава наблюдалась на многих сходных объектах и типична для месторождений данной формации в целом [4]. Это послужило поводом для построения рядом авторов не всегда однозначных гипотез о мобилизации рассеянного золота из осадочных пород при процессах регионального зеленосланцевого метаморфизма или же других их преобразований.

Геодская свита в пределах месторождения Нагорное имеет преимущественно песчанниковый состав и двучленное деление.

Перекрывающая ее без видимого углового несогласия амбирская свита нижнего триаса представлена монотонными алевролитами и аржиллитами. Породы обеих свит метаморфизованы в хлорит-серицитовую субфацию регионального зеленосланцевого метаморфизма и обогащены органикой. Наиболее интенсивно обогащена органикой геодская свита, где встречены брекчированные мало-мощные (до 4 мм) прослои антрацитоподобного вещества, претерпевшего, по данным В.Н.Летуновского (ИГИРГИ), локальный нагрев (отражательная способность 6—7%, следы выделяющихся за счет реакции крекинга газов). Само месторождение приурочено к центральной части гравитационного минимума, который отождествляется нами с нескрытым гранитоидным куполом. Таким образом, геодскую свиту можно рассматривать как концентратор трещиноватости (учитывая большую хрупкость песчаников при деформациях), а амбирскую свиту (принимая

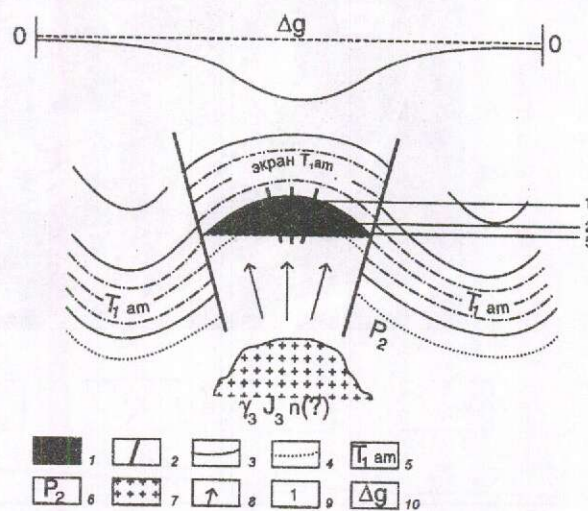


Рис. 2. Модель подэкранного рудообразования:

1 — «шапка» углеводородов и флюидов, отражающая уровень рудообразования; 2 — разломы; 3 — геологические границы; 4 — граница между нижней и верхней подсвитами геодской свиты верхней перми; 5 — амбирская свита нижнего отдела триаса, экранирующая золотое оруденение; 6 — рудовмещающие отложения верхней перми, геодская свита; 7 — предполагаемый гранитоидный шток нерского (?) доплатового комплекса малых интрузий (третья фаза); 8 — направление движения флюидов; 9 — положение месторождений и рудопроявлений Двойного рудного поля в подэкранных уровнях, отражающих их перспективность (1 — Нагорное, 2 — Клич, 5 — Двойное); 10 — кривая регионального гравитационного поля

во внимание пластичность углеродистых алевролитов) как региональный экран для рудоносных растворов (рис. 2).

Основные запасы месторождения, представленные самыми богатыми рудами, должны располагаться в непосредственной близости от экрана. По мере увеличения эрозионного среза месторождения, который в данном случае будет соответствовать эрозионному срезу геотидской свиты, будут уменьшаться и запасы руды и средние содержания металла в рудах. Действительно, из месторождений первого типа в пределах Двойного рудного поля наиболее крупное — Нагорное. Оно же характеризуется наиболее высокими средними содержаниями золота. На рудопроявлении Клич гораздо более низкие запасы и средние содержания, а на рудопроявлении Двойное эти параметры еще меньше. По направлению Нагорное — Клич — Двойное происходит увеличение эродированности геотидской свиты, т.е. эрозионного среза месторождения (см. рис. 1). Месторождение Нагорное, отличающееся наименьшим эрозионным срезом, чему немало способствует его положение в опущенной части антиклинального блока, располагается в породах верхнегеотидской подсвиты. Среднеэродированное рудопроявление Клич размещается в породах обеих подсвит. На рудопроявлении Двойное верхнегеотидская подсвита эродирована полностью и рудомещающей служит нижняя подсвита. Дополнительным фактом, подтверждающим существование экрана, являются запасы золота в аллювиальных россыпях. Здесь тенденция обратная. Максимальными запасами характеризуются россыпи в районе рудопроявления Двойное, средними — россыпи в районе рудопроявления Клич, минимальными — россыпи в районе месторождения Нагорное. Таким образом, для обнаружения новых объектов в изучаемом районе наиболее перспективны выходы верхнегеотидской подсвиты вблизи ее контакта с амперской свитой в ядрах мелких антиклиналей в основании крупных сбросов. На основании изложенного возможную глубину распространения оруденения на месторождении Нагорное можно оценить минимум в 400 м, сопоставив подэкранный уровень Нагорного и Двойного (см. рис. 2) и вычленив в этой связи как продуктивную верхнегеотидскую подсвиту.

Месторождение Нагорное размещается в относительно опущенной части антиклинального блока и приурочено к своду мелкой антиклинальной складки в юго-западном крыле сложно построенной брахианти-

клинали. Вмещающая месторождение антиклинальная складка осложнена линейной складчатостью более высоких порядков с крутым, местами опрокинутым падением слоев осадочных пород. Второстепенная складчатость часто влияет на размещение и локализацию рудных тел, представленных линзами рудоносного кварца.

Главная рудоносная зона месторождения (Центральная) совпадает с осевой поверхностью кливажа складки и представлена системой второстепенных крутопадающих разрывных нарушений, образующих структуру типа «битой тарелки» и вмещающих на определенных интервалах линзовидные жилы рудоносного кварца. Основные запасы месторождения сосредоточены в Центральной субширотной зоне. Зона Северная отстоит от Центральной на расстоянии 250 м, параллельна ей и имеет резкоподчиненное значение. Системы нарушений южного фланга, по последним данным, не золотоносны.

Рудные тела месторождений межпластовые с полосчатыми текстурами рудоносного кварца, обусловленными тонкими параллельными включениями углисто-глинистого вещества согласно контактам жилы с вмещающими породами. Золотоносные кварцевые тела локализованы в местах совмещения рудораспределяющего нарушения и участков межпластового срыва на контакте разнокомпетентных пород: песчаников и алевролитов. При пересечении алевролитовых пластов нарушение представлено маломощной бескварцевой зоной тектонической глинки, а на участке пересечения массивных песчаников развито линейное прожилковое окварцевание, как правило, не содержащее оруденения.

В этой связи становится понятной причина, по которой в ряде скважин, пробуренных под рудные тела, не было встречено оруденения, хотя во всех случаях само нарушение наблюдалось. Пустые интервалы были приурочены к пересечению рудораспределяющим нарушением мощных пластов массивных песчаников или же алевролитов.

Недооценка роли мелкой складчатости в локализации оруденения может привести к неверному определению перспектив объекта на поисково-оценочной стадии. По этой же причине появляются суждения о глубоком эрозионном срезе месторождений в случаях, подобных нашему. Составлению кондиционных детальных планов препятствует также ряд объективных причин. В их числе можно назвать следующие: плохая обнаженность, развитие мощного (2—4 м) чехла элю-

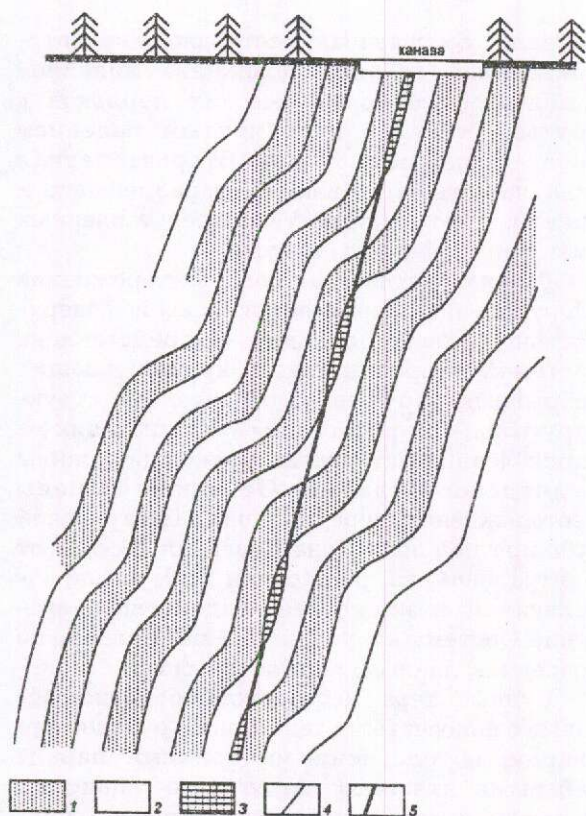


Рис. 3. Схема эшелонирования кварцевых линз в пространстве при совпадении рудораспределяющего нарушения с межпластовыми срывами на контакте песчаников и алевролитов:

1 — песчаники; 2 — алевролиты; 3 — золото-кварцевые линзы; 4 — литологические границы; 5 — рудоносное разрывное нарушение

виально-делювиальных образований, связанного с формированием пенепленов; появление в разрезе олистостромовых фаций, сильная дислоцированность пород; ведение геологической документации разными лицами и технологическая сложность ведения самой документации открытых горных выработок в районах вечной мерзлоты. Увязка геологических материалов по подобным объектам часто затруднена и во многом неоднозначна. С

учетом этого автором был составлен детальный план месторождения Нагорное, показывающий принципиальную возможность наличия на объекте эшелонированных слепых рудных тел, участки их возможной локализации [1].

Таким образом, сложноскладчатое строение рудовмещающей толщи в сочетании с линейными рудораспределяющими разрывами обуславливает неоднократное совпадение рудораспределяющего нарушения с зонами межпластового срыва, что приводит к эшелонированию рудных линз в пространстве (рис. 3). В этой связи открывается возможность локального прогнозирования новых рудных тел, в том числе и слепых.

Автор благодарит своего учителя и руководителя дипломной работы доктора геолого-минералогических наук, профессора П.А.Игнатова (МГГА—МГРИ), доктора геолого-минералогических наук В.Л.Русинова (ИГЕМ РАН) за высказанные советы и замечания, Р.С.Аметова, Д.А.Внукова, С.В.Межуева, В.С.Уткуву, Н.Н.Химины и других геологов из ГУДП «Верхне-Индибирская экспедиция», а также аналитика В.Н.Летуновского (ИГИРГИ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов Г.Ю. Литолого-структурный контроль золото-кварцевого оруденения и прогнозирование слепых рудных тел месторождения Нагорное (Восточная Якутия) // Тез. докл. IV международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». М., 1999. Т. 2. С. 119.
2. Билибин Ю.А. К вопросу о локализации месторождений золота // Проблемы советской геологии. 1935. № 5. С. 460—474.
3. Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Кольмской системы мезозойского периода. — М.: Наука, 1979.
4. Золоторудные месторождения СССР. Т. 5. Формации, закономерности размещения, перспективная оценка / Под ред. В.А.Нарсеева, Н.А.Фогельман. — М.: ЦНИГРИ, 1990.
5. Рожков И.С. и др. Позднемезозойский магматизм и золотое оруденение Верхне-Индибирского района. — М.: Наука, 1971.

УДК 553.078:553.41 (575.21)

© Коллектив авторов, 2000

СВЯЗЬ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ С ПЛУТОНИЧЕСКИМ МЕТАМОРФИЗМОМ В МИОГЕОСИНКЛИНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ЮЖНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Д.Г.Ажгирей, С.А.Светлов, Н.Я.Гурейкин, Т.А.Блинова, Т.Е.Анненкова
(ЦНИГРИ МПР России)

Рассмотрены вопросы связи термокупольных метаморфических структур с локализацией золоторудной минерализации в различных палеоструктурных обстановках на территории Зарафшано-Туркестанской структурно-формационной зоны.

Представления о самостоятельно проявленном прогрессивном динамотермальном метаморфизме и связи его с рудоносностью были заложены работами школы ВСЕГЕИ в 60—70 годы на примере ряда регионов бывшего СССР (Тува, Алтай, Карелия, Средняя Азия). Для территории Южного Тянь-Шаня такие исследования предприняты Б.Я.Хоревой и Б.А.Блюманом [16], что позволило им сделать выводы, касающиеся формационной принадлежности, состава и условий образования метаморфических полей. В частности, в Зарафшано-Туркестанской структурно-формационной зоне (СФЗ) выявлены широко развитые нестратифицированные метаморфические комплексы, отражающие вторичные тектонические структуры. Они — результат инверсионного регионального плутонического метаморфизма, связанного с гранитизацией, который предшествует становлению интрузий. По строению комплексы зональные, фации их близкоодновременны, а формирование завершается палингенным ультраметаморфизмом на глубоких уровнях коры. Установлена геотектоническая связь указанных термально-метаморфических структур с Ауминза-Нуратинским поднятием — структурой ранней консолидации, находящейся на границе эв- и миогеосинклинальной систем Южного Тянь-Шаня.

Нами рассмотрена связь термокупольных метаморфических структур с золоторудной минерализацией в определенных палеоструктурных обстановках, изученных ранее [1, 2, 11—17].

Зарафшано-Туркестанская СФЗ, которой соответствует Кызылкумо-Нуратинская золотоносная провинция, объединяет две подзоны — Кызылкумскую и Нуратинскую. В тектоническом развитии СФЗ выделяются

каледонский (V—S₂) и герцинский (D—P) этапы. Рассматриваемые структуры, образованные в результате прогрессивного плутонического метаморфизма на орогенной стадии герцинид, в размещении и развитии наследуют особенности более древних каледонских структур.

Для каледонского этапа установлены ранняя (V—O₂) и поздняя (O₃—S₂) стадии развития Зарафшано-Туркестанской СФЗ. На ранней геосинклинальной стадии образовался каледонский прогиб с вулканогенно-осадочным рядом формаций, на поздней — с терригенными формациями. В позднем силуре фиксируется частная каледонская инверсия, сопровождающаяся складчатостью, незначительно проявленным региональным метаморфизмом [16] и локально развитой молассоидной и субвулканической габбро-диабазовой формациями.

В герцинский этап выделяются квази-платформенная и собственно геосинклинальная стадии (D₁—C₁), представленные рядом карбонатных формаций, и орогенная стадия (C₂—P₂), которой соответствует набор генетически наиболее разнообразных формаций — осадочных, магматических, метаморфических и т.д.

Основная тектоническая дифференциация территории СФЗ произошла на ранней стадии каледонского этапа, а окончательно оформилась на поздней, когда четко обозначились две главные структуры — Центрально-Кызылкумское поднятие (ЦКП) и Нуратинский прогиб (НП).

Особенностью развития ЦКП на ранней стадии является образование непротяженных ортогонально ориентированных конседиментационных разломов, которые контролируют основной вулканизм и расположение крупных линз углеродисто-карбонат-кремнистого

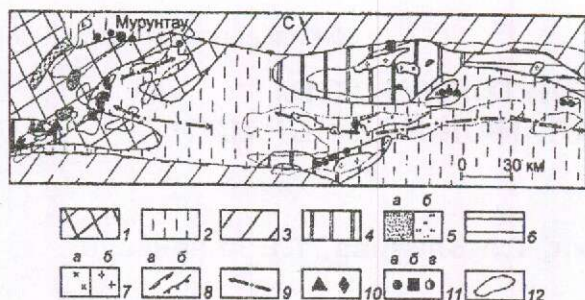


Рис. 1. Тектоническая схема Кызылкум-Нуратинской золоторудной провинции (Зарафшано-Туркестанская СФЗ), составлена по материалам А.К.Бухарина с дополнениями С.А.Светлова:

позднекаледонские (O_3-S_1) палеоструктуры 1-го порядка: 1 — палеоподнятия, 2 — палеопрогиб; 3 — структурно-формационные зоны окружения; 4 — позднекаледонские палеоподнятия 2-го порядка; 5 — локальные мульды: а — позднекаледонские O_3-S_1 , б — квазиplatformенной стадии D_2-C_1 ; 6 — зона сочленения палеоподнятия 2-го порядка и палеопрогибов различных структурно-формационных зон; 7 — выходящие на поверхность гранитоидные интрузии: а — параавтохтонные, б — аллохтонные; 8 — границы: а — провинции, б — позднекаледонских палеопрогиба и палеоподнятия; 9 — ось позднекаледонского палеопрогиба; 10 — месторождения: а — урана, б — вольфрама; 11 — месторождения золота: а — золото-кварцевой, б — золото-сульфидной прожилково-вкрапленной, в — золото-серебро-сульфидной формаций; 12 — выходы на поверхность палеозойских отложений

состава, что отражает сложноблоковое внутреннее строение подзоны. В НП простирание раннекаледонских структур подчинено одному направлению: все они субширотные и параллельны основным конседиментационным разломам, ограничивающим провинцию в целом. По данным А.К.Бухарина [4, 5], в СФЗ по мере продвижения от ЦКП в сторону НП мощность раннекаледонского разреза возрастает, увеличивается фациальная изменчивость разреза по латерали. В этом же направлении заметно убывает доля вулканогенной составляющей. Общая мощность данного формационного ряда до 4 км.

В позднекаледонскую стадию (O_3-S_1) тектоническая обстановка существенно изменилась: в 2,5 раза увеличилась скорость осадконакопления, что обусловлено расширением области питания, сокращением площади бассейна седиментации. Согласно Е.П.Акульшиной, П.А.Мухину и С.В.Сараеву [3, 10, 12], изменились источники питания,

которые стали более разнообразными, увеличилась расчлененность палеорельефа. Смена геодинамического режима отмечается также по изменению кинематики конседиментационных разломов: по ним, в отличие от ранней стадии каледонид, фиксируются только вертикальные перемещения. Такого рода усложнение внутренней структуры области в целом, по мнению А.К.Бухарина и В.Г.Брежнева [13], связано с формированием островных вулканических дуг.

Возникшие в каледонскую эпоху палеоструктуры 1-го порядка (ЦКП и НП) по строению неоднородны: они вмещают палеоструктуры более высоких порядков. Так, на бортах НП оформились два сравнительно мелких палеоподнятия, ориентированные параллельно главному субширотному направлению региональной структуры (рис. 1). В ЦКП эти вторичные структуры ориентированы в различных направлениях: мелкие приразломные мульды связаны с северо-восточными поперечными разломами, а локальные палеоподнятия 2-го порядка контролируются разломами северо-западного направления. Следует подчеркнуть, что позднекаледонская частная инверсия и сопряженная с ней складчатость обуславливают региональное несогласие между каледонским и герцинским структурными ярусами. По данным В.Е.Довжикова [7], карбонатная квазиplatformенная формация (D_1-C_1) накапливалась в НП и не имела широкого развития в ЦКП, что лишним раз подчеркивает несходство указанных подзон.

Каледонская тектоническая дифференциация территории провинции предопределила главные различия в особенностях развития герцинских тектонических структур на орогенной стадии (C_2-P_2) в обеих подзонах — ЦКП и НП. Так, в Кызылкумском «жестком» блоке (палеоподнятии) в основном развиты открытые брахискладки с подчиненными крутопадающими разломами; среди региональных структур встречаются линейные элементы, чаще всего по-разному ориентированные. В Нуратинском палеопрогибе преобладают сжатые линейные складки с продольными крутопадающими разломами единой субширотной ориентировки. Встречающиеся здесь области с преобладанием открытых складок и пологих моноклиналей соответствуют раннегеосинклинальным палеоподнятиям 2-го порядка (рис. 2). Участок торцевого сопряжения НП и ЦКП по строению наиболее сложен: на орогенной стадии он характеризуется пересекающейся разновозрастной складчатостью.

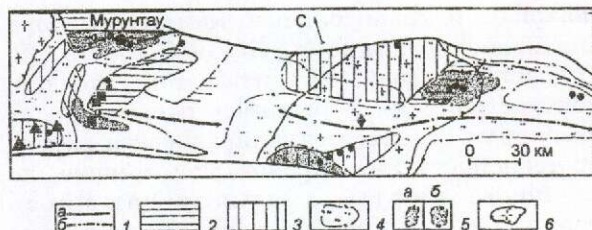


Рис. 2. Динамическая модель внутренней структуры Кызылкумо-Нуратинской золото-рудной провинции, составлена С.А.Светловым.

1 — границы: а — провинции, б — позднекаледонских структур 1-го порядка; 2 — участки усложнения границ позднекаледонских структур 1-го порядка; 3 — палеоструктуры высоких порядков; 4 — остаточные аномалии палеотемпературного поля 1-го порядка; 5 — локальные остаточные аномалии высоких порядков: а — положительные, б — отрицательные; б — очаговая структура гранитоидного магматизма 1-го порядка; остальные усл. обозн. см. рис. 1

Проявления герцинского орогенного магматизма на территории двух подзон неодинаковы. В Кызылкумском палеоподнятии, наряду с ранней диорит-гранодиоритовой формацией параавтохтонных гранитов, широко развиты аллохтонные массивы поздних калиевых гранитов. В Нуратинском прогибе, напротив, преобладают ранние параавтохтонные граниты, а поздние калиевые разновидности распространены на территории бывших локальных палеоподнятий 2-го порядка.

Эти две подзоны принципиально различаются и по уровню становления гранитоидов: в пределах «жесткого» ЦКП только в нижнем структурном ярусе, а в НП вплоть до верхнего структурного яруса (молассы). Последнее объясняется повышенной проницаемостью продольных субширотных разломов, унаследованных в период герцинского орогена.

Такого же рода корреляция с элементами структуры двух указанных областей усматривается и в морфологии гранитоидных массивов: в «жестком» ЦКП это главным образом лакколитоподобные тела в узлах пересечения разноориентированных разломов; в НП — гарполиты и акмолиты, подчиняющиеся сквозным субширотным разломам.

На уровне провинции гранитоидный магматизм связан с тремя структурно-тектоническими позициями: зонами крутых конседиментационных расколов, ограничивающих провинцию в целом; центральной частью ЦКП; областью наибольшего услож-

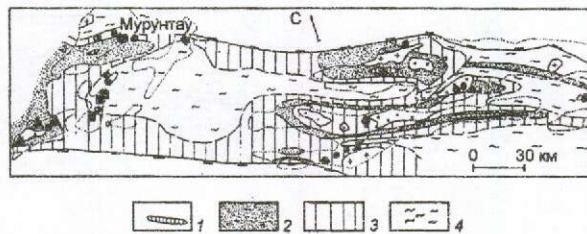


Рис. 3. Карта фаций регионального метаморфизма, составлена по материалам Б.Я.Хоревой, Н.И.Назаровой, А.В.Покровского:

фации и субфации регионального метаморфизма: 1 — эпидот-амфиболитовая, зеленосланцевая фация, 2 — биотит-хлоритовая субфация, 3 — хлорит-серицитовая субфация, 4 — фация филлитовидных сланцев; остальные усл. обозн. см. рис. 1

нения структуры НП локальными элементами высоких порядков. Последние две позиции соответствуют очаговым структурам 1-го порядка, в понимании И.Н.Томсона [14] (см. рис. 2).

Прогрессивный плутонический метаморфизм на территории провинции представлен фациями от филлитовидных сланцев до амфиболитовой (рис. 3). Распространение метаморфических зон, их морфология и изменчивость конформны общей структуре СФЗ, что свидетельствует о близости во времени прогрессивного метаморфизма и герцинской складчатости. При этом для территории Кызылкумского блока более характерны высокотемпературные фации метаморфизма, чем для НП. Этим подтверждается предположение о том, что прогрессивный метаморфизм наиболее сильно проявлен в палеоподнятиях или в участках коры со стабильным развитием [9]. Так, на территории ЦКП в зеленосланцевой фации выявлена линейная изменчивость палеотемпературного поля, что говорит, по-видимому, о кондуктивном характере теплопереноса. В то же время для территории НП устанавливается более высокоградиентный характер метаморфических полей, что в сочетании с данными по глубинному строению прогиба дает возможность предположить конвективный тип теплопереноса в мощных продольных зонах смятия. Здесь фиксируются амфиболитовая и эпидот-амфиболитовая фации метаморфизма и высокобарические метаморфические преобразования.

Установленная линейная изменчивость палеотемпературного поля позволяет нормировать его по заданным теоретическим моделям. Нормирование по модели Ауминза-

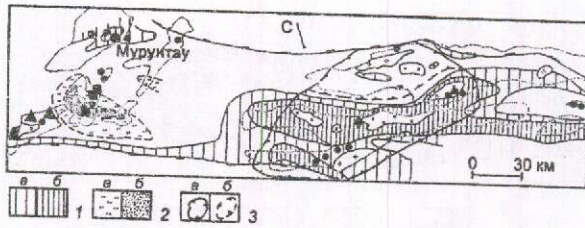


Рис. 4. Карта остаточных аномалий палеотемпературного поля (нормирование по модели Ауминзатауского района), составлена С.А.Светловым:

1 — положительные остаточные аномалии: а — 20—90, б — более 90 усл. ед.; 2 — отрицательные остаточные аномалии: а — 20—90, б — более 90 усл. ед.; 3 — очаговая структура гранитоидного магматизма: а — 1-го порядка, б — участок, соответствующий палеоструктуре 2-го порядка; остальные усл. обозн. см. рис. 1

тауского района (рис. 4) позволило получить следующие результаты.

1. Каждая из двух подзон (ЦКП и НП) различается по значениям остаточных температурных трендов метаморфизма. Крупные положительные тепловые аномалии в НП соответствуют двум позициям: области интенсивного проявления параавтохтонного гранитоидного магматизма в восточной части НП, осложненной локальными палеоподнятиями; мощным продольным зонам смятия. В обоих случаях проявлена динамическая составляющая палеотемпературного поля.

2. В области ЦКП и НП, где параавтохтонные гранитоиды развиты на значительных глубинах, в приповерхностной части динамическая составляющая теплового поля не фиксируется.

3. Сравнительно мелкие температурные аномалии в обеих подзонах контролируются локальными тектоническими элементами.

При нормировании температурного поля по модели Даугызтауского района (рис. 5) в западной части ЦКП выделилась крупная положительная аномалия, которая составляет не менее 50% его площади и фиксирует фланг Кызылкумской очаговой структуры. Эта аномалия совместно с такой же, выявленной на востоке НП, соответствует первичным очаговым структурам, в понимании И.Н.Томсона.

Зарафшано-Туркестанская золотоносная СФЗ заложена на коре континентального типа мощностью 40—55 км [13]. В ее состав входят раннепалеозойские миогеосинклинальные блоки с относительно высоким положением кристаллического фундамента. Широко проявлены зональный прогрессивный мета-

морфизм и гранитоидный магматизм. Зона специализирована на Au, Ni, Ag, S, Hg, Sb, TR. Особенность зоны состоит в том, что при контрастной смене режимов растяжения и сжатия на позднегеосинклинальной и раннеорогенной стадиях образовались мелкие, но глубокие рифты, а накапливающиеся терригенные формации резко преобладали над вулканогенными. Часто в одних структурах отмечается совмещение разноформационного гранитоидного магматизма. Металлогенический потенциал зоны формировался как за счет исходной рудоносности инициального вулканизма, так и при воздействии прогрессивного метаморфизма, палингенеза, гранитоидного магматизма. При этом в большом объеме пород происходили перераспределение и концентрация полезного компонента в пределах верхней части кристаллического фундамента и нижней части раннегеосинклинального яруса. В орогенный этап гранитоидный магматизм развивался унаследованно, в тех же границах, что и ранний. Рудоносность орогенного этапа

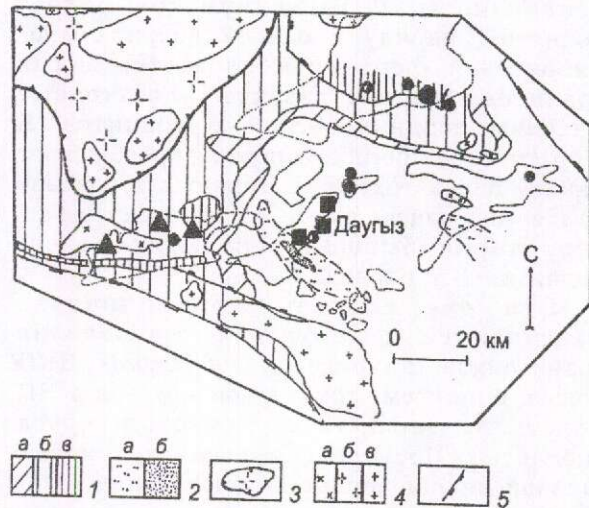


Рис. 5. Карта остаточных аномалий палеотемпературного поля (нормирование по модели Даугызтауского района), составлена С.А.Светловым:

1 — положительные остаточные аномалии: а — 30—50, б — 50—90, в — более 90 усл. ед.; 2 — отрицательные остаточные аномалии: а — 30—50, б — более 50 усл. ед.; 3 — очаговая структура гранитоидного магматизма 1-го порядка; 4 — выходящие на поверхность гранитоидные интрузии: а — параавтохтонные, б — аллохтонные, в — нерасчлененные под платформенным чехлом; 5 — граница позднекаледонского палеопргиба; остальные усл. обозн. см. рис. 1

предопределена раннегеосинклинальным этапом.

В ходе работы в исследуемом регионе (результаты изложены в отчетах ЦНИГРИ за 1970—1996 гг.) авторами проанализировано размещение 172 золоторудных месторождений и рудопроявлений на территории Кызылкумо-Нуратинской провинции и сделаны следующие выводы.

1. В общем стратиграфическом разрезе палеозойских отложений золоторудные объекты отмечаются повсеместно, при этом основной объем руд сосредоточен в ряду терригенных формаций позднекаледонской стадии, что можно объяснить участием процессов прогрессивного плутонического метаморфизма и раннего метасоматоза в извлечении и переотложении золота из вмещающей толщи, возможность чего показана в работах [6, 8].

2. К наиболее благоприятным структурно-тектоническим позициям для реализации герцинского золотого оруденения относятся: участки торцевого сопряжения каледонских палеоструктур 1-го порядка — Кызылкумского поднятия и Нуратинского прогиба, где зафиксированы пересечения крупных разноориентированных и разновозрастных структур и локализованы самые продуктивные районы (Мурунтауский и Даугызтауский); в НП участок значительного по амплитуде флексурного изгиба переходной зоны локального палеоподнятия, который обусловлен поперечным конседиментационным разломом (позиция Зармитанского рудного района).

Меньшей продуктивностью характеризуются рудные районы, контролируемые структурно-тектоническими элементами высоких порядков: палеоподнятиями 2-го порядка (Ауминзатауский район в ЦКП и Каратауский в НП); локальными мульдами, наследующими древние разломы (перспективные золотоносные площади Ясвайская и Кумбогутская).

3. Все крупные золоторудные объекты расположены по периферии выделенных термоструктур 1-го порядка и пространственно совпадают или находятся внутри остаточных локальных термоаномалий (Кызылкумское палеоподнятия) или аномалий высоких порядков (НП). Районы золото-кварцевой и золото-кварц-редкометальной формаций тяготеют к положительным аномалиям, а районы золото-сульфидной формации прожилково-вкрапленного оруденения (с серебром и сурьмой) — к отрицательным. Более того, наметилась зависимость

между продуктивностью рудного района и градиентом изменчивости локальных остаточных аномалий: для высокопродуктивных районов он составляет более $10^{\circ}\text{C}/1\text{ км}$, для низкопродуктивных — менее $5^{\circ}\text{C}/1\text{ км}$. Расположение золоторудных объектов относительно фаций прогрессивного метаморфизма подтвердило известную закономерность: 60% всех объектов локализованы в хлорит-серицитовую субфацию, по 20% — в биотит-хлоритовую и в фации филлитовидных сланцев.

В заключение на основании приведенных данных о соотношении золотого оруденения и прогрессивного метаморфизма на уровне провинции можно отметить следующее.

Все рассмотренные тектонические структуры, наиболее активно проявившиеся в каледонское время, оказались максимально проницаемыми и в герцинское время, когда в орогенную стадию развивались главный по значимости прогрессивный метаморфизм, параавтохтонный магматизм и имела место гидротермально-метасоматическая деятельность.

Ареалы проявления золоторудного процесса пространственно совмещены с областями максимальной изменчивости палеотемпературного поля, как с его региональной составляющей (появление термоаномалий 1-го порядка), так и динамической (возникновение термоаномалий высоких порядков). Причем непосредственно положение рудных районов определяется в данном случае проявлением динамической составляющей, т.е. параавтохтонным магматизмом или зонами конвективного теплопереноса, связанными с продольными зонами смятия.

Золоторудные районы закономерно соотносятся со своеобразным ансамблем геологических образований, который создавался на протяжении всего каледоно-герцинского тектономагматического цикла, и только наличие всех его составляющих может указывать на возможную реализацию рудного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажгирей Д.Г. Типовые модели строения и условий формирования золоторудных полей и месторождений в углисто-терригенных толщах Южного Тянь-Шаня // Сборник ЦНИГРИ. М., 1986. Вып. 212.
2. Ажгирей Д.Г., Арифкулов Ч.Х., Светлов С.А. Зональность полифациального штокверкового золото-кварцевого месторождения в углисто-терригенной толще // Генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск, 1985.

3. Акульшина Е.П., Писарева Г.П. Состав глинистого вещества, строение и условия осадконакопления ауминза-бесапанского комплекса Южного Тамдытау // Сравнительный анализ морского осадконакопления в докембрии и палеозое. Новосибирск, 1980.
4. Бухарин А.К. О докембрийских поперечных структурах Урало-Тяньшаньского пояса // Региональная геология Средней Азии. Ташкент, 1979. Вып. 2.
5. Бухарин А.К., Масленикова И.А., Пятков А.К. Докембрийские структурно-формационные зоны Западного Тянь-Шаня. — Ташкент: ФАН УзССР, 1985.
6. Гурейкин Н.Я., Зверева Е.А. О миграционной способности золота в связи с процессами слабо проявленных термально-метасоматических изменений в терригенной толще // Геология и геофизика. 1990. № 8.
7. Довжиков А.Е., Пяновская И.А. Соотношение палеозойских структур Центральных Кызылкумов и хребтов Мурунтау // Советская геология. 1983. № 7. С. 73—76.
8. Ермолаев Н.П. Факторы мобилизации и перераспределения рудных микроэлементов в углеродисто-кремнистых сланцах венда — нижнего палеозоя // Проблема осадочной геологии докембрия. М., 1981. Вып. 7. Кн. 2.
9. Летников Ф.А. Гранитоиды глыбовых областей. — Новосибирск: Недра, 1975.
10. Мухин П.А., Толоконников А.В., Асадуллин Э.Э. Условия накопления девонских отложений Южно-го Тамдытау (Центральные Кызылкумы) по петрохимическим данным // Узбекский геологический журнал. 1983. № 6.
11. Прогнозирование и поиски месторождений золота / В.А.Нарсеев, Н.К.Курбанов, М.М.Константинов, Д.Г.Ажгирей и др. // Монография ЦНИГРИ. 1988. Вып. 237.
12. Сараева С.В. Петрохимия, геохимия и реконструкция обстановок осадконакопления ауминза-бесапанского комплекса Южного Тамдытау // Сравнительный анализ морского осадконакопления в докембрии и палеозое. Новосибирск, 1980.
13. Тектоника западного Тянь-Шаня / А.К.Бухарин, В.Д.Брежнев, И.А.Масленикова и др. — М.: Наука, 1989.
14. Томсон И.Н. Металлогения рудных районов. — М.: Недра, 1988.
15. Томсон И.Н. Металлогения орогенов. — М.: Недра, 1992.
16. Хореза Б.Я., Блюман Б.А. Полиметаморфические комплексы докембрийского фундамента палеозойских и мезозойских складчатых областей Средней Азии. — М.: Недра, 1974.
17. Эволюция и соотношение зонального плутоно-метаморфизма и золотого оруденения в разных геотектонических обстановках / Д.Г.Ажгирей, С.А.Светлов, Н.Я.Гурейкин, Ю.А.Эпштейн, Т.А.Блинова, Т.Е.Анненкова // Тез. докл. Всероссийского совещания «Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики». Магадан, 1997.

УДК 553.31.2:553.3.07

© В.М.Чекалин, 2000

БЕЛОРЕЦКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ СКАРНОВО-МАГНЕТИТОВЫХ РУД, ГОРНЫЙ АЛТАЙ

В.М.Чекалин (ОАО «Сибирьполиметаллы»)

Месторождение является продуктом контактового метасоматоза, при котором обменный процесс осуществлялся объем на объем (вынесенный суммарный объем кремния, кальция, алюминия, магния компенсировался таким же объемом магнетитового железа). Показана связь пластообразной скарново-рудной залежи в силурийских мраморизованных известняках с осевой плоскостью опрокинутой синклинальной складки. Дискуссионным остается вопрос о возрасте, составе и месте материнской скарнорудообразующей интрузии, который может быть решен только при вскрытии месторождения, имеющего огромную практическую ценность для Западно-Сибирского металлургического комбината в г. Новокузнецке.

Белорецкое месторождение скарново-магнетитовых руд находится в Алтайском крае у подножия западного отрога субширотного Тигирекского хребта, сложенного

порфировидными биотит-микроклиновыми гранитами синюшинского комплекса пермотриасового возраста (рис. 1). Оно было открыто в 1774 г. шихтмейстером

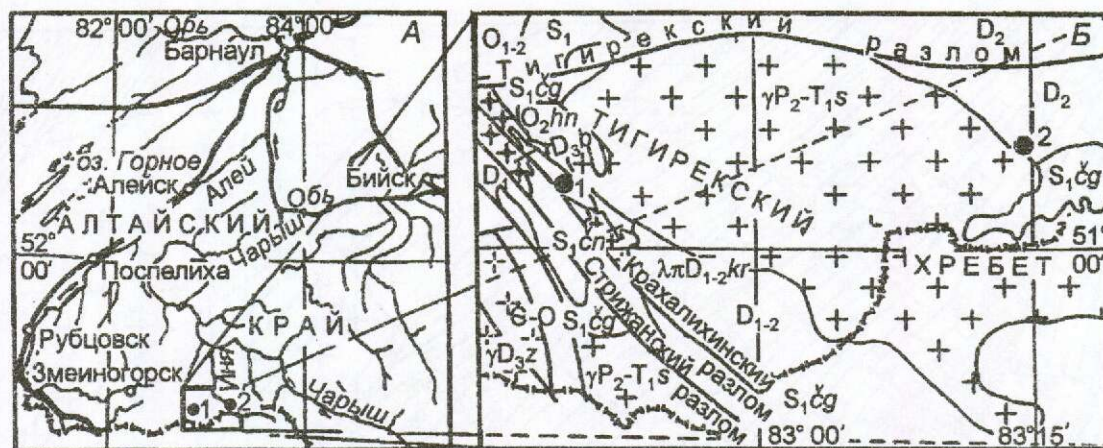


Рис. 1. Обзорные географическая (А) и схематическая геологическая (Б) карты района Белорецкого (1) и Инского (2) железорудных месторождений

А.А.Головиным и первоначально относилось преимущественно к серебро-свинцово-медным. По данным архивных материалов, в выходящих на дневную поверхность отсортированных рудах содержится 30—125 г/т Ag, 2,5—15 г/т Pb, до 12,5 г/т Cu, 10—70% Fe. К его отработке приступали дважды (в год открытия и в 1827 г.), и оба раза она прекращалась из-за «тонкости» руд, т.е. из-за трудности извлечения полезных компонентов. В дальнейшем указанные содержания серебра, свинца, меди не подтвердились, хотя налеты малахита и охр свинца в поверхностных рудах отмечаются и в настоящее время. В качестве промышленного железорудного объекта месторождение считается с 1911 г. после осмотра его Н.Шильниковым и К.Толстопятовым. Это подтвердили в 1931 г. геологи С.М.Глебов и Н.И.Сафронов, геофизик Ю.П.Азо. После 1945 г., по заключению А.С.Калугина, Т.С.Калугиной, Л.В.Полонской и др., не только Белорецкое рудное поле, но и Алтай в целом выдвигаются в разряд перспективных на промышленное железорудное.

Основные геологоразведочные работы на месторождении выполнены в 1950—1952 гг. (О.П.Незабытовская, А.И.Александров, Е.И.Евдокимов), 1956—1962 гг. (Е.Н.Кочанов, Е.И.Володина и др.), 1976—1982 гг. (А.И.Зябкин, В.М.Космачев и др.). В результате месторождение представляется как крупный железорудный объект с детально разведанными до высоких категорий запасами, подготовленный к промышленному освоению открытым и подземным способами вскрытия. В настоящее время оно рассматривается на ближайшую и длительную перспективу в качестве одного из основных и

ближайших источников сырья для Западно-Сибирского металлургического комбината.

В процессе изучения месторождения накоплен огромный фактический материал, использованный лишь частично в отдельных публикациях, в которых дискутируются не только вопросы генезиса руд, но и возраст вмещающих пород. Цель настоящей статьи, учитывающей материалы предыдущих исследователей [1—6 и др.] и собственные наблюдения автора, дать предельно полную картину строения месторождения.

Геологический разрез. Рудное поле месторождения сложено мощной толщей терригенно-карбонатных пород чинетинской и чагырской свит (рис. 2, 3). По фауне (брахиоподы, кораллы и т.д.) из пород на огромной площади их развития Г.В.Пасечным (1962), Е.И.Володиной (1964), В.В.Федяновым (1967), а также составителями Госгеолкарты м-ба 1:200 000 второго издания листа М-44-ХІ они уверенно относятся к силуру. Чинетинская свита представлена глинистыми, известковисто-глинистыми алевролитами, аргиллитами, сланцами, разномерными песчаниками, известняками, гравелитами, иногда конгломератами (в основании). На участке месторождения они неравномерно ороговикованы и скарнированы. Выше по разрезу залегают мраморизованные пелитоморфные и мелко-среднезернистые массивные и слоистые известняки рудовмещающей чагырской свиты. Среди известняков встречаются разные по мощности горизонты терригенных пород, которые при метаморфических преобразованиях превращены в различные карбонатно-силикатные роговики. А.В.Зябкин в рудовмещающей толще выделяет такие разновидности пород, как мрамор-

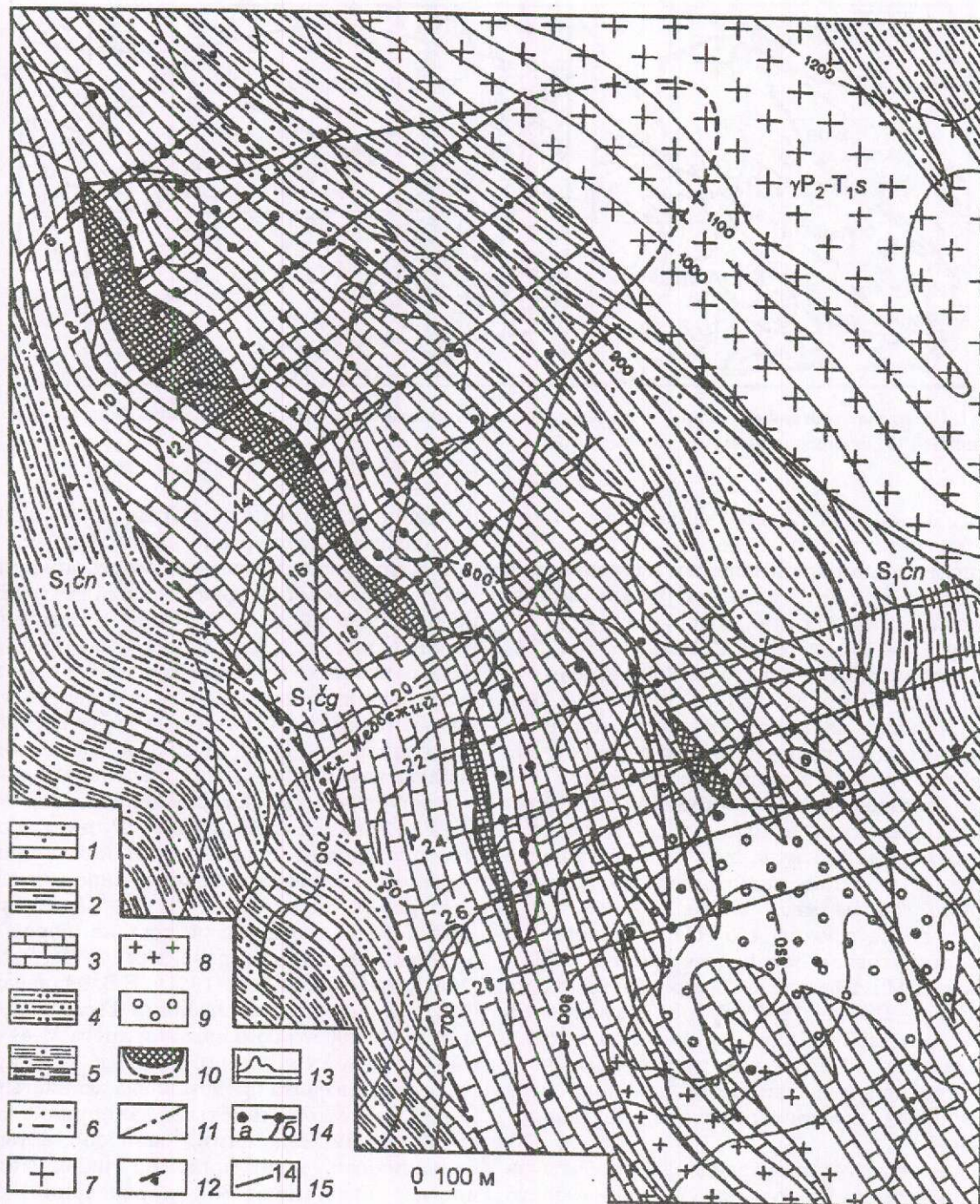


Рис. 2. Геологическая карта Белорецкого железорудного месторождения, составлена А.В.Зябкиным, дополнена В.М.Чекалиным:

1 — ороговикованные песчаники; 2 — биотит-плаггиоклаз-(кордиерит)-кварцевые роговики и сланцы; 3 — мраморизованные известняки, иногда с прослоями роговиков; 4 — тонкообломочные песчаники; 5 — кварц-серицит-хлорит-известковистые сланцы; 6 — песчано-сланцевые породы; 7 — крупнозернистые порфировидные граниты синюшинского (калбинского) комплекса, P_2-T_1 ; 8 — риолитовые порфиры коргонского субвулканического комплекса; 9 — скарны и гидротермально измененные породы; 10 — магнетитовые руды с проекцией их на горизонтальную плоскость на карте; 11 — Крахалихинский разлом; 12 — элементы залегания (слоистость) пород; 13 — график изодинам Za (над геологическими разрезами); 14 — положение скважины на карте (а), в разрезе (б); 15 — разведочная линия

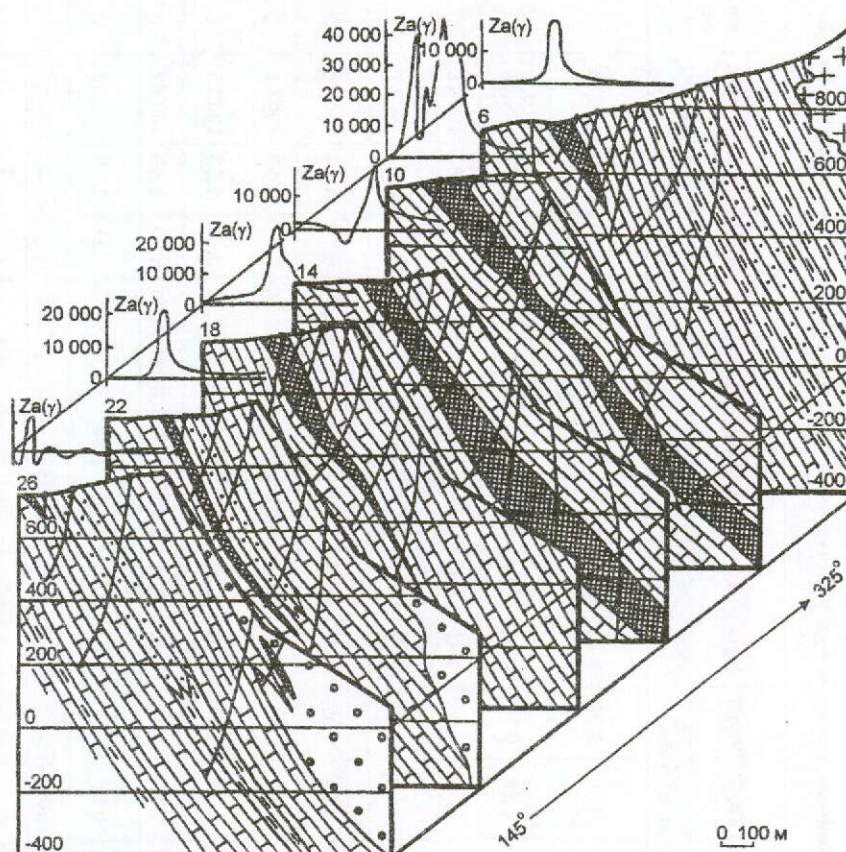


Рис. 3. Блок-диаграмма (профильная аксонометрия) Белорецкого месторождения:

усл. обозн. см. рис. 2

ризованный известняк, мраморизованный известняк с прослоями роговика, карбонатно-силикатный роговик, кордиерит-биотит-кварцевый роговик, ороговикованный песчаник, доломитизированный известняк, аподиабазовый амфиболит. Этот перечень необходимо дополнить мрамором и интенсивно ороговикованным песчаником, которые четко обособляются по химическому составу среди названных разновидностей пород (табл. 1).

Мраморизованные известняки с прослоями роговиков наиболее распространены. Они мелкозернистые, полосчатые (слоистые). Полосчатость обусловлена чередованием прослоев известняков мощностью 0,5—10 см и роговика (доли миллиметра—0,5 см). Количество роговиков в рассматриваемой разновидности от 10 до 50%. Роговики в основном кварц-полевошпатового и амфибол-пироксен-кварц-полевошпатового (нередко с биотитом) составов. Мраморизованные известняки содержат менее 10% прослоев роговиков; полосчатые (слоистые) — за счет чередования известняков разного цвета и

появления в них роговиков, средне-мелкозернистые.

Мраморы образуют маломощные и невыдержанные линзы среди неравномерно мраморизованных известняков. Они, как правило, без примеси терригенного материала, имеют нечетко выраженную полосчатость (слоистость), преимущественно среднезернистую структуру.

Доломитовые известняки, впервые выделенные А.В.Зябкиным, в виде небольших линз и прерывистых горизонтов отмечаются по всему разрезу месторождения. Нередко они тяготеют к рудной зоне как со стороны лежачего и висячего боков, так и по ее простиранию. В качестве примеси в них присутствуют мусковит, тальк, иногда гематит, магнетит. По внешнему виду они близки к мраморизованным известнякам. В них также встречаются прослои роговиков.

Карбонатно-силикатные образования представлены чередованием известняков, роговиков и скарнов. При этом количество роговиков и скарнов в составе породы превышает 50%. Это полосчатые и полос-

1. Химический состав стратифицированных рудовмещающих и интрузивных пород и руд участка и района Белоречского месторождения, %

Породы, руды	Вид пробы	Число проб	Fe _{вал}	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	S	H ₂ O	П.лп.	Сумма	Ис-точ-ник	
																				Ис-точ-ник
<i>Рудовмещающие породы</i>																				
Мрамор	Пунктирная борозда	4	—	2,22	0,02	0,27	0,62	0,20	0,04	2,13	51,33	0,11	0,63	0,02	0,10	0,19	42,37	100,25	3	
Доломитизированный известняк	«	2	—	3,25	0,06	0,77	3,15	0,49	0,14	10,56	39,00	0,25	0,77	0,01	0,23	0,11	40,77	99,56	3	
Мраморизованный известняк	«	25	—	8,23	0,09	1,91	1,07	1,01	0,04	2,41	47,06	0,31	0,78	0,02	0,24	0,20	36,81	100,18	3	
Мраморизованный известняк с прослоями роговиков	«	44	—	24,37	0,28	5,77	1,92	1,53	0,05	3,44	35,19	1,08	1,24	0,08	0,42	0,12	24,51	100,00	3	
Карбонатно-силикатные образования (скарнированные)	«	9	—	45,48	0,52	10,40	2,65	2,59	0,07	2,79	20,14	1,42	1,97	0,11	0,25	0,11	11,16	100,10	3	
Алгодиабазовые амфиболиты	«	2	—	48,43	1,77	15,26	9,48	2,06	0,12	6,40	9,74	0,21	2,92	0,44	0,78	?	2,30	99,91	3	
Кордиерит-биотит-кварцевый роговик (скарнированный)	«	26	—	61,83	0,62	15,09	5,25	2,21	0,07	3,68	4,02	2,10	1,94	0,16	0,30	0,15	2,83	100,25	3	
Ороговикованный песчаник	«	2	—	67,07	0,60	13,52	5,90	1,48	0,08	3,09	2,58	1,93	1,79	0,14	0,20	0,25	1,99	100,62	3	
Интенсивно ороговикованный песчаник	«	7	—	81,37	0,31	6,79	3,39	0,86	0,05	1,22	2,30	1,19	1,38	0,07	0,04	0,27	1,69	100,93	3	
<i>Интрузивные породы</i>																				
Андезитодациты Баталинской субинтрузии	Штуфная	3	—	63,53	0,91	14,98	3,13	4,23	0,09	1,75	2,99	0,53	5,72	0,19	0,12	0,12	1,75	99,63	2	
Гранит горы Становой	«	2	—	70,45	0,25	14,48	1,47	1,89	0,06	0,65	1,47	5,35	2,49	0,13	0,11	0,05	0,84	99,69	2	
Гранит Тигирекского массива	«	2	—	77,70	0,22	11,67	1,80	0,65	0,06	0,21	0,56	5,30	2,19	0,02	0,02	0,01	0,35	100,79	3	

Породы, руды	Вид пробы	Число проб	Магнетитовые руды и рудный скарн														Ис-точ-ник		
			Fe _{вал}	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	S	H ₂ O		П.л.п.	Сумма
Очень богатая руда (канав)	Бороз-довая	1	59,46	9,06	—	3,00	16,97	66,15	0,14	0,18	2,69	—	—	Сле-ды	Не обн.	—	0,50	98,69	1
Очень богатая руда (скв. 1)	Керно-вая	1	52,30	14,26	—	1,84	23,07	49,14	0,11	2,08	7,55	—	—	Не обн.	«	—	0,08	98,15	1
Богатая руда (технологическая проба 1)	«	1	40,02	22,76	—	3,56	19,99	35,05	0,21	3,43	11,40	—	—	Сле-ды	0,04	—	—	96,56	3
Средняя руда (групповые пробы)	«	176	33,65	27,79	—	2,12	17,33	26,54	0,36	3,50	14,04	—	—	—	0,29	—	6,79	98,86	3
Бедная руда (групповые пробы)	«	66	22,47	33,10	—	4,57	14,26	16,00	0,30	4,21	18,00	—	—	0,02	0,58	—	8,30	99,51	3
Рудный скарн (технологическая проба)	«	1	16,07	36,51	—	7,95	12,24	10,53	0,20	3,19	19,43	—	—	0,05	0,47	—	6,44	97,06	3

П р и м е ч а н и е. Анализы заимствованы у: 1 — Е.И.Евдокимова (1954), 2 — Е.И.Володиной (1964), 3 — А.В.Зябкина (1982).

чато-пятнистые мелкозернистые зеленовато-серые образования.

Роговики преимущественно полосчатые, мелко-среднезернистые, отличающиеся большим разнообразием по резкому колебанию соотношений составляющих их минералов. Выделяются кварц-полевошпатовые, амфибол-пироксен-кварц-полевошпатовые (нередко с биотитом), кордиерит-биотит-кварцевые и другие роговики. Нередко в пределах рудной зоны они постепенно переходят в скарны. Перемежаются с мраморизованными известняками и мраморами. Мощность их прослоек варьирует от долей миллиметра до десятков сантиметров. Образуют часто гнезда, пятна неправильной формы среди карбонатной массы породы.

Аподиабазовые амфиболиты обладают темно-зеленым цветом (другие породы здесь имеют светлую, серую и темную окраску), массивной текстурой, мелкозернистой или скрытокристаллической структурой. На 50—70% состоят из волокнистой голубовато-зеленой роговой обманки, меньше эпидота и альбита. Кроме того, в них присутствуют биотит, мусковит, хлорит, кальцит, магнетит, пирит и т.д. Они образуют гнезда, пятна разных размеров и тяготеют к рудной залежи.

Текстуры рудовмещающих пород на месторождении отличаются большим разнообразием (рис. 4), что обусловлено разнотипным чередованием разнородных пород. Приводимые текстуры пород (и руд) — точная копия через кальку текстурного рисунка с пришлифованной поверхности «половинки» разрезанного вдоль оси зерна пород и руд. Среди текстур наблюдаются (см. рис. 4): вкрапленная или порфириовидная (а), пятнистая (б). Наиболее распространены полосчатые текстуры, среди которых выделяются извилисто-полосчатая (в), разорванно-полосчатая (г), прерывисто-выклинивающе-полосчатая (д), грубополосчатая (е, ж) и тонкополосчатая (з).

Интрузивные образования. Ближайшими от контура промышленного оруденения месторождения являются Баталихинская субвулканическая интрузия (Большая сопка), гранитоиды горы Становой и граниты Тигирекского массива. Баталихинская субвулканическая интрузия андезитоацитового состава ергальского комплекса раннедевонского возраста находится в 150—200 м юго-восточнее месторождения. В плане на эрозионном срезе она имеет сложную форму, удлинненную с юго-востока на северо-запад почти на 5 км при ширине до 1,5—2,3 км. Прорывает терригенные толщи чинетинской свиты. Породы,

слагающие интрузию, серые и зеленовато-серые с blastoporphiroвой структурой и сланцеватой текстурой. В химическом составе (см. табл. 1) натрия резко (десятикратно) преобладает над калием. В основной массе содержится около 50% плагиоклаза (альбита № 5—7), 20% кварца и 30% эпидота, актинолита, хлорита. Порфириовые выделения представлены плагиоклазом, кварцем. Спектральным анализом установлено постоянное присутствие в них меди, свинца, цинка, бария, никеля, кобальта, ванадия, галлия, стронция и т.д.

Массив горы Становой расположен в 1,7—2 км к северо-западу от месторождения. Вытянут в северо-западном направлении до 12 км при ширине до 2,5—3 км. Сложен в основном равномерно-среднезернистыми массивными розовато-серыми гранитами условно боровлянского комплекса, датируемого как поздний девон — ранний карбон [7]. Граниты перенасыщены глиноземом, по резкому преобладанию калия над натрием относятся к калиевому ряду.

Тигирекский массив приурочен к ядерной части Белоубинского синклиория. Он прослеживается в субширотном направлении на 50 км. Один из его западных отрогов (гора Луковая) приближается к рудной зоне месторождения на расстояние 750—800 м, нависая над ней в виде козырька с падающим на северо-восток контактом, вероятно, не круче падения в этом направлении силурийских пород (50—60°). Массив представлен биотитовыми крупнозернистыми порфириовидными и средне-равномернозернистыми гранитами синюшинского комплекса. Этот комплекс гранитов отличается незначительным развитием дайковых (жильных) образований. Среди жильных пород отмечаются аплиты, аплитовидные граниты, пегматиты. Абсолютный возраст гранитов, определенный по 35 валовым пробам калий-аргоновым методом в разных лабораториях (данные А.К.Захарова, 1967; В.В.Федянова, 1967; В.Г.Дыкуля, 1977; автора и др.), составляет в среднем 240 млн. лет. Возраст гранитов комплекса из другого массива региона, установленный U-Pb методом по цирконам, равен $244 \pm 2,5$ млн. лет.

Структура месторождения. Белорецкое месторождение находится в западной части Белоубинского синклиория, контактирующего на севере по субширотному Тигирекскому разрывному нарушению с Чарышско-Инским синклиорием, а на западе по одной из ветвей Северо-Восточной зоны смятия с Крахалихинским разломом северо-западного

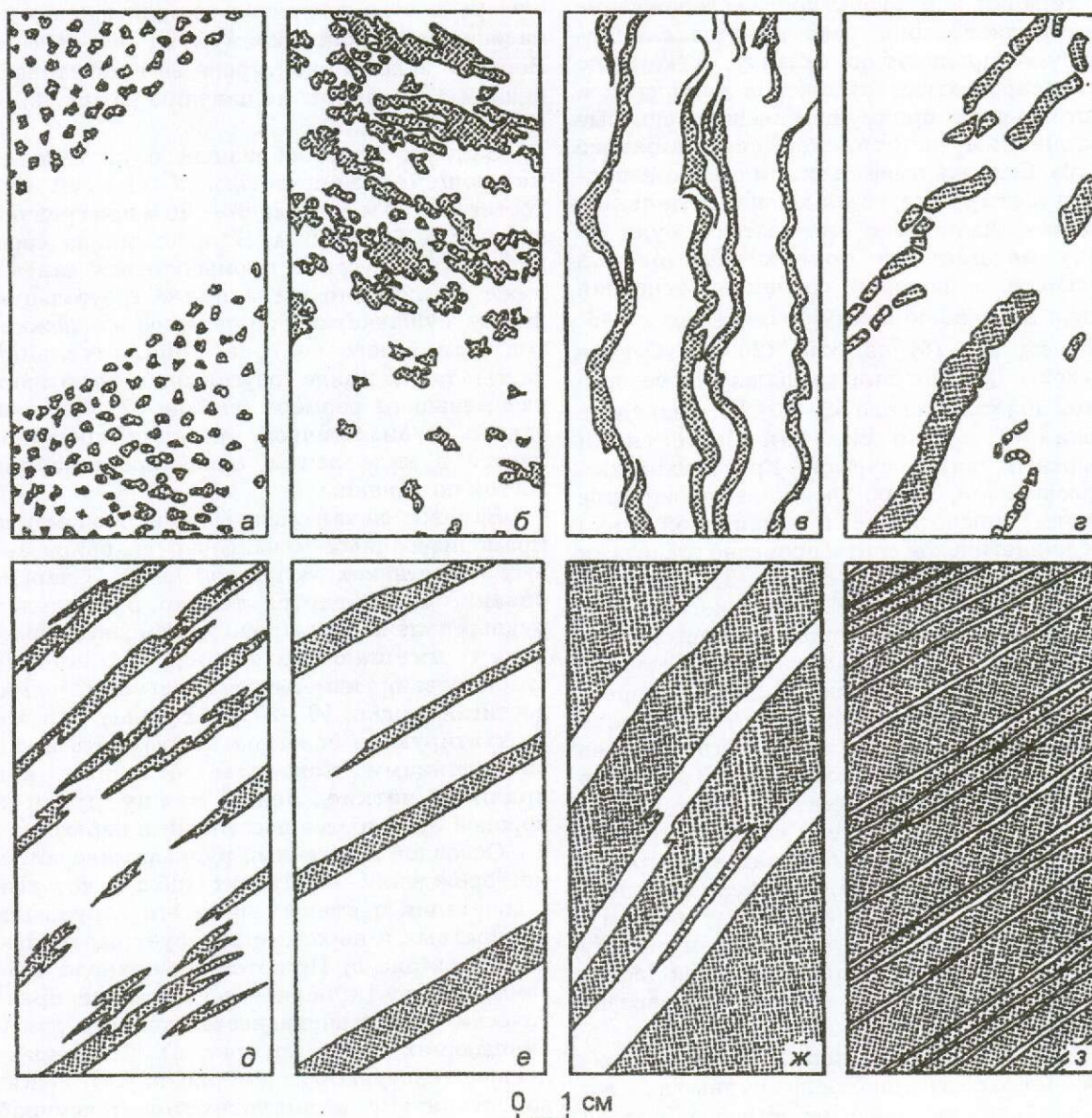


Рис. 4. Текстуры рудовмещающих пород:

а — скв. 99/глубина 255,1 м — вкрапленный биотит-кварцевый роговик фиолетово-серого цвета, рассеченный серо-зеленым амфибол-кварцевым роговиком (светлая середина); б — скв. 92/983,5 м — пятнистый биотит-кварцевый роговик сиренево-серого цвета, пятна (крап) темно-серого цвета сложены тонкозернистым биотитом; в — скв. 105/827 м — серый тонкозернистый мраморизованный известняк с извилистыми прерывисто-выклинивающимися тонкими полосами роговиков (крап) амфибол-биотит-кварцевого состава; г — скв. 98/170 м — серый тонко-мелкозернистый мраморизованный известняк с маломощными слоями коричневатых тонкозернистых биотит-кварцевых роговиков (крап), слои разорваны; д — скв. 98/272 м — серый мраморизованный известняк с маломощными часто прерывисто-выклинивающимися «перистыми» слоями амфибол-биотит-кварцевых роговиков (крап) коричневатых серого цвета; е — скв. 100/780 м — полосчатые зеленовато-серые плотные карбонатно-силикатные роговики; полосчатость обусловлена чередованием слоев зеленовато-серых амфибол-карбонатных (светлое) и коричневатых биотит-кварцевых (крап) роговиков; ж — скв. 99/54,7 м — полосчатый биотит-кварцевый темно-коричневый (крап) и амфибол-пироксен-альбитовый светлый зеленовато-серый (светлое) роговик; з — скв. 98/304 м — тонкополосчатый серый карбонатно-силикатный роговик; полосчатость выражается перемежаемостью светло-серых карбонатных тонких полос с более мощными темно-серыми полосками пироксен-полевошпатового роговика (крап)

простирается. По структуре месторождение представляет собой узко сжатую синклинальную опрокинутую складку, в которую смяты карбонатные отложения чагырской и подстилающие преимущественно сланцевые образования чинетинской свиты нижнего силура. Складка имеет в целом северо-западное простирание, однако на отдельных участках, начиная с юго-востока, судя по следу на дневной поверхности осевой плоскости, с которой совпадает основная рудная залежь, ее азимут изменяется с 245° (разрезы 22—26) на 320° (20—6). Осевая плоскость (рудная залежь) падает на северо-восток под углом около $55\text{—}60^\circ$. Юго-западное (лежащее) крыло складки (известняки чагырской свиты) срезано Крахалихинским дизъюнктивом, северо-восточное опрокинутое (висячее) крыло в части терригенной пачки пород чинетинской свиты прорвано гранитами Тигирекской интрузии (см. рис. 3). Мощность чагырской свиты, по Е.И.Володиной (1962), 300—1500 м. На месторождении мощность ее двоякого разреза заметно возрастает с северо-запада на юго-восток. Так, в разрезе 12, где полностью вскрытая мощность известняков лежащего и висячего крыльев составляет 700 м (по 350 м в каждом крыле), в разрезе 24 только в висячем крыле она не менее 1100 м. Не исключено, что значительное увеличение мощности известняков чагырской свиты на юго-востоке объясняется еще одним сдвоением по неоткартированному разлому, который, возможно, расположен между основной (нижней) и второстепенной (верхней) рудными залежами в районе разрезов 22—26.

Строение рудной зоны. На месторождении четко обособляются две рудные залежи (см. рис. 2), не связанные между собой: нижняя (промышленная) и верхняя (непромышленная), залегающая выше нижней по мощности рудовмещающих известняков на расстоянии 450—500 м. Обе они на всем своем простирании в северо-западном направлении обнажены эрозией. Первая из них прослеживается на 2100 м с перерывом в 200 м в районе разрезов 20 и 21, где она не выходит на дневную поверхность. Ее видимая мощность на поверхности 150 м и более. Длина второй залежи на поверхности 200—250 м при мощности до 20—30 м. Нижняя залежь по падению прослежена на 1300 м (глубина 1200 м) и не оконтурена. Учитывая большую мощность (80—150 м) по самым глубоким скважинам 112, 115, 123, вскрывшим залежь, и данные скважинной магниторазведки, можно

с уверенностью говорить о ее продолжении по падению еще как минимум на 500—600 м. Верхняя залежь оконтурена во всех направлениях. Ее размеры по падению равны 700 м (глубина 600 м).

Залежи пластообразные с постепенно меняющейся мощностью. У нижней она достигает 150 м, у верхней — 70 м при средних значениях 60 и 30 м. В проекции на свою плоскость залегания промышленная залежь ниже эрозионного среза имеет треугольную форму, сужающуюся по падению и осложняющуюся с юго-востока дополнительной частью также в виде треугольника, но во много раз меньшего размера (см. рис. 2). Верхняя залежь в аналогичной проекции представляется в виде ленты, ориентированной на восток по падению.

Залежи локализованы в неравномерно мраморизованных и частично скарнированных известняках чагырской свиты. Скармирование наблюдается только в пределах рудных залежей или (реже) в приконтактной части вмещающих пород. Мощность скармирования измеряется первыми метрами, достигая редко 10—20 м. Рудные залежи контактируют в основном непосредственно с известняками. Контакты согласные, как правило, четкие. Редко между рудой и породой отмечаются постепенные переходы.

Основной гипогенный рудный минерал на месторождении — магнетит (табл. 2), который в сочетании с вмещающими его нерудными минералами и породами образует различные текстуры (рис. 5). При этом обращает на себя внимание почти полное согласование практически всех разновидностей текстур руд и вмещающих пород (см. рис. 4). Так, вкрапленные текстуры руд (см. рис. 5, а, б) можно сопоставить с мелкопятнистой текстурой пород (см. рис. 4, а); гнездово-хлопьевидные или пятнистые текстуры руд и пород (см. рис. 4, б и 5, в) — полная копия; извилисто-полосчатые, полосчатые текстуры пород (см. рис. 4, в) и бурундучные текстуры руд (см. рис. 5, г, д) очень близки; разорванно-полосчатая текстура пород (см. рис. 4, г) отвечает фрагменту сложной текстуры руды (нижняя часть рис. 5, е); прерывисто-выклинивающаяся и перисто-полосчатая текстура пород и руд (см. рис. 4, д и 5, ж), грубополосчатая (см. рис. 4, е, ж и 5, з, к), тонкополосчатая (см. рис. 4, з и 5, л). На рис. 5, и в правом нижнем углу и на рис. 5, м показана массивная руда с фрагментами незамещенных вмещающих пород. На рис. 5, и в левом верхнем углу текстура руды напоминает пятнисто-рябчиковую.

2. Минеральный состав рудной зоны

Минералы		Рудные	Нерудные
Главные	Гипогенные	Магнетит	Пироксен (диопсид-геденбергитового ряда), амфибол (актинолит, роговая обманка), гранат, кальцит, биотит, эпидот, кварц
Второстепенные		Пирротин, халькопирит, пирит	Полевые шпаты, турмалин, хлорит, мусковит
Редкие		Сфалерит, арсенопирит, гематит, марказит, ильменит, пентландит, галенит, кубанит, валлериит, молибденит, шеелит	Серпентин, анкерит, титанит, скаполит, апатит, фаялит, рутил, циркон, ортит, сфен
	Гипергенные	Лимонит, малахит, азурит, мартиновый гематит	Опал, хризоколла

Другие рудные минералы — сульфиды, занимающие в объеме руды не более 1%, относятся к второстепенным и редким. Практического значения они не имеют и наложены на магнетитовое оруденение, представляя более позднюю самостоятельную стадию рудоотложения.

В рудах месторождения более богатый набор нерудных минералов. По их соотношению и наличию среди них магнетита в промышленных количествах А.В.Зябкиным (1982) условно выделяются четыре типа руд (табл. 3).

Пироксен-кальцит-амфибол-магнетитовые руды наиболее многочисленны и повсеместно развиты на месторождении. Они серо-зеленой окраски, преимущественно мелкозернистые. Текстуры массивная, полосчатая, полочато-вкрапленная, вкрапленная и др.

Амфибол-пироксен-магнетитовые руды, по сравнению с предыдущим типом, менее распространены, отмечаются по всему месторождению. Они темно-зеленые до черных, плотные, кристаллически-зернистые с пятнистой, ритмично-полосчатой, неравномерно-полосчатой (рябчиковой и бурундучной) текстурами. Амфибол-пироксеновая составляющая, «цементирующая» магнетит, образует крупные лучистые кристаллы. Из нерудных присутствуют кварц, карбонат, гранат, эпидот, биотит и др.

Карбонат-магнетитовые руды относительно редки на месторождении. Они образуют отдельные линзы. Имеют серо-черную окраску, вкрапленно-пятнисто-полосчатую, нередко более сложного рисунка текстуру, в том числе бурундучную, рябчиковую и др.

Все многообразие минеральных руд делится на два главных типа: карбонат-гидросиликат-магнетитовый и скарново-маг-

нетитовый. Основными минералами рудных зон являются магнетит, пирротин, пироксен, амфибол, кальцит, гранат, эпидот, биотит.

Магнетит — главный и единственный минерал, определяющий практическую ценность месторождения. По В.А.Вахрушеву [1], он состоит из трех генераций. Первая генерация, образующая основной объем руды, представлена неправильно-изометричными зернами. Вторая, занимающая до 15—20% (по другим данным более) всей массы магнетита, проявляется в основном в виде пластинчатого мушкетовита. Третья связана с немногочисленными халькопирит-пирротин-магнетитовыми рудами и характеризуется резко неравномерными кристаллами. Среднее количество магнетита на месторождении в подсчитанных запасах около 45%.

Пирротин, халькопирит, пирит на месторождении имеют подчиненное развитие, тяготея к северо-западной кромке основной рудной залежи. Самый распространенный среди них пирротин распределен весьма неравномерно в виде гнезд и прожилков. С ним постоянно ассоциируют халькопирит и пирит. Среднее содержание его в рудах около 0,5%, халькопирита 0,3%, пирита 0,2%.

Пироксен среди нерудных минералов встречается наиболее широко, являясь составляющей всех типов руд. Часто он образует почти мономинеральные пироксеновые скарны. По составу (табл. 4) принадлежит к диопсид-геденбергитовому ряду. Среднее содержание его около 17%.

Амфибол несколько уступает пироксену, составляя 16%. Развивается по пироксену и образуется самостоятельно, входя в состав руды и скарнов. По составу близок к актинолиту.

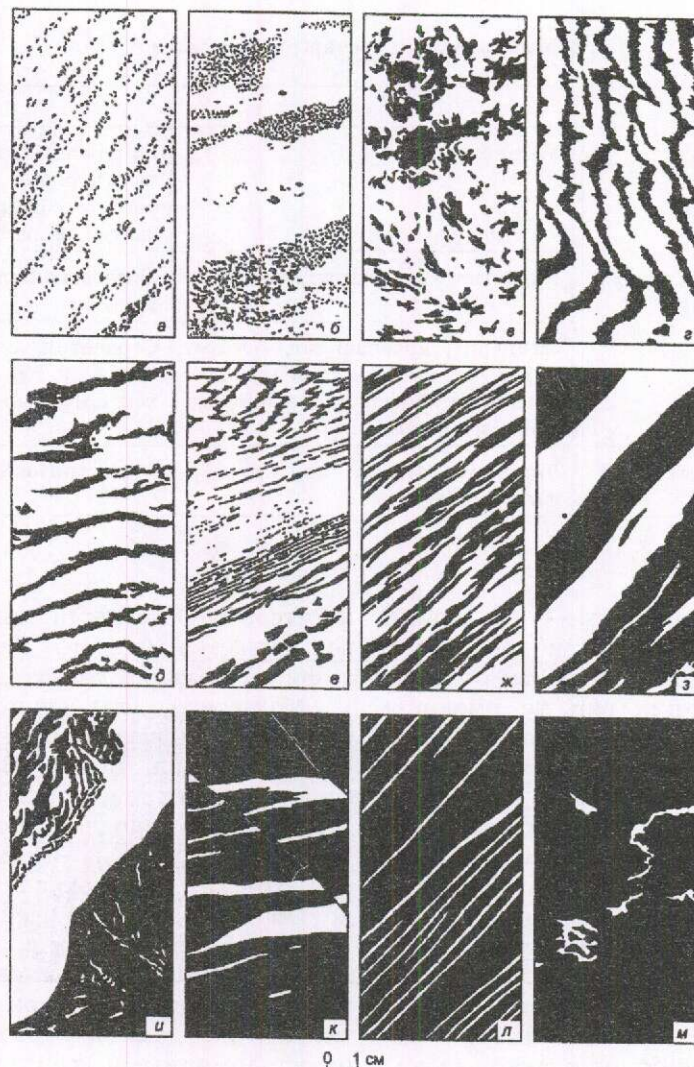


Рис. 5. Текстуры магнетитовых руд:

а — скв. 104/глубина 760 м — актинолит-карбонат-пироксен-магнетитовая ориентированно-вкрапленная руда зеленовато-серого цвета; вкрапленники магнетита (здесь и далее магнетит показан черным цветом) приурочены исключительно к прослойкам актинолит-пироксенового состава тонко чередующимся с прослойками мелкозернистого известняка; б — скв. 103/599,5 м — актинолит-карбонат-пироксен-магнетитовая неравномерно-вкрапленная грубополосчатая руда серо-зеленого цвета; в — скв. 103/614,8 м — амфибол-пироксен-магнетитовая гнездово-хлопьевидная или пятнистая серо-зеленая руда; г — скв. 104/812,5 м — амфибол-карбонат-магнетитовая зеленовато-серая руда бурундучной текстуры; вмещающая порода — средне-мелкокристаллический амфиболлизированный известняк; д — скв. 104/775,4 м — амфибол-пироксен-магнетитовая темно-зеленая руда бурундучно-полосчатой текстуры; нерудная составляющая представлена преимущественно зеленым лучистым пироксеном диопсид-геденбергитового ряда; лучистые агрегаты пироксена перпендикулярны полоскам магнетита; е — скв. 103/581 м — актинолит-карбонат-пироксен-магнетитовая серо-зеленая руда со сложной вкрапленно-бурундучно-рвано-полосчатой текстурой; ж — скв. 102/888,9 м — пироксен-карбонат-амфибол-магнетитовая зелено-серая руда с прерывистой перисто-полосчатой текстурой; з — скв. 100/959 м — актинолит-карбонат-пироксен-магнетитовая серо-зеленая грубополосчатая руда; и — скв. 104/771,8 м — амфибол-пироксен-магнетитовая зелено-черная руда пятнисто-рябчиковой и массивной текстуры; основная часть нерудной массы (белая полоса) сложена лучисто-волокнистым зеленым актинолитом; к — скв. 103/647 м — гранат-карбонат-магнетитовая массивно-грубополосчатая руда черного и белого цвета с проявлением разрывной микротектоники; л — скв. 100/982,4 м — карбонат-магнетитовая руда темно-серого (до черного) цвета тонкополосчатой текстуры; м — скв. 102/909,2 м — магнетитовая черная руда массивной текстуры; нерудная составляющая — актинолит-кальцитовая масса

3. Минеральный состав основных типов руд, %

Минералы	Пироксен-карбонат-амфибол-магнетитовые	Амфибол-пироксен-магнетитовые	Пироксен-амфибол-гранат-карбонат-магнетитовые	Карбонат-магнетитовые	Среднее по всем типам руд
Магнетит	36,0	36,0	37,0	36,0	36,3
Пироксен	16,0	27,0	10,0	9,0	17,0
Амфибол	20,0	13,0	10,0	9,0	16,2
Кальцит	18,0	7,0	14,0	31,0	15,9
Кварц	4,0	12,0	10,0	6,0	6,8
Гранат	3,0	1,0	13,0	5,0	4,0
Эпидот	1,0	1,0	5,0	Ед. зн.	1,5
Биотит	1,0	1,0	Ед. зн.	1,0	0,9
Пирротин	0,6	0,5	«	1,0	0,5
Халькопирит	0,2	0,3	«	0,5	0,2
Пирит	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2
Турмалин	Ед. зн.	1,0	0,8	Ед. зн.	0,4
Хлорит	«	Ед. зн.	Ед. зн.	«	Ед. зн.
Мусковит	«	«	«	«	«
Доля типов в общем объеме руды, %	56,0	22,0	15,0	7,0	100,0

4. Химический состав основных минералов руд Белорецкого месторождения, %

Оксиды	Магнетит	Пироксен	Амфибол	Гранат	Биотит	Эпидот
SiO ₂	0,96	50,01	48,29	32,55	38,78	36,29
TiO ₂	0,11	0,08	0,06	0,12	1,00	0,11
Al ₂ O ₃	0,56	1,22	1,33	2,8	13,66	20,91
Fe ₂ O ₃	67,9	4,6	3,11	28,2	3,43	15,76
FeO	30,0	13,58	19,11	Не опр.	13,76	0,54
MnO	0,07	0,74	0,60	0,20	0,17	0,16
MgO	0,19	7,96	10,02	0,41	12,25	0,16
CaO	0,21	21,5	13,38	36,19	2,35	23,36
Na ₂ O	—	0,34	0,26	0,30	0,60	0,17
K ₂ O	—	0,05	0,07	0,06	8,54	0,06
П.п.п.	—	1,57	3,67	0,88	5,78	2,69
Сумма	100	101,65	99,9	101,71	100,32	100,21
Число анализов	23	4	3	6	1	3

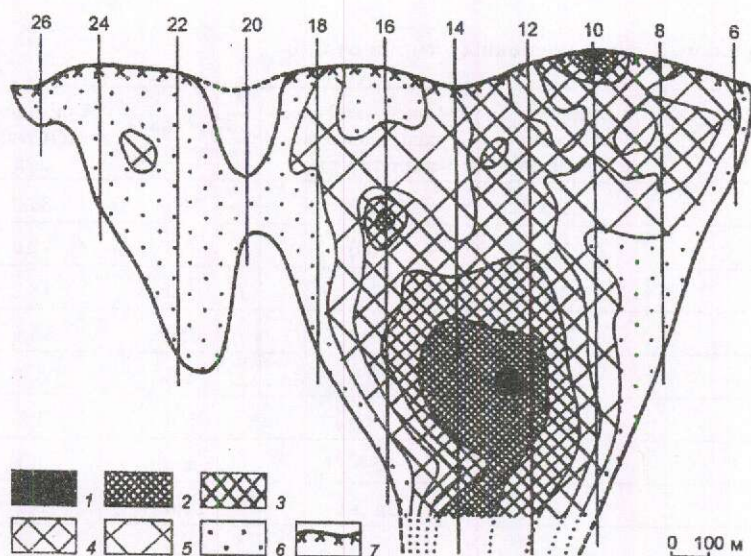


Рис. 6. Распределение линейных запасов $Fe_{вал}$ главной залежи в плоскости ее залегания, метро-проценты:

1 — более 5000; 2 — 4000—5000; 3 — 3000—4000; 4 — 2000—3000; 5 — 1000—2000; 6 — менее 1000; 7 — линия дневной поверхности

Кальцит в рудах составляет 15—16% и в основном реликтовый. В имеющихся на месторождении прожилках он также может быть не привнесенным, а переотложенным на месте.

Гранат, по химическому составу в основном отвечающий андрадиту, распространен на месторождении почти повсеместно, но по количеству (около 4—5%) уступает всем вышеуказанным минералам. Входит в состав большинства скарнов и образует мономинеральные агрегаты.

Эпидот в рудах и породах присутствует в заметных количествах (до 1—2%), развивается, как установлено В.А.Вахрушевым [1], интенсивно по пироксену и гранату, а также отмечается в виде жилков и более поздней генерации.

Биотит — один из главных минералов роговиков. Меньшее участие он принимает в скарново-рудных образованиях. В среднем на месторождении его около 1%.

Химический состав руд месторождения по полезным компонентам и вредным примесям весьма прост. Единственным полезным ископаемым является железо. Вредные примеси (сера и фтор) хотя и присутствуют в рудах, практического значения не имеют.

Из анализа распределения линейных запасов железа в плоскости залежи видно (рис. 6), что наиболее высокие его концентрации находятся между разрезами 12 и 14, увеличиваясь с глубиной. При этом высокие концентрации на максимальной глубине разведки в 1200 м не околонтурены и могут продолжаться по падению до начала залежи еще на 500—600 м. Высокое содержание железа на поверхности в разрезе 10 обусловлено обогащением его в зоне окисления.

По залежи в целом железо распределяется неравномерно. Так, в нижней ее части содержится 27,9% Fe, в средней и верхней частях практически поровну — 25,5 и 25,4% соответственно при среднем содержании по залежи 26,3%.

Анализ минерального состава основных типов руд (см. табл. 3) и химического состава их минералов (см. табл. 4) показывает, что количество неизвлекаемого железа при магнитном обогащении составляет 6,1% (расчет А.В.Зябкина, 1982). Оно связано с пироксеном (2,2% от валового), амфиболом (2,6%), гранатом (0,8%), эпидотом (0,2%), биотитом, пиритом и халькопиритом (по 0,1%). Остальное железо (93,9%), связанное с магнетитом (93,6%) и пирротинном (0,3%), является извлекаемым.

Генезис. Генезис месторождения дискутируется с момента постановки на нем в 50-е годы разведочных работ. Существуют две концепции его происхождения: осадочно-метаморфогенная (А.С.Калугин, 1949; Е.Н.Кочанов, А.С.Мухин, 1959; Т.С.Калугина, И.А.Калугин, 1979; А.В.Зябкин, 1982) и контактово-метасоматическая (А.И.Александров, О.П.Незабытовская, 1951; Е.И.Евдокимов, 1954; В.А.Вахрушев, 1960; Е.И.Володина, 1962).

Первая из них основывается на простой пластовой форме рудных тел (залежей); согласно залеганию их с вмещающими породами; преимущественно полосчатой текстуре руд, напоминающей их слоистость; отсутствию дайковых пород и других магматических интрузий, контактирующих с рудами; широком проявлении мушкетовита таблитчатой формы, который якобы развился по осадочному гематиту; находке в одном случае «реликтового» гематита и т.п. Основ-

ные из этих доводов были проанализированы В.А.Вахрушевым [1], который показал их небесспорность при обосновании рассматриваемой концепции. Так, он развеял иллюзии об исключительно осадочном происхождении мушкетовита. Последний отсутствует в эффузивно-осадочных рудах Коргона (Горный Алтай), а также в бесспорно осадочных рудах КМА и Кривого Рога. Однако не это главное. Главное в возрасте вмещающих пород. Все сторонники этой концепции происхождения руд месторождения защищали ее только при условии девонского возраста вмещающих пород. Например, А.С.Мухин и Е.Н.Кочанов (1959) отмечали, что, «если признать девонский возраст толщи, вмещающей Белорецкое месторождение, и проводить аналогию с девонскими осадочными коргонскими гематитовыми рудами, тоже иногда замещающимися магнетитом, можно делать вывод об осадочном происхождении первичного белорецкого гематита». Т.С.Калугина, И.А.Калугин [6, с. 12] полагали, что «руды месторождения залегают в неоднородно метаморфизованной вулканогенно-осадочной толще D_2e ».

Вероятно, понимая бездоказательность девонского возраста вмещающих пород, автор осадочной концепции, обосновавший ее в 1949 г., когда еще было мало данных о геологическом строении рудного поля, позднее писал: «...при разведке месторождения следует учитывать, что оно может оказаться обычным контактово-метасоматическим» [4, с. 59]. Другие же ее сторонники (А.В.Зябкин и др., 1982) считали явно силурийские рудовмещающие известняки среднедевонскими.

Среди сторонников гипотезы контактово-метасоматического происхождения месторождения нет единого мнения в отношении скарнорудообразующей интрузии. А.И.Александров, О.П.Незабытковская и Е.И.Евдокимов к такой интрузии относят гранитоиды Тигирекского массива, В.А.Вахрушев и Е.И.Володина — гипотетическую интрузию габродиоритов. Это естественно, поскольку интрузия, приведшая к образованию месторождения, не вскрыта ни эрозией, ни скважинами. Можно только предполагать ее местоположение, состав и возраст.

Анализ имеющегося по месторождению материала, в том числе каменного (пород и руд) из керна скважин, карьера и участка месторождения, позволил автору статьи согласиться с точкой зрения о контактово-метасоматическом его происхождении, уточнив и подкрепив ее новыми данными, и предложить следующую модель формирования

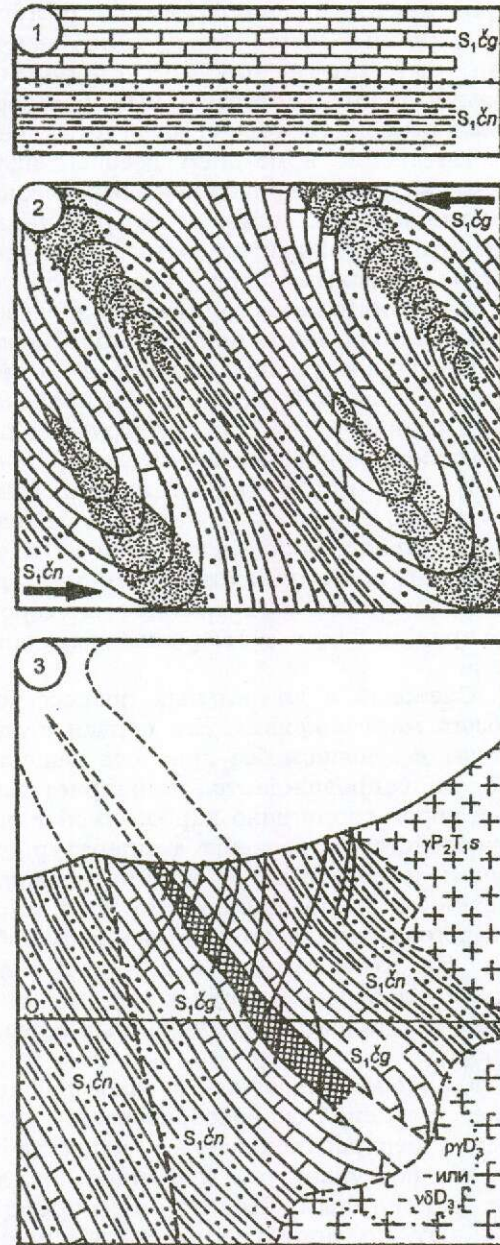


Рис. 7. Принципиальная структурно-генетическая модель образования Белорецкого месторождения скарново-магнетитовых руд

ния. При этом выделяются несколько этапов, включая отложение рудовмещающей толщи и образование структуры будущего месторождения (рис. 7).

1. Накопление толщи силурийских слоистых известняков чагырской свиты.
2. Образование опрокинутой узко сжатой синклинали структуры месторождения на одном из заключительных циклов каледонского тектогенеза. Формирование в замке структуры мощной уплощенной, сужающейся по направлению к ядру складки (в нашем

случае вверх по восстанию), области разуплотнения (высокой проницаемости) пород, благоприятной для свободного движения газо-гидротермальных растворов (на рис. 7 показана ореолом густой сети точек).

3. Внедрение в позднем девоне гипотетической интрузии, приведшей к образованию скарново-рудной зоны месторождения. Возможны два варианта состава интрузии: интрузия основных пород (габбро-диоритов) [1] и интрузия плагиигранитов позднедевонского возраста по аналогии с соседним Инским месторождением, расположенным в 30 км к востоку с северной стороны Тигирекского массива гранитов, где с этой интрузией связано также скарново-магнетитовое оруденение [8]. Нам представляется, что район Тигирекского плутона — это единый сложно и длительно развивающийся рудно-магматический очаг, поэтому находящиеся здесь два крупных скарново-магнетитовых месторождения вряд ли будут иметь разные источники железа.

4. Сложный и длительный процесс контактового метаморфизма. Его первая стадия проходит в основном без привноса вещества извне, но сопровождается перекристаллизацией пород терригенно-карбонатной толщи под воздействием высоких температур, что приводит к образованию мраморизованных известняков и роговиков биотит-эпидот-кварц-роговообманкового состава и амфиболитов. На этой стадии возникает более сложный текстурный рисунок (см. рис. 5) по сравнению с таковым неизмененных первичных пород.

Стадия ороговирования и мраморизации сменяется стадией скарнообразования, когда наряду с перераспределением вещества на месте оно поступает еще и с гидротермальными растворами. Последние свободно проникают по подготовленной во время складчатости зоне разуплотнения пород, что приводит к возникновению тела скарнов пластообразной формы, залегающего согласно крыльям узко сжатой опрокинутой синклинали. Благодаря этому складывается впечатление согласного залегания скарнов с вмещающими породами (известняками).

В стадию рудообразования рудонесущие растворы наследуют пути скарнообразующих растворов. Судя по большому количеству на месторождении кварца гидротермального происхождения, ассоциирующего с магнетитом, они, по мнению Е.И.Евдокимова (1954), имеют кремнекисловодный состав. Под их влиянием магнетитом замещаются практически все ранее образованные минералы

скарнов и роговиков. При этом из них выносятся с разной степенью интенсивности кремний, кальций, алюминий, магний. Это хорошо видно на графиках распределения последних относительно валового железа (рис. 8), составленных нами по более 280 полным химическим анализам. Графики находятся в зонах неуравновешенного (А) и уравновешенного (Б) содержания кремния, кальция, алюминия и магния относительно магнитного железа. Граница между зонами соответствует содержанию валового железа около 8%. В зоне А содержание привнесенного (магнитного) железа не зависит от содержания кремния, кальция, алюминия и магния. В зоне Б магнитное железо находится в четко выраженной обратной корреляционной связи с названными элементами, что подтверждается графически и соответствующими коэффициентами корреляции $-0,88$; $-0,76$; $-0,66$ и $-0,41$. В этой зоне обмен веществ идет объем на объем. Вынесенный суммарный объем кремния, кальция, алюминия и магния замещается равным объемом магнитного железа. Помимо этого, исследуемые элементы выносились в процессе рудообразования в одинаковых пропорциях друг к другу. Этот факт однозначно доказывается также анализом зависимости отношений Ca/SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ и MgO/SiO_2 от содержания валового железа (рис. 9) на примере отношения CaO/SiO_2 . В нашем случае в зоне Б по 275 пробам всего месторождения оно в среднем равно 0,53. Среднее его значение, рассчитанное по теоретическим содержаниям CaO и SiO_2 в актинолите, диопсиде и андрадите, также составляет 0,53. Среднее значение, рассчитанное по фактическим содержаниям CaO и SiO_2 на месторождении в пироксене, амфиболе и гранате (см. табл. 4), равно 0,6. Оно выше теоретического на 0,07 в связи с влиянием на содержание исследуемых элементов других минералов из групп амфиболов, пироксенов, гранатов, а также, возможно, реликтового кальция. Аналогичную картину можно получить при анализе отношений $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ и MgO/SiO_2 . Таким образом, можно утверждать, что вынос SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , MgO в стадию рудообразования осуществлялся при разложении и замещении объем на объем магнетитом в основном диопсида, актинолита и андрадата. Магнетитом в определенных объемах замещались также кальцит, кварц, эпидот, роговая обманка.

Убедительным подтверждением замещения объем на объем является текстурный рисунок метасоматических руд, наследующий в большинстве своем текстурный рисунок

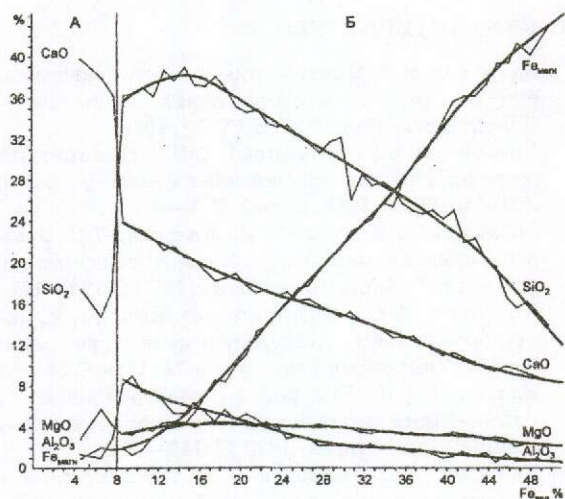


Рис. 8. Графики зависимости содержаний $Fe_{\text{магн}}$, SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 от содержания $Fe_{\text{вал}}$

вещающих пород, нередко значительно усложненный (см. рис. 4, 5).

Этап гипогенного образования заканчивается кварц-карбонатно-сульфидной стадией, когда на основное магнетитовое оруденение наложился хлорит, кварц, кальцит и в непромышленных масштабах пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит и др. Поскольку основная масса сульфидов приурочена к северо-западному обрамлению магнетитовой залежи, можно предположить, что источником вещества для их образования, возможно, служила интрузия лейкократовых гранодиорит-гранитов горы Становая, находящаяся на северо-западе в 1,7—2 км (на глубине, возможно, ближе).

В пермотриасовое время произошло становление крупного плутона биотитовых крупнопорфировых гранитов синюшинского комплекса (Тигирекский массив), приведшее к проявлению в скарново-рудной зоне динамометаморфизма с частичной перекристаллизацией скарновых и рудных минералов, преобразованием пирита в пирротин, мало-мощным рассланцеванием и незначительными тектоническими срывами и т.д. [1].

Позднее в результате горообразования месторождение было выведено на уровень экзогенных процессов и его значительная верхняя по восстанию часть (возможно, не менее 500 м) была денудирована. Из оставшейся в недрах части залежи длиной по падению предположительно 1800—1900 м скважинами разведано 1300 м. Остальные 500—600 м могут быть предметом поисково-разведочных работ в период эксплуатации месторождения. Приповерхностная часть залежи подвергалась в незначительной степени окислению процессам, о чем свидетельствует наличие малахита, лимонита, опала, хризоколлы, мартитового гематита в виде примазок, налетов на стенках трещин. Трещины с признаками этих минералов опускаются иногда до глубины 200 м.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. Белорецкое месторождение детально разведано до глубины 1200 м и подготовлено к промышленному освоению открытым и подземным способами вскрытия для обеспечения сырья почти на 50% потребностей Западно-Сибирского металлургического комбината в течение многих десятилетий.

2. Прирост запасов до 20—25% возможен за счет доразведки основной залежи, продолжающейся на глубину ниже 1200 м.

3. Структура месторождения впервые представляется в виде опрокинутой синкли-нальной складки, с осевой плоскостью которой связана основная скарново-рудная зона.

4. Рудовмещающими породами на месторождении являются скарнированные и преобразованные силурийские известняки. Девонские вулканогенно-осадочные породы в пределах рудного поля отсутствуют. В связи с этим точка зрения на сингенетичное железоруденение девонского возраста здесь неправомерна и должна быть исключена из научных дискуссий.

5. Скарново-магнетитовая зона месторождения образовалась контактово-метасоматическим путем. Метасоматоз при обменном процессе сопровождался замещением

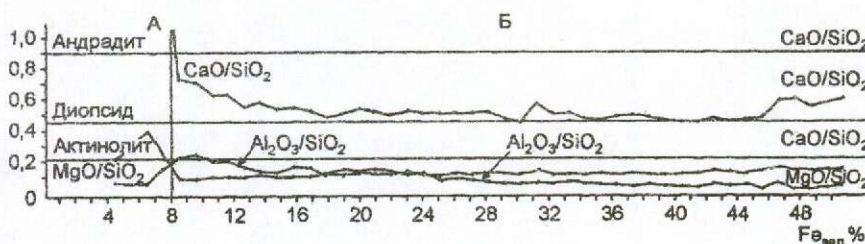


Рис. 9. Графики зависимости отношений CaO/SiO_2 , MgO/SiO_2 , Al_2O_3/SiO_2 от содержания $Fe_{\text{вал}}$

веществ объем на объем, когда вынесенный суммарный объем кремния, кальция, алюминия, магния компенсировался равным объемом магнетитового железа (на графике рис. 8 — магнитного). При этом текстурный рисунок вмещающих пород в основном наследовался скарново-рудными новообразованиями с некоторым его усложнением, реже упрощением или формированием неизвестных форм.

6. Дискуссионным остается вопрос о возрасте, составе и месте материнской интрузии, образующей скарново-рудную зону. В равной степени это могут быть как габбро-диориты, по В.А.Вахрушеву [1], так и, как мы полагаем [9], плагиограниты по аналогии с Инским железорудным месторождением, принадлежащим вместе с Белорецким к одному рудно-магматическому очагу. Обе эти интрузии позднедевонского возраста. Возможны варианты других интрузий аналогичного состава. Окончательный ответ может быть получен в процессе детальной разведки или отработки рудной залежи до полной ее выклинки по падению. При этом возможно уточнение предлагаемой или обоснование новой модели образования Белорецкого месторождения железных руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вахрушев В.А.* Минералогия и генезис железных руд Белорецкого месторождения на Алтае. — Новосибирск: Изд. СО АН СССР, 1960.
2. *Ершов П.В., Кочанов Е.Н.* Белорецкое железорудное месторождение на Алтае // Вестн. ЗСГУ и НТГУ. 1958. Вып. 3. С. 1—9.
3. *Зябкин А.В., Володина Е.И., Калугина Т.С.* Белорецкое месторождение // Железорудные месторождения Сибири. Новосибирск, 1981. С. 174—177.
4. *Калугин А.С.* Белорецкое железорудное месторождение // Железорудные месторождения Алтае-Саянской горной области. М., 1959. С. 55—59.
5. *Калугина Т.С.* Белорецкое месторождение // Главнейшие железорудные месторождения Сибири. Новосибирск, 1970. С. 149—153.
6. *Калугина Т.С., Калугин И.А.* Метаморфизм и магнетитовое оруденение на Белорецком месторождении Алтая // Тр. ИГ и ГСО АН СССР. Новосибирск, 1979. С. 12—37.
7. *Рабочая корреляционная схема магматических и метаморфических комплексов Алтая / С.П.Шокальский, А.В.Зыбин, Н.И.Гусев и др.* // Региональные схемы корреляции магматических и метаморфических комплексов Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, 1999. С. 117—145.
8. *Чекалин В.М., Половникова Л.М.* Инское месторождение скарново-магнетитовых руд в Горном Алтае // Геология и геофизика. 1997. № 6. С. 1106—1116.

АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 550.837:622.02

© Коллектив авторов, 2000

ВЗАИМОЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПЕТРОХИМИЧЕСКИМИ И ПЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ В ПРОДУКТИВНЫХ КИМБЕРЛИТАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Н.Н.Зинчук, А.Т.Бондаренко, Г.В.Колесников, Ю.Б.Стегницкий, А.Б.Пыстин (АК «Алроса»)

Изучены корреляционные связи между удельным электрическим сопротивлением и петрохимическими характеристиками продуктивных кимберлитов трубок Центральной Якутии. Впервые установлены оригинальные связи электрического сопротивления, коэффициентов алмазности, слюдистости и известковистости, которые можно использовать при экспрессных оценках уровня алмазности данных кимберлитов.

Кимберлиты — реальные природные объекты, различающиеся по качеству, признакам, физическим и петрохимическим свойствам [3—6, 8—14]. Нами рассмотрены корреляционные связи электрических параметров и уровня алмазности в сложно построенных гетерогенных кимберлитовых образованиях Центральной Якутии. Нахождение таких информационных зависимостей важно при использовании метода системного изучения кимберлитовых пород, включая условия их зарождения и формирование диатрем.

С учетом некоторых элементов системных петрохимических моделей основных продуктивных месторождений алмазов Якутии нами были обнаружены весьма устойчивые корреляционные связи электрических параметров и петрохимических показателей кимберлитов [8—10]. При этом отметим, что удельное электрическое сопротивление горных пород, как установлено ранее, чутко реагирует на изменение термических, барических, динамических и петрохимических характеристик магматических веществ [3, 12, 13].

Эффективное удельное электрическое сопротивление $\rho_{эф}$ кимберлитов на частоте электромагнитного поля 0,625 МГц измерялось при отрицательных температурах -3 и -10°C на предельно водонасыщенном керне длиной 80—150 мм и пришлифованных плос-

копараллельных конденсаторных пластинах толщиной 8—12 мм по методике, приведенной в работах [2, 7]. Рассматриваемые значения удельного электрического сопротивления, с учетом поправки на температурную зависимость, соответствуют температуре -4°C .

Мерзлые кимберлитовые породы Сибири представляют сложную гетерогенную систему, состоящую из различных сильноизмененных пород мантийного и корового вещества и содержащую при отрицательных температурах кристаллический лед и незамерзшую связанную воду, удерживаемую удельной поверхностью дисперсного вещества. В процессе измерения выявлена высокая дисперсия электрических характеристик кимберлитовых пород как в пределах отдельной кимберлитовой трубки, так и в конкретной пробе [14]. Аналогичная дисперсия наблюдается и при определении петрохимических характеристик кимберлитов [8]. Однако подчеркнем, что несмотря на весьма сложный минеральный состав кимберлитов с развитым в них серпентин-карбонатным базисом, осложненным часто железистыми и железисто-глинистыми образованиями, их электрические свойства обнаруживают устойчивую корреляционную связь с петрохимическим составом [10, 14].

Связи электрического сопротивления с алмазностью ($\lg A$ у.е.), коэффициентами слюдистости (K_c), известковистости ($K_{и}$) и

составом породообразующих оксидов продуктивных кимберлитов представлены в виде двухмерных корреляционных зависимостей. Взаимосвязи $\rho = F(K_c)$ и $\rho = F(\lg A)$ продуктивных — промышленных — кимберлитов Якутии по девяти алмазоносным трубкам проиллюстрированы на рис. 1.

Коэффициент слюдистости — эффективная оценка щелочности ассоциаций (разновидностей) кимберлитов отдельной трубки. Он показывает отношение ультраосновных и всех щелочных типов кимберлитов и аппроксимируется числами силикатных анализов, представляющих каждый тип пород, и выражается уравнением

$$K_c = \frac{N_{K_2O > 0,75\%} \cdot 100}{N_{\text{сум}}},$$

где $N_{K_2O > 0,75\%}$ — число анализов в слюдяных типах пород; $N_{\text{сум}}$ — общее число достаточно необходимых анализов [8].

На рис. 1 и 2 отчетливо проявлена прямая пропорциональная зависимость $\lg A$ от коэффициента слюдистости и обратная — ρ от алмазности и коэффициента слюдистости. Следовательно, увеличение щелочности (калиевости) кимберлитовых разновидностей коррелируется с увеличением их алмазности [8] и резким снижением удельного электрического сопротивления. Например, высокоалмазные (высококалиевые) популяции кимберлитов трубки Ботуобинская характеризуются весьма низким удельным электрическим сопротивлением (40—90 Ом·м), а относительно слабоалмазные низкощелочные кимберлиты трубки Сытыканская — высоким — 300—550 Ом·м (см. рис. 1). По средним предельным значениям электрического сопротивления щелочные (калиевые) популяции кимберлитов трубки Ботуобинская (40—120 Ом·м) не имеют аналогов среди продуктивных и слабоалмазных диатрем Якутии. При этом высокоалмазные популяции кимберлитов трубки Ботуобинская отличаются весьма низким содержанием MgO (17,48%) и высоким CaO (19,98%), а кимберлиты трубки Сытыканская высоким MgO (27,84%) и низким CaO (10,88%) (рис. 3).

Используя правило постоянства суммы концентрации MgO и CaO, т.е. $\Sigma(\text{MgO} + \text{CaO}) = \text{const } 40 \pm 3\%$, нами для продуктивных кимберлитов трубок Якутии был выведен коэффициент известковистости $K_{\text{и}}$, равный отношению $\text{CaO}/(\text{MgO} + \text{CaO})$ [1]. Построенные корреляционные зависимости между ρ и $K_{\text{и}}$ и

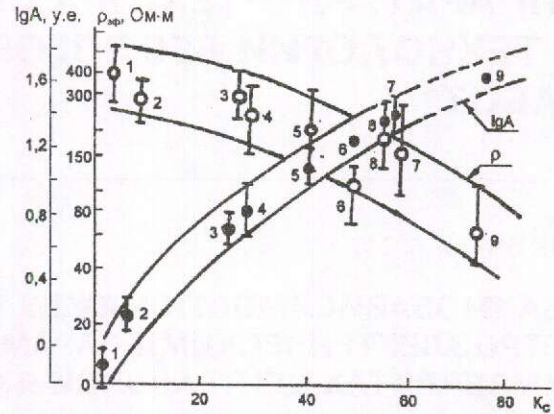


Рис. 1. Зависимость алмазности $\lg A$ и удельного электрического сопротивления $\rho_{\text{эф}}$ от коэффициента слюдистости K_c в продуктивных кимберлитах трубок Якутии:

трубки: 1 — Сытыканская, 2 — Юбилейная, 3 — Удачная западная, 4 — Удачная восточная, 5 — Мир, 6 — Нюрбинская, 7 — Интернациональная, 8 — Айхал, 9 — Ботуобинская

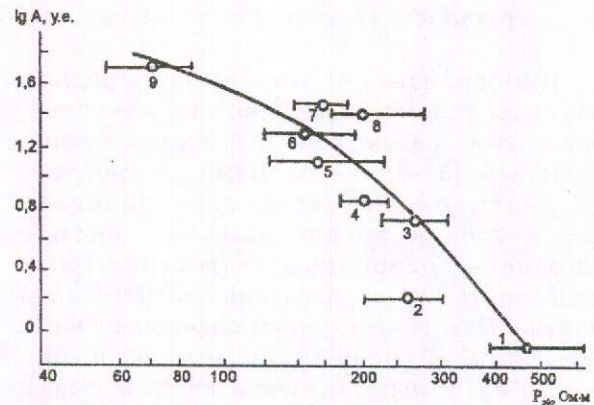


Рис. 2. Зависимость алмазности $\lg A$ и удельного электрического сопротивления $\rho_{\text{эф}}$ в продуктивных кимберлитах трубок Якутии:

усл. обозн. см. рис. 1

K_c , а также $\lg A$ в функции $K_{\text{и}}$ продуктивных кимберлитов (рис. 4) оказались аналогичными установленным связям между удельным электрическим сопротивлением ρ , коэффициентом слюдистости K_c и алмазностью $\lg A$ (см. рис. 1).

Коэффициент известковистости, по-видимому, в основном отражает степень кальциевого метасоматоза [1]. Однако существующие прямые и обратные зависимости между значениями $\lg A$, K_c , $K_{\text{и}}$ и удельным электрическим сопротивлением ρ свидетельствуют о том, что коэффициент известковистости

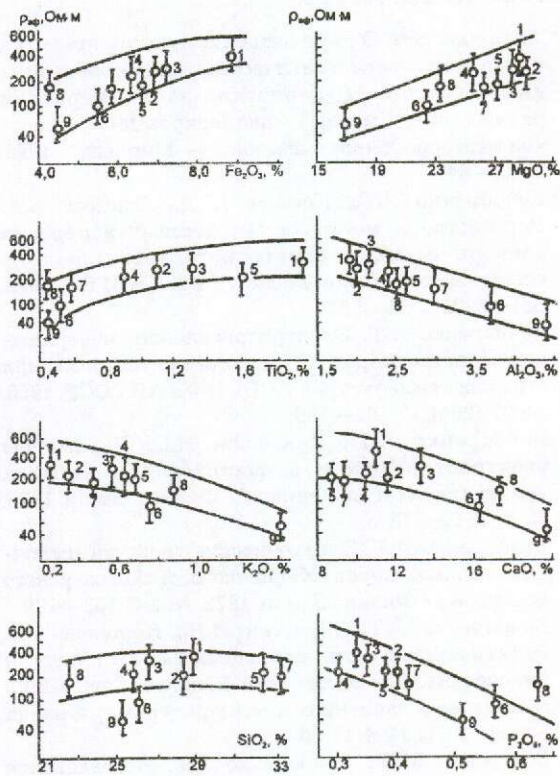


Рис. 3. Зависимость удельного электрического сопротивления $\rho_{эф}$ от состава породообразующих оксидов в продуктивных кимберлитах трубков Якутии:

усл. обозн. см. рис. 1

несет также информацию об уровне алмазности и генезисе кимберлитов.

Необходимо отметить, что установленные низкие значения удельного электрического сопротивления (40—500 Ом·м) предельно водонасыщенных продуктивных кимберлитов при температуре -4°C в условиях атмосферного давления соответствуют таковым мантийного вещества дунит-перидотитового состава (обогащенного щелочами) (80—600 Ом·м) при температуре $900\text{--}1100^{\circ}\text{C}$ [3—6]. Следовательно, наряду с выявленной петрохимической памятью [1], кимберлиты несут петроэлектрическую «закодированную» генетическую информацию об исходном перидотитовом веществе, за счет которого образовались эти оригинальные породы.

Электропроводность исходного мантийного вещества при высоких температурах и водонасыщенных реальных кимберлитов обусловлена тем, что в обоих случаях электросопротивление пород определяется механизмом ионной проводимости. При высоких температурах твердое вещество

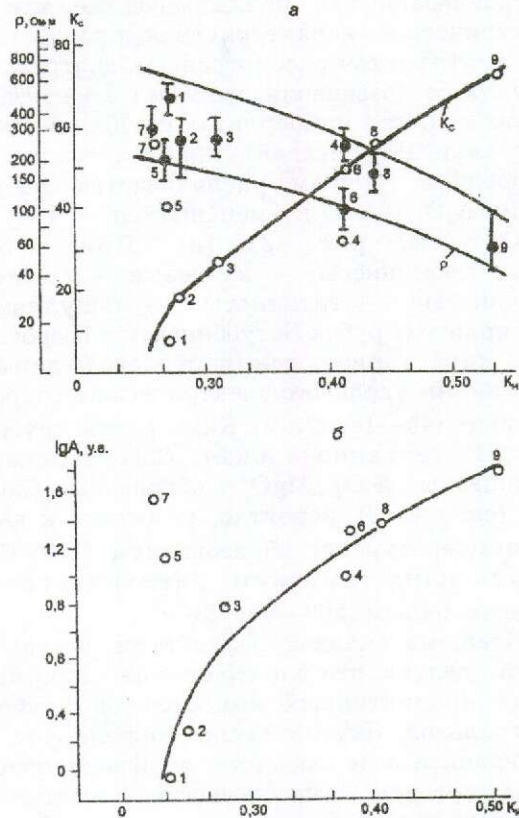


Рис. 4. Зависимость удельного электрического сопротивления $\rho_{эф}$ и коэффициентов скользкости K_c и известковости $K_{и}$ (а); алмазности lgA и коэффициента известковости $K_{и}$ (б) в продуктивных кимберлитах трубков Якутии:

усл. обозн. см. рис. 1

переходит в активированное состояние, предшествующее плавлению субстрата. С узлов кристаллической решетки минеральных веществ срываются ионы, которые под воздействием электрического тока образуют направленный интенсивный поток, определяющий уровень электросопротивления породы [12—13]. Аналогичное явление отмечается и в водонасыщенной породе, т.е. основные и примесные слабозакрепленные ионы в ячейках кристаллической решетки минеральных веществ за счет различных дефектов (распада твердых растворов, разрушенности, трещиноватости, микропористости, гидролиза вторичных легкорастворимых щелочных, кальциевых, железистых и других соединений) аккумулируются в поровом водном растворе и таким образом определяют низкое удельное электрическое сопротивление [13].

Исследованиями установлено, что физико-химические условия (барические и термические) генерации магматических расплавов

обуславливают как петрохимические, так и электрические характеристики продуктивных кимберлитов рассмотренных диатрем. В результате повышения давления в магматических очагах в кимберлитах (трубки Ботуобинская и Нюрбинская), принадлежащих к однородным группам, увеличивается содержание Al_2O_3 и K_2O и уменьшается — TiO_2 и Fe_2O_3 (см. рис. 3) [8]. При этом высокоалюминиевые — калиевые — и менее железистые — титанистые — популяции кимберлитов трубок Ботуобинская и Нюрбинская характеризуются наиболее низкими значениями удельного электрического сопротивления (40—140 Ом·м). Кимберлиты трубок Мир, Интернациональная, Сытыканская, обогащенные SiO_2 , MgO и обедненные CaO , K_2O (см. рис. 3), вероятно, относятся к высокотемпературным образованиям (1200°C), обладающим высоким электрическим сопротивлением (200—580 Ом·м).

Итак, из анализа результатов исследований следует, что электрическое сопротивление продуктивных кимберлитов трубок Центральной Якутии тесно коррелирует с коэффициентами слюдистости, известковистости, уровнем алмазоносности и составом основных породобразующих оксидов. Полученные зависимости нами не распространяются на популяции щелочных кимберлитов северных и других полей Сибирской платформы.

Щелочные высокоалмазоносные кимберлиты трубок Ботуобинская и Нюрбинская Накынского поля характеризуются весьма низким удельным электрическим сопротивлением по сравнению со слабопродуктивными или не содержащими алмазов кимберлитами других полей.

Для высокопродуктивных популяций кимберлитов трубок Якутии характерна обратная корреляционная зависимость электрического сопротивления в функции логарифма алмазоносности. Следовательно, по значениям электрического сопротивления кимберлитов, находящихся в области продуктивных диатрем, при поисках и подсчетах запасов сырья эта зависимость может быть использована при экспрессных оценках алмазоносности.

Установленная связь удельного электрического сопротивления и коэффициента известковистости, вероятно, позволяет также судить об алмазоносности продуктивных кимберлитов и их генезисе.

Авторы благодарят В.И.Ваганова, В.И.Пятницкого, А.Д.Петровского за помощь и внимание к работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антолюк Б.П. О двух петрохимических правилах в связи с постмагматическим преобразованием кимберлитов // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. — Мирный, 1998. С. 83—84.
2. Бондаренко А.Т., Ковалев Ю.Д., Стогова В.А. Устройство и методика экспрессных измерений электрических параметров горных пород на естественно-мерзлом керне // Тр. ЦНИГРИ. 1988. Вып. 222. С. 53—58.
3. Бондаренко А.Т. Электропроводность изверженных горных пород Кольского полуострова при высоких температурах // Тр. ИФЗ АН СССР. 1966. № 37 (204). С. 192—199.
4. Бондаренко А.Т., Фельдман И.С. Параметры электропроводности оливинитов при высоких температурах и давлениях // Физика Земли. 1973. № 5. С. 63—72.
5. Бондаренко А.Т. Электрические свойства щелочных горных пород Хибинского и Ловозерского массивов // Физика Земли. 1972. № 4. С. 103—109.
6. Бондаренко А.Т., Мушкин И.В., Котунов А.А. Электропроводность щелочных базальтоидов и пироксенитовых включений Южного Тянь-Шаня при высоких давлениях и температурах // Физика Земли. 1976. № 4. С. 80—86.
7. Волярович М.П., Бондаренко А.Т. Исследование частотной зависимости электрических свойств изверженных горных пород Кольского полуострова // Тр. ИФЗ АН СССР. 1966. № 33 (204). С. 206—220.
8. Василенко В.Б., Зинчук Н.Н., Кузнецова Л.Г. Петрохимические модели алмазных месторождений Якутии. — Новосибирск: Наука, 1997.
9. Василенко В.Б., Зинчук Н.Н., Кузнецова Л.Г. Главные факторы изменчивости продуктивных кимберлитов Якутии // Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. — Мирный, 1998. С. 98—99.
10. Зинчук Н.Н., Бондаренко А.Т., Пыстин А.Б. Корреляционные связи между петрохимическим составом и электрическими свойствами кимберлитов Западной Якутии // Руды и металлы. 1995. № 6. С. 58—62.
11. Илупин И.П., Каминский Ф.В., Францесон Е.В. Геохимия кимберлитов. — М.: Недра, 1978.
12. Курскеев А.К., Бондаренко А.Т., Белослюдов О.М. Геолого-геофизический анализ электрических свойств горных пород. — Алма-Ата: Наука, 1982.
13. Пархоменко Э.И., Бондаренко А.Т. Электропроводность горных пород при высоких давлениях и температурах. — М.: Наука, 1972.
14. Петрофизические и петрохимические характеристики кимберлитов трубки Юбилейная / А.Т.Бондаренко, А.Д.Харькив, Ю.Д.Ковалев и др. // Руды и металлы. 1998. № 1. С. 69—79.
15. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. — М.: Недра, 1988.



ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ INTERNET ПО ЭКОНОМИКЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

К.И.Володин, Т.К.Янбухтин (ВИЭМС МПР России)

Проанализирован опыт поиска в мировой паутине Internet документов, относящихся к предметной области: экономика минерального сырья и природопользования. Прослежена динамика изменения адресов документов. Установлена необходимость не только мониторинга информационных ресурсов сети, но и создания электронного архива документов по данной тематике. Издан справочник WEB-адресов документов в двух редакциях.

В настоящее время наблюдается невиданный интерес к развитию сети Internet и информационным ресурсам, циркулирующим в ней. Известно [1], что к концу лета 1999 г. общее число пользователей сети в мире составило 108 млн. человек. К 2003 г. число людей, имеющих доступ в Internet, достигнет 350 млн., т.е. почти в 3,5 раза будет больше, чем сейчас.

Общий объем инвестиций в компании, чья деятельность связана с Internet, 7,7 млрд. дол. Беспрецедентными темпами развивается электронный бизнес в сети. Для привлечения пользователей сети проводятся кампании по бесплатной раздаче персональных компьютеров. И, естественно, наблюдается стремительный рост объема информации, существующей только в электронной форме. Количество документов, доступных через Internet, составляет более 300 млн. Достаточно велик ресурс отечественных и зарубежных документов по геологии и природопользованию. Между тем, получение такой информации без знания конкретных адресов узлов сети (серверов) и умения пользоваться языками «поисковых машин» Internet'a затруднительно и сопряжено с большими временными и материальными затратами, учитывая сравнительно высокую стоимость доступа к ресурсам сети.

Настоящая статья суммирует опыт работы в сети Internet в целях обнаружения информационных ресурсов по тематике «Экономика минерального сырья и природопользования» с тем, чтобы обеспечить специалистов отрасли полнотекстовыми документами, имеющимися в сети, а также снабдить

их адресами нужных документов. Главный итог работы — издание двух выпусков Справочника WEB-адресов Internet по указанной тематике.

Методика исследований. Прежде всего было проведено анкетирование специалистов ВИЭМСа для выявления так называемых профилей их интересов. На основе анализа анкет составлен список запросов на русском, естественном, языке (ЕЯ) — языке деловой прозы. Затем запросы на ЕЯ были преобразованы в поисковые предписания на информационно-поисковом языке (ИПЯ) с помощью разработанной в ВИЭМСе системы автоматического составления поисковых предписаний [3] на базе морфологического анализатора и тезауруса по геологии и недропользованию.

Полученные поисковые предписания переведены на английский язык программой «Билингва» [2]. Перечни поисковых предписаний на русском и английском языках, представляющие собой списки терминов, связанных логическими операторами, использованы для поиска необходимых сведений (адресов серверов и домашних страниц) в информационной среде Internet. Поиск производился с помощью российских (Следопыт, Яндекс, Прайс Экспресс, Медиа Лингва) и зарубежных (AltaVista, Excite, Galaxy, Hothot, Infoseek и др.) поисковых серверов. Кроме того, использовалась интегрированная поисковая машина Copernic, дающая возможность производить поиск во многих поисковых серверах и суммировать результаты в едином массиве адресов, релевантных запросу полнотекстовых документов.

Характеристика отечественных и иностранных информационных ресурсов. Отметим прежде всего необычайную динамику изменений адресов документов по изучаемой тематике. В результате отслеживания ресурсов сети в течение одного полугодия 1999 г. установлены исчезновение порядка 30% адресов документов за этот период и появление более 50% новых ссылок по отношению к первоначально зафиксированному массиву документов [4]. Из этого факта следуют два важных вывода: во-первых, для успешного слежения за изменением информационного пространства сети по данной тематике необходим регулярный и планомерный мониторинг; во-вторых, для сохранения необходимых сведений и документов следует организовать постоянно пополняемый электронный архив.

Сравнивая российские, точнее, русскоязычные ресурсы (РФ и СНГ) с иностранными, следует признать известные преимущества последних по степени информативности. Как правило, отечественные ресурсы представляют собой отдельные гипертекстовые документы, за исключением, пожалуй, серверов «Минерал» (<http://www.mineral.ru>) и «Природа» (<http://www.priroda.ru>), тогда как зарубежные серверы оформлены как многоаспектные хранилища документов с многочисленными гиперссылками. В качестве примера приведем хорошо продуманный и скомпонованный сервер INFOMINE.

INFOMINE — это сервер мировой горной промышленности, являющийся крупнейшим и самым полным источником новостей и информации, касающихся всех аспектов деятельности мировой горной промышленности и геологоразведки. Этот узел Internet позволяет узнать: последние бизнес-новости ежедневно; комментарии Infomine; выпуски новостей отрасли; мнения профессионалов отрасли и аналитиков по проблемам инвестиций в горную промышленность; сведения из базы данных о тысячах горных компаний и геологических отводах, которые легко разыскать, используя самые разные критерии; перечень адресов более 2000 горных компаний, которые можно использовать для последующего маркетинга; перечни продающихся геологических отводов, совместных предприятий и другие ресурсы.

Информация о стране на примере Канады.

Ресурсы Infomine: последние новости; горные компании; геологические отводы; поставщики горно-геологической продукции; возможности роста карьеры.

Другие ресурсы: карта, география, народ, правительство, экономика, демография; Канадское агентство по оценке ущерба окружающей среде.

Публикации о природных ресурсах Канады на Infomine: защита окружающей среды в Канаде; переработка и обогащение сырья в Канаде; Геологическая служба Канады; карты на геологическую тематику; проекты освоения континентального шельфа Канады; добыча сырья и выплавка металлов; Канадская лесная служба; отдел статистики в горной промышленности; энергетика и электростанции; Министерство по охране окружающей среды; горная промышленность и окружающая среда в провинциях Британская Колумбия, Манитоба, Ньюфаундленд, Нью-Брансуик, Онтарио, Квебек, Саскачеван и Новая Шотландия на п-ове Лабрадор.

Другие страны, представленные в Infomine: Австралия, ЮАР, Россия, Чили, Венесуэла, Мексика, Бразилия, Аргентина, Гана и т.д.

Информация о видах полезных ископаемых на примере золота.

Ресурсы Infomine: новости золотодобывающей промышленности; события в отрасли; участки, рудопроявления; перечень компаний, ведущих добычу и производство золота.

Другие ресурсы: Институт изучения золота.

На сервере представлены также данные по алмазам, серебру, меди, цинку, свинцу и т.д.

Сервер Горной палаты Южной Африки — также весьма информативное хранилище сведений по геологии и горному делу (Приложение 1), содержащее самые разнообразные рубрики и страницы: новости и объявления (выпуски СМИ, события, доклады и публикации); конференции и симпозиумы; цены на продукцию минерального сырья и экономические показатели; ежеквартальный анализ работы золотых рудников; статистические данные работ горной промышленности ЮАР; страницы, посвященные золоту и углю; горная промышленность и окружающая среда; горные и геологоразведочные компании; сведения по основным добывающим минеральное сырье странам (Аргентина, Австралия, Бразилия, Канада, Китай, США, Чили и т.д.).

При этом практически все ссылки на те или иные ресурсы интерактивны и позволяют путешествовать по сети, добираясь до самых конкретных сведений, например, на сайты конкретных компаний и госучреждений 17 стран.

Электронный каталог адресов журналов наук о Земле. В сети Internet содержится более 400 ссылок на сайты и серверы, которые принадлежат научно-техническим журналам по всем разделам геологической науки, геологоразведке, экологии и геофизике океана, атмосферы и планет и др. Обычно на этих страницах сети можно найти описательные характеристики изданий, их адреса (E-mail) и иногда содержания выпусков и томов. Как правило, тексты статей недоступны, их можно заказать за плату.

Сборник WEB-адресов Internet по экономике минерального сырья и природопользованию. В течение 1998—1999 гг. в ВИЭМСе была проведена работа по выяснению адресов серверов и сайтов Internet,

посвященных проблеме экономики минерального сырья и природопользования. По результатам этих работ составлен справочник WEB-адресов Internet в виде Word-документа и гипертекстового файла. Последний может быть загружен пользователем в браузер, и поиск по нужным адресам в этом случае осуществляется простым указанием мышью на адрес документа. Адреса отечественных серверов и сайтов снабжены аннотациями. В перечне адресов зарубежных ресурсов пока даны только переводы названий узлов и страниц. В дальнейшем предполагается снабдить их переводом наиболее интересных гиперссылок в текстах сайтов. Ниже приведен список рубрик справочника.

Русскоязычные информационные ресурсы	Число адресов
1. Законодательство в сфере природопользования: законы Российской Федерации; законы субъектов Федерации; кодексы; постановления	43
2. Экономика природопользования: социально-экономические, социально-экологические вопросы в сфере недро-, водо- и природопользования; инвестиции в области недро-, водо- и природопользования; налогообложение, аудит и страхование в сфере недро-, водо- и природопользования	25
3. Экономика минерального сырья: геолого-экономическая оценка месторождений; классификация запасов и ресурсов месторождений полезных ископаемых; финансирование геологоразведочных работ; воспроизводство минеральных, водных и других природных ресурсов; соглашения о разделе продукции	42
4. Управление (государственное) в сфере недро-, водо- и природопользования: государственные учет и оценка природных ресурсов; лицензирование недро-, водо- и природопользования; статистика недро-, водо- и природопользования	26
5. Потребление минерального сырья и продуктов его переработки: цены на минеральное сырье и продукты его переработки; экспорт минерального сырья и продуктов его переработки; импорт минерального сырья и продуктов его переработки	14
6. Минерально-сырьевые ресурсы России	11
7. Минерально-сырьевые ресурсы мира	2
8. Информационные ресурсы и технологии в сфере недро-, водо- и природопользования	6
9. Географические информационные системы (ГИС) в сфере геологии, недро-, водо- и природопользования	48
10. Экология недро-, водо- и природопользования: охрана недр и окружающей среды; ущерб, нанесенный окружающей среде в результате недро-, водо- и природопользования	24
11. Экономические проблемы	9
12. Общие вопросы геологии	3
13. Федеральные и научно-исследовательские организации	30
Итого	283

Англоязычные информационные ресурсы

1. Горно-геологические информационные системы	11
2. Национальные геологические системы	7
3. Сайты, представленные в базе данных «Минерал»	6
4. Подборки ссылок на геологические ресурсы сети и сайты горно-рудных компаний	19
Итого	43

В дальнейшем представляется целесообразным расширить тематический охват сведений по геологии и природопользованию, учтя интересы ученых и специалистов других научных и производственных организаций отрасли и центрального аппарата МПР России. Кроме того, в связи с невероятно быстрым наращиванием ресурсов сети, необходимо осуществлять целенаправленный мониторинг информационных ресурсов сети как по выявлению новых адресов домашних страниц, сайтов и узлов, так и по получению новых сведений по старым адресам. Более того целесообразно хранить полнотекстовые документы в электронном архиве и регулярно издавать на магнитных (дискеты, компакт-диски) и бумажных носителях дайджесты материалов по геологии и недропользованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольшико А. Российские TELCO и российские ISP: Доклад на специальной сессии «Развитие Internet в России» (28 октября 1999 г.) 1-го Международного семинара «Internet: технологии и услуги». Москва, 1999.
2. *Двуязычное индексирование геологических документов* / К.И.Володин, Л.Л.Гульницкий и др. // Научно-техническая информация. 1991. Сер. 2. № 12.
3. *Пожариский И.Ф., Федотова Л.В., Чуркин В.П.* Автоматизированная подготовка поисковых предписаний к базам данных геологического содержания // Научно-техническая информация. 1998 г. № 11.
4. *Справочник WEB-адресов Internet: экономика минерального сырья и природопользования* (редакция 1 на 1.09.99). — Москва: ВИЭМС, 1999.

НУЖНОЕ ИЗДАНИЕ*

Б.М.Михайлов (ВСЕГЕИ МПР России)

После распада СССР российская металлургическая промышленность — основной потребитель марганца — лишилась своих традиционных баз — месторождений Никопольского (Украина), Чиатурского (Грузия) и Атасуйского (Казахстан) рудных районов.

В настоящее время ежегодная потребность России в импортной товарной руде (40—50% Mn) оценивается в 3—3,5 млн. т [3]. При цене на мировом рынке 200 дол. за 1 т затраты на ее покупку и доставку на заводы составят около 1 млрд. дол. Отсюда следует насущная необходимость интенсификации поисковых работ на марганец, особенно в районах расположения металлургических комбинатов. Наиболее перспективен в этом отношении Уральский регион, где известны многочисленные проявления руд марганца.

Поиски, разведка и эксплуатация марганцевых месторождений на Урале начались еще в XVIII в. и с кратковременными перерывами продолжаются до наших дней. Основным типом промышленных залежей многие годы были богатые существенно пиролюзит-криptomелановые руды марганцевых шпал, в большом количестве формировавшихся на Урале в платформенный мезозойско-кайнозойский этап его развития на марганценосных породах и бедных рудах различного состава и возраста. По мере отработки этих месторождений, как правило, имевших незначительные запасы, металлургическая промышленность Урала вынуждена была переходить на менее качественные руды, а затем использовать только привозное сырье.

Особенно сложное положение возникло в период Великой Отечественной войны, когда немцы оккупировали Никопольские месторождения и практически отрезали от Урала Чиатуры. В послевоенные годы на Урале неоднократно поднимался вопрос о необ-

ходимости создания собственной марганцеворудной базы, но, к сожалению, все попытки оказывались безрезультатными. В 1965 г. прекратилась добыча марганцевой руды на последнем действующем предприятии — шахте Полуночного месторождения Северо-Уральского марганценосного бассейна.

Дальнейшие работы по марганцевой тематике были направлены на решение частных вопросов и в лучшем случае ограничивались подсчетом прогнозных ресурсов, которые в зависимости от принимаемых кондиций, методов подсчета, а иногда просто от темперамента и квалификации исполнителя колебались от первых миллионов до десятков миллиардов тонн.

Первая количественная оценка перспективных ресурсов марганцевых руд Урала была дана нами при составлении комплекта карт минеральных ресурсов территории СССР [2]. Ресурсы четырех районов (Южно-Уральского, Северо-Уральского, Полярно-Уральского и Башкирского) оценивались соответственно в 50, 100, 50 и 20 млн. т (общая сумма по Уралу — 220 млн. т). При этом в объяснительной записке указывалось на преимущественно низкокачественный кремнисто-карбонатный состав прогнозируемых руд, не сравнимый с составом товарных руд стран-экспортеров — Габона, Индии, ЮАР и др.

Последующие годы ознаменовались значительным ростом прогнозных ресурсов. В рецензируемой монографии Е.С.Контарь, К.П.Савельева, А.В.Сурганов и др. [4, с. 112] потенциал Урала оценивают в 580 млн. т прогнозных ресурсов, при этом добавляя: «Вместе с ресурсным потенциалом недостаточно изученных уровней мы приближаемся к 1 млрд. т (без учета потенциала Пайхойско-Новоземельской провинции)». Этот потенциал сотрудники «ВНИИОкеангеологии» — первооткрыватели Пайхой-Новоземельского марганценосного бассейна — оценивают в несколько десятков миллиардов тонн [8].

*Марганцевые месторождения Урала / Е.С.Контарь, К.П.Савельева, А.В.Сурганов и др. — Екатеринбург, 1999.

Казалось бы, при ежегодной потребности уральской промышленности в 0,5 млн. т марганцевых концентратов достаточно реализовать 1/1000 часть прогнозных ресурсов, чтобы решить проблему марганца на многие годы вперед! Но, к сожалению, при переходе к балансовым запасам, особенно к той их части, которая может быть экономично использована в современных условиях рыночной экономики, ситуация оказывается не столь благоприятной.

Ко времени распада СССР Государственным балансом на Урале (точнее, в пределах платформенного чехла Западно-Сибирской плиты Урало-Сибирской эпипалеозойской платформы) учитывались только восемь месторождений Северо-Уральского палеоценового бассейна с общими запасами 40 млн. т карбонатных (кремнисто-карбонатных) руд, содержащих 17—20% Mn. К этой цифре можно добавить 2,5 млн. т марганцевых руд, разведанных непосредственно на Урале, но в 70-х годах снятых с баланса [7]. Очевидно, такой разницей в цифрах при отсутствии добычных предприятий и резком дефиците марганцевого сырья нельзя считать нормальным.

«Зачистка» прогнозных ресурсов, их маркетинговая проработка с одновременным переводом в балансовые запасы, экономически выгодные для отработки в условиях рыночной экономики, подготовка месторождений к эксплуатации сегодня должны быть приоритетными задачами геологической службы Урала.

В создавшейся ситуации, несомненно, актуальным является издание известными уральскими геологами монографии «Марганцевые месторождения Урала». Монография представляет собой сравнительно полное на сегодняшний день обобщение результатов многолетних исследований в области изучения марганценосности Урала. В ней приведены характеристики марганцевых месторождений, а главное — ранее не публиковавшиеся в открытой печати сведения о запасах и качестве руд эксплуатировавшихся и разведанных месторождений, что позволяет читателю получить достаточно полное представление о состоянии проблемы, сопоставить марганцеворудный потенциал Урала с аналогичным потенциалом стран-экспортеров и оценить конъюнктуру уральских марганцевых руд на мировом рынке.

В структуре монографии принят стратиграфический принцип изложения материала. Авторами выделены 11 возрастных уровней проявления марганцевой минерализации,

последовательно сменяющих друг друга от среднего рифея до палеогена включительно. Таким образом, практически весь обнажающийся стратиграфический разрез в той или иной степени, по мнению авторов, «заражен» марганцем и потенциально перспективен на поиски марганцевых месторождений. При этом отмечается, что наиболее продуктивными уровнями, где локализованы объекты промышленного значения, являются только средне-верхнеордовикский (парнокский), верхнесилурийский — нижнедевонский (сапальский), среднедевонский (бугульгырский), нижнекаменноугольный (кипчакско-аккермановский), пермский (улутелякский) и верхнемеловой — палеогеновый (североуральский). Возможно это и так, но пока для столь ответственных оптимистических заключений, на наш взгляд, данных недостаточно.

Авторы, анализируя материалы, имеющиеся в их распоряжении, к наиболее крупным перспективным объектам, общие ресурсы каждого из которых превышают 100 млн. т, относят Парнокское, Улутелякское месторождения и Северо-Уральский марганценовый бассейн.

Опыт наших полувековых исследований, охвативших все крупные месторождения Урала, Украины, Грузии, Казахстана, а также некоторых стран дальнего зарубежья, позволяет несколько иначе посмотреть на публикуемый в монографии полноценный фактический материал.

Парнокское месторождение представляется авторам «наиболее крупным марганцеворудным объектом Урала» [4, с. 26]. Сумма запасов и прогнозных ресурсов его 100 млн. т. Но обращает на себя внимание общее низкое качество как оксидных, так и особенно руд, относимых к группе карбонатных. Запасы окисных руд, подсчитанных по категории C_1+C_2 , составляют всего 1,2 млн. т при среднем содержании марганца 30,5% (товарная руда, экспортируемая из Индии — 45—50% Mn, из Габона — до 60% Mn и т.д.). Запасы+прогнозные ресурсы карбонатных руд — 87 млн. т при среднем содержании 24% Mn. Но дело даже не в содержании металла. Значительная часть месторождения (и марганцевых руд) интенсивно метаморфизована, скарнирована, в результате чего до 32% Mn вошли в состав его силикатов — родонита, бустамита, тефроита, спессартина и других, практически промышленно не вскрываемых минералов. Можно отобрать лабораторную и даже заводскую пробу слабометаморфизованных карбонатных руд, но для промышленной

оценки сложного Парнокского месторождения, очевидно, требуется проведение разведочных работ, по крайней мере, по категории B_2+C_1 .

Улутелякское месторождение приурочено к карбонатно-сульфатным отложениям филипповского горизонта нижней перми. Разрез его, согласно авторам монографии, представлен частым переслаиванием тонкоплитчатых марганцовистых известняков, мергелей, содержащих иногда до 15% Mn и залегающих среди гипсов и ангидритов. Главный рудный минерал первичных (пермских) руд — манганокальцит, кроме того, присутствует манганодолomit, а иногда в значительном количестве (до 20%) алабандин. Породы филипповского горизонта часто битуминизированы и содержат флюоритовую минерализацию.

На месторождении повсеместно развит элювиально-делювиальный покров, заключающий окисленные (окисленные) руды. Элювиальные тела от поверхности прослеживаются вглубь по контактам пластов и проникают по трещинам на значительную глубину. Содержание марганца в них местами достигает 20—28%. Марганец находится в форме слабонераскислизованных коллоидных гидроксидов типа вернадита, а также нсутита, криптомелана и реже пиролюзита.

Низкое содержание кремнезема в марганцовистых известняках (8—10%), казалось бы, позволяет использовать их в качестве дефицитных основных флюсов, что было подтверждено в 1941—1942 гг. опытными плавками на Ашинском металлургическом заводе [11], но, ссылаясь на этот факт, авторы рецензируемой монографии резонно замечают: «Технологические исследования улутелякских руд показали, что механическое обогащение возможно лишь с применением ручной разработки» [4, с. 72]. И это действительно так. Марганцовистые известняки Улутеляка залегают в тесном контакте с гипсами и ангидритами. Поскольку содержание серы в металлургическом производстве строго лимитируется, нужна поистине ювелирная работа по отделению марганцовистых известняков от гипс-ангидритовых пород. Во время войны можно было отобрать заводскую пробу вручную, но карьерная или шахтная разработка подобных месторождений в современной обстановке вряд ли рентабельна. Справедливость сказанного подтверждается тем, что по прошествии 60 лет после удачной плавки вопрос об использовании улутелякских руд в металлургическом производстве даже не

обсуждался, а месторождение с запасами в 11,3 млн. т при среднем содержании марганца 8,52% было снято с Государственного баланса. И дело не только в этом. На наш взгляд, фраза «Все исследователи характеризуемого объекта (Улутелякское месторождение — Б.М.) и прилегающих территорий отмечали значительные их перспективы» [4, с. 72] не точна и по другим причинам.

В монографии академика А.Г.Бетехтина [1], светлой памяти которого авторы посвящают свой труд, приведен составленный в 1942 г. М.Н.Благовещенской — непосредственной участницей разведочных работ на Улутеляке — разрез месторождения по разведочной линии XVIII длины около 200 м. На протяжении всего разреза рудный пласт залегают на гипс-ангидритовой толще. Летом 1972 г. вместе с М.Н.Благовещенской нами были детально осмотрены сохранившиеся горные выработки, а главное — стенки карстовых и суффозионных воронок. Обработка собранной коллекции и знакомство с результатами геологических работ, проводившихся на месторождении в 60-е годы, позволили сделать существенные выводы о генезисе, возрасте и соответственно практической значимости рудных залежей Улутеляка.

Согласно нашим представлениям, в Улутеляке мы имеем дело с карбонатным кепроком, формировавшимся на породах карбонатно-сульфатной толщи в мезозое и палеогене (вероятнее всего, в олигоцене) при участии нефтяных вод (месторождение находится в девонском промышленно нефтеносном районе). При этом десульфатизация гипсов и ангидритов происходила не только в приповерхностной зоне, что отчетливо наблюдается в стенках современных суффозионно-карстовых провалов, но и проникала по наиболее дренируемым участкам на глубину [5].

Одновременно с синтезом кальцита к поверхности в составе нефтяных вод поступал двухвалентный марганец, первоначально, по-видимому, содержащийся в водах пермского бассейна. В таком случае образование манганокальцита, манганодолomита, а также алабандина, возможно, имело место в позднем диагенезе в илах аноксийных западин раннепермского бассейна, куда могли просачиваться нефтяные воды из нижележащих нефтяных месторождений [10]. Об этом же косвенно свидетельствует и значительное содержание битумов в породах рудоносного филипповского горизонта [4].

Следует отметить, что в объяснительной записке по геолого-экономической оценке

прогнозных ресурсов Башкортостана [12] суммарные ресурсы Улутелякского района оцениваются в 520 млн. т марганцевых руд и марганцовистых известняков. Однако при рассмотрении этой записки на НТС Государственного комитета Республики Башкортостан по геологии и использованию недр принято решение о нецелесообразности учета прогнозных ресурсов Улутелякского рудного узла [12]. Нам представляется более правильным согласиться именно с этим решением до тех пор, пока не будут проведены дополнительные исследования совместно с организациями — вероятными потребителями этих руд и дана маркетинговая оценка рудного узла в целом с учетом экологического фактора.

Северо-Уральский марганценовый бассейн мел-палеоценового возраста более чем на 300 км протягивается вдоль восточного склона Северного Урала от г. Серова на юге до пос. Бурматово на севере и, как отмечалось, входит в состав платформенного чехла Западно-Сибирской плиты эпипалеозойской Урало-Сибирской платформы. Олигоцен-миоценовые марганцевые шляпы месторождений этого бассейна (Марсятского, Полуночного и др.), сложенные пиролюзитом, манганитом, вернадитом и содержащие до 30% Mn, к концу Великой Отечественной войны практически были полностью отработаны. В настоящее время разговор может идти только о добыче карбонатных (кремнисто-карбонатных) руд, содержащих около 20% Mn. Реальные запасы таких руд на месторождениях Северо-Уральского бассейна составляют десятки миллионов тонн. Именно они являются той «синицей в руках», которая в условиях дефицита качественных концентратов уже сегодня может обеспечивать марганцевым сырьем металлургическую промышленность Урала. После оценочных работ, проведенных на Тынинском месторождении, в начале 90-х годов здесь началась опытная добыча руд, состоящих преимущественно из родохрозита и других карбонатов марганца с различным содержанием Ca, Mg, Fe, а также алабандина. На основании опытных плавок на Серовском заводе ферросплавов к кондиционным можно отнести руды, содержащие более 18% Mn [4].

Итак, анализ результатов прогнозной оценки Урала на марганцевые руды, полученных в последние десятилетия многими исследователями и частично обобщенных в рецензируемой монографии, позволяет сделать следующие выводы о наиболее целесообразных путях развития марганцеворудной базы Урала, а также сформулировать современные задачи прогнозно-поисковых работ.

1. В геологической истории Урала отсутствовали условия и обстановки, благоприятные для формирования крупных месторождений высококачественных руд марганца, аналогичных существующим в странах с современным тропическим климатом (Габон, Индия, ЮАР, Бразилия и др.). В связи с этим металлургическая промышленность может использовать либо собственные руды худшего качества, либо качественное сырье из стран ближнего и дальнего зарубежья.

2. Есть все основания говорить о возможности обнаружения на Урале двух промышленно значимых типов марганцевых месторождений.

Месторождения кремнисто-карбонатных руд со средним содержанием марганца 17—20%. Запасы таких месторождений могут составлять первые десятки тонн, приурочиваться к окраинным районам Уральского орогена и принадлежать к осадочно-бассейновой группе (Северный и Полярный Урал, Пай-Хой, прибрежные фации позднепалеозойских, а также мезозойских и палеогеновых морей, располагавшихся на нефтеносных полях Пред- и Зауралья). Наиболее перспективны, на наш взгляд, бассейны рек Парнок-Ю, Кара, Лядгей, где широко развиты слабометаморфизованные карбонатные часто марганценовые отложения карбона, девона и ордовика со следами подводно-гидротермальной деятельности [4, 6, 9, 10 и др.].

Месторождения качественных оксидных руд, содержащих 30—35% Mn в составе пиролюзита, криптомелана, манганита. Для поисков месторождений этого типа на Урале наиболее перспективны мезозойско-кайнозойские марганцевые шляпы, возникающие на марганецсодержащих карбонатных, вулканогенных породах и бедных марганцевых рудах вне зависимости от возраста субстрата. Последнее замечание принципиально важно, поскольку ориентирует геологов не на поиски отложений «марганценовых уровней», «марганценовых эпох», а главное — на картирование пород определенного вещественного состава и палеогеографических обстановок, благоприятных для процессов корообразования.

Значительная часть докембрийских и палеозойских складчатых структур Урала перекрыта довольно мощным плащом неоген-четвертичных отложений. Как показывают исследования последних лет, под ним иногда скрываются мощные коры выветривания, рудные шляпы, крупные эрозионные и карстовые долины, депрессии, заполненные продуктами переотложения

элювия. Изученность этих образований минимальна. Существует большая доля уверенности обнаружения среди них марганцевых шляп, зон гипергенного оруденения, проникающих на глубины в сотни метров, а также рудного карста.

4. Решение проблемы обеспечения металлургической промышленности Урала марганцеворудным сырьем нам видится таким.

Сосредоточение прогнозных и поисковых работ на выявлении небольших по запасам (сотни тысяч, первые миллионы тонн) месторождений качественных оксидных (окисных и окисленных) руд в зонах поверхностного гипергенеза. Наиболее перспективные районы для этих работ — Зауральский меловой пенеппен и Зилаирское плато Южного Урала.

Опыт многолетних работ показывает, что основная масса бедных палеозойских месторождений марганца — наиболее благоприятного субстрата для возникновения марганцевых шляп — приурочена к выходам вулканогенно-осадочных толщ, сложенных кремнисто-карбонатными породами, яшмами, туфами. При этом мощные марганцевые шляпы чаще встречаются в пониженных участках рельефа под неоген-четвертичным покровом. В таких случаях наблюдаются «размазывание» шляпы в покровных суглинках, образование валунчатых россыпей, что особенно хорошо обнаруживается на распаханых полях.

В «закрытых» и «полузакрытых» районах, к которым относятся уральские пенеппены, при геолого-съёмочных работах можно эффективно применять металлометрическое («марганцеметрическое») опробование. Аномалии в 0,5—1% Mn на площадях уже первые сотни квадратных метров могут служить поисковым признаком на марганцевую шляпу.

Что касается кремнисто-карбонатных руд, то их промышленные залежи на Южном Урале всегда будут сопровождаться марганцевыми шляпами. На Северном Урале при прогнозно-поисковых работах предпочтение следует отдавать районам развития слабо-метаморфизованных пород карбона и перми, учитывая, что марганцевые кремнисто-карбонатные руды при полевых маршрутах легко спутать с кремнистыми аргиллитами, алевролитами, песчаниками: и те и другие плот-

ные, серые, темно- или желтовато-серые, иногда с ясно выраженной слоистостью.

5. Перед началом работ необходимо провести качественное маркетинговое исследование целесообразности замены импортных марганцевых концентратов местными, производство которых предполагается наладить путем обогащения уральских руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бетехтин А.Г.* Промышленные марганцевые руды СССР. — М.-Л.: АН СССР, 1946.
2. *Карта перспективной оценки территории СССР. Марганец. М-б 1:7 500 000 / Под ред. Б.М. Михайлова, В.Ф. Козлова.* — М.: Изд-во Мингео СССР, 1976.
3. *Козловский Е.А.* Минерально-сырьевые проблемы России накануне XXI века (состояние и прогноз) // Русский библиографический институт, при участии МГУ. 1999.
4. *Марганцевые месторождения Урала / Е.С. Контарь, К.П. Савельева, А.В. Сурганов и др.* — Екатеринбург, 1999.
5. *Михайлов Б.М., Колокольцев В.Г., Воробьев Ю.М.* Марганцевые руды в корях выветривания Южного Урала и Казахстана // Проблемы рудообразования. IV Симпозиум IAGOD, Варна, 1974. С. 82—89.
6. *Михайлов Б.М., Rogov В.С.* Геологические предпосылки прогнозирования марганцевых месторождений на Урале // Советская геология. 1985. № 8. С. 24—31.
7. *Овчинников Л.Н.* Полезные ископаемые и металлогения Урала. — М.: ЗАО «ГЕОИНФОРММАРК», 1998.
8. *Платонов Е.Г., Пovyшева Л.Г., Устрицкий В.И.* О генезисе карбонатных марганцевых руд Пайхойско-Новоземельского региона // Литология и полезные ископаемые. 1992. № 4. С. 76—89.
9. *Rogov В.С., Галицкая Э.И.* Нижнепермские марганцевые руды северо-восточного склона Пай-Хоя // Марганцевое рудообразование на территории СССР. М., 1984. С. 177—183.
10. *Столяров А.С.* Проблемы формирования крупномасштабных концентраций марганца в сероводородных бассейнах и перспектива их выявления в России // Отечественная геология. 1996. № 1. С. 32—38.
11. *Хабаков А.В.* Улу-Теляк — новое месторождение окисленных марганцевых руд в пермских отложениях Башкирии (западный склон Южного Урала) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1944. № 4. С. 70—85.
12. *Чибан С.Г., Гареев С.И.* Объяснительная записка по геолого-экономической оценке прогнозных ресурсов. Марганцевые руды, марганцовистые известняки. — Уфа: ОАО Башкиргеология, 1997.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



Елене Владимировне Францессон — доктору геолого-минералогических наук, ведущему научному сотруднику, одному из выдающихся ученых ЦНИГРИ исполнилось **70 лет**.

Елена Владимировна всю свою жизнь посвятила изучению месторождений алмазов России. После окончания геологического факультета МГУ в 1952 г. она была направлена в институт геологии ЯФ АН СССР г. Якутска, где занялась изучением вещественного состава алмазоносных пород вновь открытых коренных месторождений и вскоре защитила кандидатскую диссертацию.

Расцвет творческой деятельности Елены Владимировны связан с ее работой в ЦНИГРИ, в который она была приглашена в 1963 г. и проработала около 35 лет. Круг проблем алмазной геологии, в решении которых Елена Владимировна принимала участие, весьма широк — это геология, петрология, геохимия кимберлитов, структура рудных полей и месторождений, их прогнозирование, классификация кимберлитовых пород и другие. Решению этих проблем посвящены множество статей и 4 монографии, подготовленные и изданные ею или при ее участии. Особо следует отметить работу «Кимберлитовый магматизм древних платформ», выпущенную в 1995 г. и содержащую основу ее докторской диссертации. Велик вклад Е.В. Францессон в развитие минерально-сырьевой базы страны (Якутия, Архангельская область).

Елена Владимировна как весьма высококвалифицированный специалист в алмазной геологии участвовала почти во всех Всесоюзных Совецаниях по алмазам, курировала многие работы, диссертации, оказывала помощь их авторам ценными советами и рекомендациями. Она — известный авторитетный геолог, пользующийся заслуженным уважением коллег и как ученый, и как искренний, душевный человек. Многие специалисты-алмазники с гордостью называют себя ее учениками.

Поздравляя Елену Владимировну с юбилеем, желаем ей крепкого здоровья и неиссякаемого творческого настроения!



Шестидесятилетие Михаила Алексеевича Комарова

16 июля 2000 года исполнилось 60 лет Почетному разведчику недр, Заслуженному деятелю науки и техники Российской Федерации, доктору экономических наук, профессору, действительному члену Российской академии естественных наук и Международной академии минеральных ресурсов, директору Всероссийского научно-исследовательского института экономики минерального сырья и недропользования (ВИЭМС) Михаилу Алексеевичу Комарову.

После окончания в 1965 году МГРИ им. С.Орджоникидзе М.А.Комаров работал в организациях Якутского территориального геологического управления и Геологического управления Центральных районов Мингео РСФСР горным мастером, прорабом буровых работ, начальником отряда, главным инженером геологоразведочной партии.

В 1971—1973 гг. обучался в целевой аспирантуре МГРИ, досрочно защитил диссертацию, получив ученую степень кандидата технических наук.

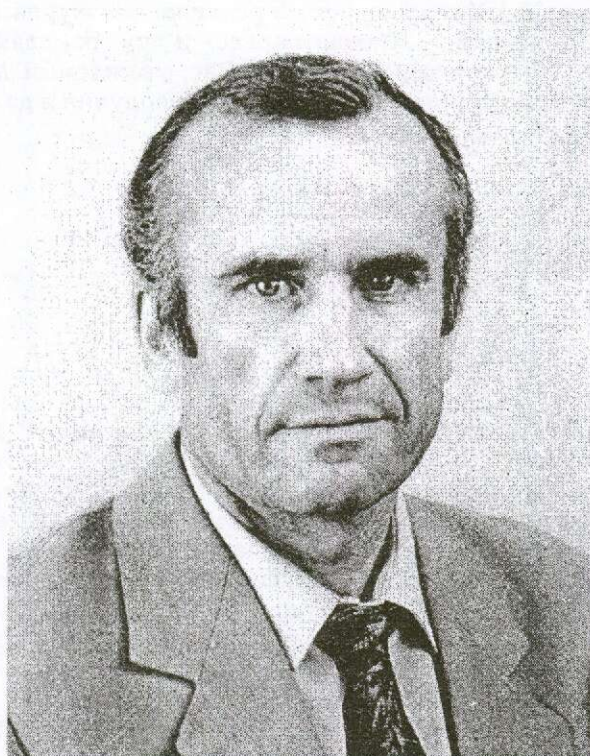
С 1976 г. по настоящее время М.А.Комаров работает в ВИЭМСе, пройдя путь от старшего научного сотрудника до директора института (с 1993 г.). Под руководством М.А.Комарова и

при его непосредственном участии был выполнен ряд важных научно-практических разработок в области проектирования и сметного ценообразования, управления и оптимизации геологоразведочного процесса. Выполненные работы легли в основу его докторской диссертации по экономике и управлению геологоразведочным производством (1987 г.).

С переходом России на рыночную экономику М.А.Комаров уделяет большое внимание проблемам экономических реформ в недропользовании, активно занимаясь вопросами научного обоснования минерально-сырьевой политики, геолого-экономической оценки месторождений, финансово-экономического анализа и управления инвестициями, рентным основам недропользования, обеспечению устойчивого развития экономики и экономической безопасности страны, совершенствованию нормативно-правовой базы недропользования.

По результатам научных исследований и разработок М.А.Комаровым опубликовано свыше 150 работ, в том числе 10 монографий и учебных пособий, получено 11 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Многие разработки нашли применение в производстве и используются в учебном процессе различных ВУЗов. Многогранная деятельность М.А.Комарова как ученого и организатора научных исследований широко известна научной и производственной общественности не только в России, но и в странах СНГ и дальнего зарубежья. Он активно способствовал налаживанию деловых контактов со специалистами из Китая, Чехии, Монголии и других стран, принимал участие в Международных геологических конгрессах, конференциях и симпозиумах. Под его руководством ВИЭМС развивает научные связи с родственными институтами ряда стран.

М.А.Комаров ведет активную научно-педагогическую деятельность и уделяет большое внимание подготовке научных кадров в области экономики минерального сырья и недропользования. Под его руководством подготовлено 12 кандидатских диссертаций. Он является председателем единственного в отрасли специализированного совета по присуждению ученых степеней кандидата и доктора экономических наук, а также членом трех специализированных советов по экономическим специальностям.



М.А.Комаров с 1977 года занимается педагогической работой: читал курсы лекций в МГРИ, ИПК Мингео СССР; в последние годы он — профессор МГУ им. М.В.Ломоносова и Всероссийского заочного финансово-экономического института (читает лекции по экономике минерального сырья и недропользования, теории управления, производственному менеджменту и другим дисциплинам).

М.А.Комаров — член редколлегий журналов «Минеральные ресурсы России. Экономика и управление», «Закон и право» и других изданий.

Сердечно поздравляем Вас, уважаемый Михаил Алексеевич, с юбилеем и от всей души желаем крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов в Вашей трудовой деятельности на благо России!

*Коллегия МПР России
Ученый Совет ВИЭМС
Редколлегия журнала*

ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ КОЧЕРОВ — главный инженер ЦНИГРИ — начал свою трудовую деятельность сорок лет назад в экспедиции Всесоюзного аэрогеологического треста после окончания геологоразведочного отделения Мытищинского индустриального техникума. В период 1961—1963 гг. служил в армии электриком, командиром отделения. В дальнейшем, работая техником-геологом и техником-геофизиком Второго гидрогеологического управления (Гидроспецгеология), окончил Московский геологоразведочный институт по специальности геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. По окончании института выполнял инженерно-геологические и геофизические работы, участвовал в подземных ядерных испытаниях на Семипалатинском полигоне.

В 1975 г. в составе группы советских специалистов был направлен в МНР, где участвовал в геофизических исследованиях, проводимых министерством геологии СССР и министерством горно-рудной промышленности Монголии.

С 1980 г. работает в ЦНИГРИ, где обеспечивает техническое вооружение научно-исследовательских, в том числе полевых, работ, охрану труда, руководит мероприятиями по защите информации.

Поздравляем Игоря Николаевича с 60-летием, желаем крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

*Дирекция ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Поздравляем с юбилеем **ЛЮБОВЬ МИХАЙЛОВНУ АЛЕКСЕЕВУ**, заместителя заведующего отделом компьютерных технологий и информатики, выполняющую большую работу по рекламе и маркетингу научно-технической продукции ЦНИГРИ и по организации участия ЦНИГРИ в отечественных и зарубежных выставках.

*Дирекция ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Поздравляем **ИРИНУ МИХАЙЛОВНУ НОВОЖИЛОВУ** с юбилеем и награждением знаком «Отличник разведки недр».

Ирина Михайловна руководит группой международных связей ЦНИГРИ и внесла весьма значительный вклад в организацию работ института в ряде зарубежных стран и в реализацию международных проектов.

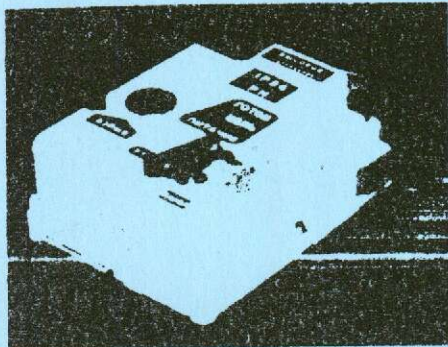
*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ

Новый мощный конденсаторный взрывной прибор КВП-2/200



Контактный телефон
(095) 978-99-43

Взрывной прибор КВП-2/200 разрешен Госгортехнадзором России (Решение № 542-ЭН от 29.05.97 г.) к постоянному применению на открытых и подземных работах в условиях, не опасных в отношении взрыва газа и пыли.

Прибор обладает высокой эксплуатационной надежностью и безотказностью, не требует технического обслуживания в течение назначенного срока эксплуатации кроме проверки работоспособности, подзарядки аккумуляторов или смены гальванических элементов в блоке питания.

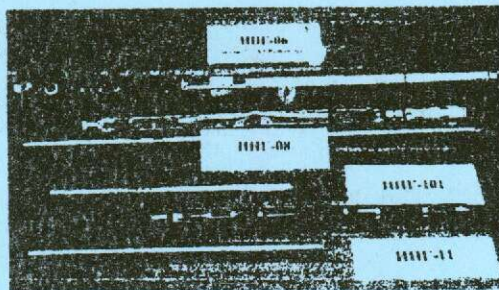
Технические характеристики КВП-2/200

Максимальное число взрываемых ЭД:	
пониженной чувствительности ($R_{эд}=0,5 \text{ Ом}$)	100
нормальной чувствительности ($R_{эд}=3,0 \text{ Ом}$)	570
Назначенный ресурс включений	10 000

Импульсные нейтронные генераторы и аппаратура на их основе

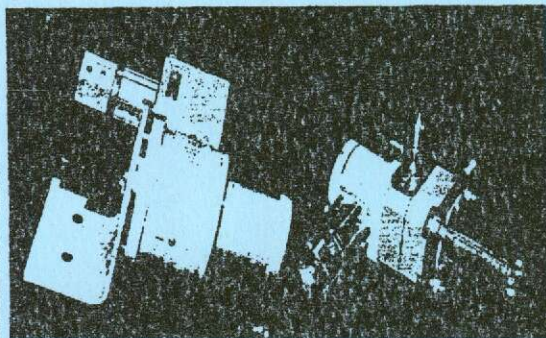
Импульсные нейтронные генераторы различного назначения обеспечивают импульсное нейтронное излучение в широком диапазоне потока, частот генерации и длительности импульсов. Выпускается специальная аппаратура на основе нейтронных генераторов для использования в следующих основных направлениях:

- каротаж нефтегазовых скважин;
- нейтронно-радиационный анализ;
- исследования по физике ядерных реакторов и критборков;
- контроль содержания ядерных материалов.



Контактный телефон
(095) 978-22-24

Датчики и сигнализаторы давления



Контактный телефон
(095) 281-52-24

Взрывозащищенные датчики и сигнализаторы давления предназначены для эксплуатации в составе систем контроля и управления технологическими процессами в газовой, нефтяной, химической и других областях промышленности. Датчики давления предназначены для непрерывного преобразования избыточного давления или перепада давлений жидкостей и газов в унифицированный выходной сигнал постоянного тока в системах контроля и управления давлением.

Сигнализаторы давления предназначены для коммутации электрических цепей при достижении заданных значений давлений или перепада давления.

Всероссийский НИИ автоматики
Адрес: Россия, 101000 Москва, Моспочтамт, а/я 918
Телефоны (095) 978-12-68, 978-78-03
Факс (095) 978-09-03



ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ЧАСТИЦ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБАХ "РОССЫПЬ"

Назначение:

определение числа частиц мелкого золота в различных сыпучих геологических пробах, среднего диаметра, массы каждой частицы, общей массы частиц золота в анализируемой пробе, среднего содержания золота в г/м³

Области применения:

- при разведке россыпных месторождений золота для изучения разведочных проб из шурфов, траншей, расчисток
- на эфельных хвостах разведочных и эксплуатационных промывочных и хвостах шлихообогатительных фабрик для контроля качества промывки и определения количества металла в отвалах
- для проверки качества отдувки геолого-разведочных проб
- на гравитационных концентратах при проверке на остаточное содержание золота;
- при разведке рудных месторождений золота для предварительного анализа рудных протоколов

Принцип действия:

возбуждение переменного электромагнитного поля в частицах благородных металлов, находящихся в пробах и обладающих высокой удельной электропроводностью, измерение его параметров и математическая обработка в реальном времени на ЭВМ с выводом на дисплей инфор-

мации о числе частиц мелкого золота, их размеров, массы, среднего содержания в пробе и в пересчете в г/м³.

Достоинства :

- быстрое определение частиц тонкого и мелкого золота без аналитического изучения пробы
- анализ в реальном времени на ЭВМ электромагнитных характеристик каждой частицы
- простота подготовки пробы
- возможность счета частиц в тяжелой фракции пробы
- простота конструкции, малый вес и габариты
- возможность создания типового ряда устройств для золота разной крупности

Технические характеристики электромагнитного определителя:

габариты, мм	100×150×240
вес, кг	0,9
аккумуляторное питание, В	12
диаметр выявляемых частиц, мм	0,5–0,1
масса анализируемой пробы, г	до 100
время анализа пробы, сек.	80

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 315-43-29
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: tsnigri@pol.ru

© Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2000