



ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦА И ЦИНКА АНГАРО-БОЛЬШЕПИТСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ, ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ

В статье охарактеризованы геологические и ассоциирующие с ними рудные формации стратиформных колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых руд в составе Тунгусикского формационного комплекса. Выделены и описаны рудно-формационные типы месторождений и три типа рудных полей со свинцово-цинковым оруденением в Ангаро-Большепитской зоне. На основе выделенных литофаций охарактеризованы палеообстановки формирования стратиформных рудных ассоциаций. Отражены роль метаморфизма и структурные факторы, влияющие на условия проведения поисковых работ. Выявлена связь минералого-геохимических подтипов руд с содержаниями органического углерода в литофациях рудовмещающих толщ. Полученные и обобщённые данные имеют практический интерес при разработке геолого-поисковых моделей месторождений и повышении эффективности проведения поисковых работ.

Ключевые слова: Енисейский кряж, Ангаро-Большепитская минерагеническая зона, Тунгусикский формационный комплекс, стратиформные полиметаллические и свинцово-цинковые месторождения, рудные формации, обстановки формирования месторождений, геолого-промышленные типы.

Ангаро-Большепитская минерагеническая зона – одна из наиболее перспективных в Енисейской провинции для постановки прогнозных, поисковых и прогнозно-металлогенических исследований в целях выявления площадей с комплексным сербросодержащим полиметаллическим стратиформным оруденением. Зона имеет приоритет по ресурсному потенциалу на выявление полиметаллических месторождений в вулканогенно-терригенных, терригенно-осадочных и карбонатных толщах (SEDEX).

Размещение месторождений данного типа в структурно-формационных комплексах (СФК) определялось положением центров длительной вулканогенной активности, что обеспечивало существенную продолжительность функционирования связанных с ней гидротермальных систем, создававших условия для накопления значительных объёмов сульфидного вещества в синхронных им прогибах с терригенным и карбонатным осадконакоплением [2, 3, 10, 11].

Проведение прогнозно-металлогенических работ, нацеленных на конечный результат (вычленение в геологическом пространстве потенциальных месторождений), основано на принципе последовательного приближения, при котором последовательно выделяются металлогенические таксоны разного ранга, являющиеся объектами прогнозирования, – рудные райо-

**Зайцева
Мария Николаевна**

научный сотрудник
zaytseva@tsnigri.ru

**Кузнецов
Владимир Вениаминович**

кандидат геолого-минералогических наук
заведующий отделом цветных металлов
okt@tsnigri.ru

**Конкин
Виктор Дмитриевич**

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник
konkin@tsnigri.ru

**Серавина
Татьяна Валерьевна**

кандидат геолого-минералогических наук
зам. зав. отделом цветных металлов
seravina@tsnigri.ru

**Инякин
Алексей Валерьевич**

научный сотрудник
inyakin@tsnigri.ru

**Богославец
Николай Николаевич**

научный сотрудник
bogoslavets@tsnigri.ru

**Хачатуров
Мартын Михайлович**

инженер 1-ой категории
hachaturov@tsnigri.ru

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов», г. Москва

ны, рудные поля, перспективные участки (потенциальные месторождения). Разноранговые металлогенические таксоны характеризуются сочетанием следующих элементов-признаков: структурно-формационных, фациальных (литолого-петрографических), минералого-геохимических, гидротермально-метасоматических и их отражением в геофизических полях. Эти элементы системы моделей месторождений и являются идентификационными признаками и критериями, позволяющими вычленивать из геологического пространства перспективные площади с потенциальными месторождениями [7, 8].

Современные представления о закономерностях размещения свинцово-цинкового оруденения в пределах Енисейского кряжа базируются на обширных геологических материалах геолого-съёмочных, геолого-поисковых и разведочных работ, проведённых геологами ПГО «Красноярскгеология» (Ангарская ГРЭ), и специализированных тематических исследований литолого-стратиграфической и структурной позиций месторождений и вещественного состава руд (КНИИГиМС, ИГиГ СО АН СССР). Работы сотрудников ЦНИГРИ (в том числе авторов статьи) дополняют предыдущие исследования. В последние годы (2001–2019) авторы провели дополнительные изыскания по выявлению латерально-вертикальных рядов геологических и ассоциирующих с ними рудных формаций, а также фациальному составу и строению рудовмещающих толщ и горизонтов на площади Ангаро-Большепитской зоны (рис. 1), специализированной на выявление стратиформных месторождений свинца и цинка в вулканогенных (VMS), терригенно-карбонатных (MVT) и углеродистых карбонатно-терригенных (черносланцевых) толщах флишоидного строения (SEDEX) [2, 11, 12].

В металлогеническом плане в Ангаро-Большепитской зоне отмечается латерально-вертикальная зональность в размещении свинцово-цинкового, колчеданно-полиметаллического и колчеданосодержащего цинково-свинцового оруденения. В латеральном ряду (с юга на север) существенно свинцовое (колчеданосодержащее цинково-свинцовое) оруденение Горевского подтипа сменяется на колчеданно-полиметаллическое в черносланцевых толщах и стратиформное свинцово-цинковое в карбонатных толщах. В вертикальном ряду колчеданно-полиметаллическое в черносланцевых формациях сменяется на свинцово-цинковое

стратиформное оруденение в карбонатных толщах. Предполагается, что в вулканогенных толщах Исаковско-Приенисейской зоны синхронно рудовмещающим толщам основных литолого-стратиграфических уровней локализуются поля с медно-колчеданным и медно-цинково-колчеданным оруденением.

Территорию Ангаро-Большепитской зоны в основном слагают [1, 6, 9, 13]:

- СФК фундамента и срединных массивов архейского и нижнепротерозойского возрастов, включающие породы гранитогнейсовой, гнейсо-гранитовой, амфиболитовой формаций архея и вулканогенно-терригенные формации нижнего протерозоя (в том числе, базальтовую, кварцито-глинозёмистую, терригенно-вулканогенную с железистыми кварцитами, карбонатно-терригенную);
- СФК рифея, состоящие из двух групп: нижней – вулканогенно-терригенно-сланцевой (формации сухопитской серии), специализированной на золотое оруденение и, в меньшей степени – медно-колчеданное оруденение, верхней – вулканогенно-терригенно-карбонатной (формации тунгусикской серии), специализированной на локализацию месторождений со стратиформными свинцово-цинковыми рудами в карбонатных толщах и колчеданно-полиметаллическими в черносланцевых толщах [1, 3, 10, 13];
- СФК ранне- и позднеорогенной стадий развития рифея–венда, включающие морские молассоидные формации и железорудные формации.

Эти и другие СФК слагают линейно-мозаичную внутреннюю структуру Енисейского кряжа. Каркасом этой структуры служат региональные продольные и поперечные разломы различной глубины заложения и подновляющиеся в различных стадиях развития структуры от архея – нижнего протерозоя до мезозоя включительно.

Анализ специализированной структурно-формационной схемы масштаба 1:500 000 и карт районирования гравитационного и магнитного полей того же масштаба показывает, что основание рифейских прогибов слагается крупными блоками архей-нижнепротерозойского основания. Эти блоки, наряду с поперечными прерывистыми зонами дислокаций и разломов, определяют большую степень гетерогенности строения структуры

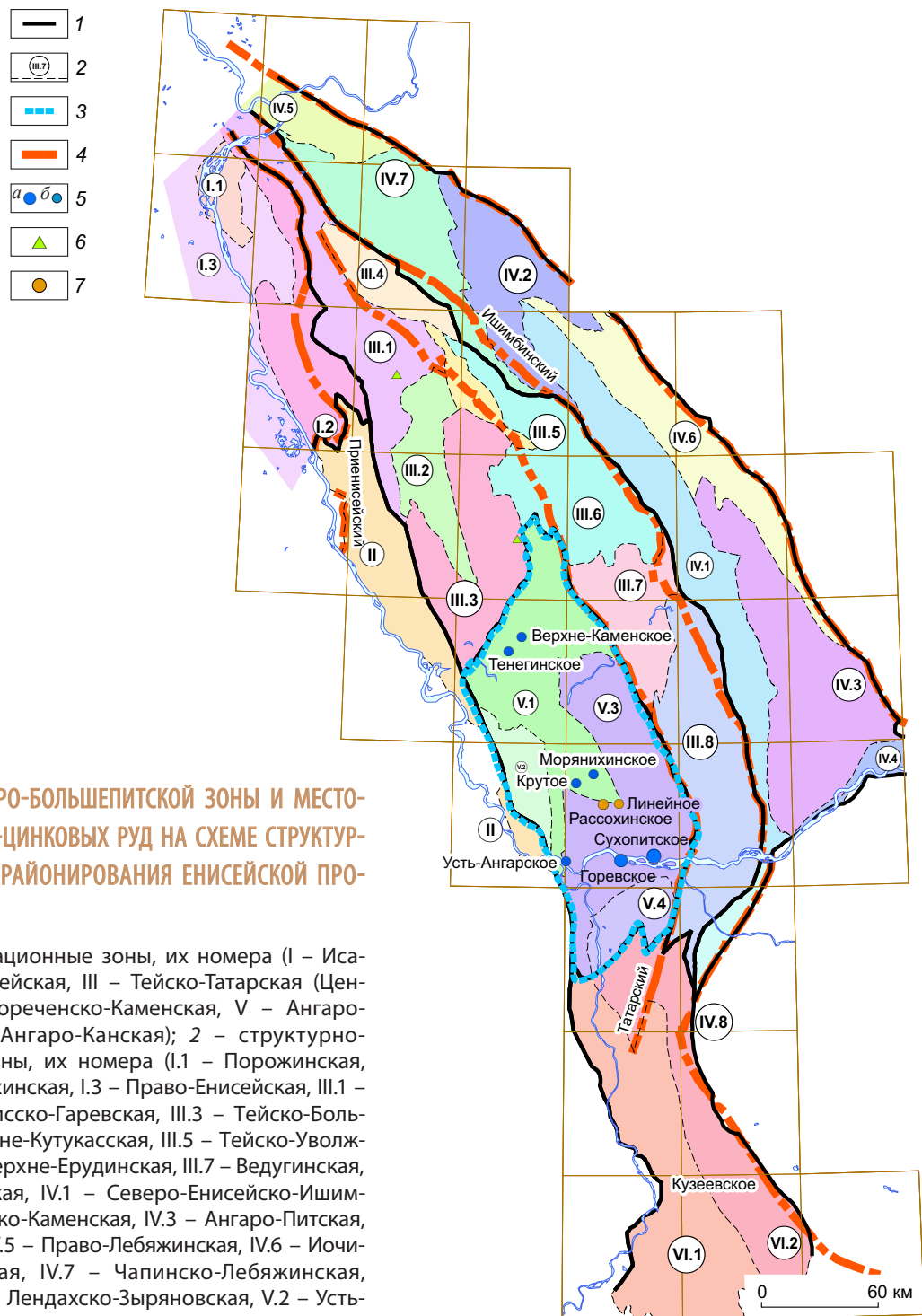


Рис. 1. ПОЗИЦИЯ АНГАРО-БОЛЬШЕПИТСКОЙ ЗОНЫ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД НА СХЕМЕ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЕНИСЕЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ [6]:

1 – структурно-формационные зоны, их номера (I – Исаковская, II – Приенисейская, III – Тейско-Татарская (Центральная), IV – Чернореченско-Каменная, V – Ангаро-Большепитская, VI – Ангаро-Канская); 2 – структурно-формационные подзоны, их номера (I.1 – Порожинская, I.2 – Летнинско-Сурнихинская, I.3 – Право-Енисейская, III.1 – Вороговская, III.2 – Тисско-Гаревская, III.3 – Тейско-Большепитская, III.4 – Верхне-Кутукасская, III.5 – Тейско-Уволжская, III.6 – Енашимо-Верхне-Ерудинская, III.7 – Ведугинская, III.8 – Южно-Енисейская, IV.1 – Северо-Енисейско-Ишимбинская, IV.2 – Чапинско-Каменная, IV.3 – Ангаро-Питская, IV.4 – Иркинеевская, IV.5 – Право-Лебяжинская, IV.6 – Иочиминско-Большепитская, IV.7 – Чапинско-Лебяжинская, IV.8 – Тасеевская, V.1 – Лендахско-Зырянская, V.2 – Усть-Ангарская, V.3 – Ангаро-Тисская, V.4 – Южно-Ангарская, VI.1 – Богунаевско-Кузеевская, VI.2 – Шилка-Канская); 3 – Ангаро-Большепитская СФЗ; 4 – разрывные нарушения, в том числе по геофизическим данным; 5 – свинцово-цинковые месторождения и проявления (а – крупные, б – мелкие); б – медно-цинковые и медно-колчеданные рудопоявления в вулканогенных толщах; 7 – колчеданно-полиметаллические месторождения

Енисейской провинции. На гетерогенном архей-нижнепротерозойском основании залегают мощные (до 8 км) толщи рифтогенного этапа развития с накоплением вулканогенных, карбонатно-вулканогенно-терригенных и карбонатно-терригенных формаций с характерными высокоглинозёмистыми фациями, входящими в состав и строение веснинской и енисейской серий нижнего протерозоя (?). Режим формирования таких образований отвечает начальной стадии рассеянного спрединга (рифтогенеза) на шельфе и склоне континента.

В палеоструктурном плане в период осадконакопления толщ от нижнего до верхнего рифея включительно блоки с комплексами архея – нижнего протерозоя выступали в качестве срединных массивов, осложнённых неоднократно подновлявшимися зонами разломов глубинного заложения, определившими морфологию и размещение основных рифтогенных и надрифтогенных прогибов с рудовмещающими формационными комплексами нижнего–среднего рифея сухопитской серии и согласно залегающими с ними формациями верхнего рифея тунгусикской серии.

Для сухопитской серии характерна латерально-вертикальная смена формаций. При этом её нижние части сложены высокоглинозёмистыми сланцами, кварцитами с горизонтами конгломератов в основании разреза. Наибольшая изменчивость состава формаций отмечается для среднего и верхнего уровней сухопитской серии, для которых в восточной и центральной частях Енисейского кряжа характерны вулканогенно-сланцевая (зеленосланцевая), песчано-сланцевая, аспидная и карбонатная пестроцветная формации, а для западной (Приенисейская и Исаковская зоны) – существенная доля вулканогенных пород риобазальтовой формации натрового ряда.

Указанные формации сухопитского комплекса служат рудовмещающими для основной массы золотого оруденения. В то же время в Приенисейской зоне в связи с широким развитием вулканогенных пород риобазальтовой формации в верхах разреза отмечается ряд рудопроявлений медно-цинковой колчеданной рудной формации. Завершается разрез сухопитской серии образованиями карбонатной пестроцветной формации в составе свит карточки и сосновская, служащей нижним реперным горизонтом для тунгусикской серии формаций.

Для тунгусикской серии характерны обстановки палеоструктурной дифференциации строения задуговых прогибов осадконакопления. В их строении принимают участие вулканогенно-карбонатно-терригенные, туфогенные и вулканогенные фации контрастной риолит-базальтовой и последовательной риолит-дацит-андезит-базальтовой формаций, углеродисто-карбонатно-терригенные толщи флишоидного строения (черносланцевые), вулканогенно-терригенно-карбонатные и карбонатные толщи с органогенными постройками.

Формационный комплекс тунгусикской серии суммарной мощностью 3,5–4 км характеризует переходную стадию развития рифейского рифтогенеза со значительной палеоструктурной дифференциацией и большим разнообразием осадочных и вулканогенных пород. При этом мощным сланцевым и флишоидным толщам палеопрогибов на разделяющих их внутренних палеоподнятиях соответствуют мелководные терригенно-карбонатные осадки со строматолитами и онколитами. На локальных участках отдельных палеоподнятий выявлены поля формирования вулканитов контрастной и последовательной формаций натрового ряда. Для формационного комплекса в целом характерна та же тенденция смены вертикально-латерального ряда формаций, что и для сухопитского комплекса: с востока на запад и с юга на север фиксируется увеличение доли вулканитов в составе каждой формации.

Формации тунгусикской серии – рудовмещающие для колчеданно-полиметаллического, медно-колчеданного и свинцово-цинкового оруденения указанных выше рудно-формационных типов. Ведущей рудовмещающей формацией является углеродисто-кремнисто-карбонатная формация с колчедансодержащим цинково-свинцовым оруденением в терригенно-кремнисто-карбонатных толщах (Атасуйский тип с Горевским подтипом – MVT).

Оруденение свинцово-цинкового семейства стратиформных руд (MVT + SEDEX) фиксируется на различных уровнях и охватывает интервал мощностью около 3 км. Учитывая предположения о наличии латерально-вертикального ряда формаций, можно сделать выводы, что размах оруденения принимается до 1,5–2 км. Здесь следует также отметить, что в едином латеральном ряду синхронных по времени рудных формаций, ве-

роятно, находятся и известные в настоящее время рудопоявления медно-колчеданного и медно-цинкового колчеданного оруденения в вулканогенно-терригенных толщах (тип VMS) Исаковского прогиба [1, 6, 9, 10, 14]. Об этом свидетельствует и общая пространственно-латеральная зональность размещения полиметаллического оруденения, выраженная в смене существенно-свинцового (колчедансодержащего цинково-свинцового) оруденения Горевского подтипа и свинцово-цинкового в карбонатных толщах морянихинского типа с колчеданно-полиметаллическим оруденением в черносланцевых толщах на комплексное свинцово-цинковое с медной составляющей и медно-колчеданное в вулканогенных толщах.

В составе рудовмещающего Тунгусикского формационного комплекса выделяются: песчано-глинисто-сланцевая (ГС), терригенно-карбонатная (биогермная) (ТК), вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатная (ВК) и углеродисто-терригенно-карбонатная (УТК) формации, каждая из которых характеризуется своим специфическим набором литофаций (рис. 2). Краткая характеристика состава и строения формаций и их литофаций приводится ниже.

Песчано-глинисто-сланцевая формация (подрудная) развита практически повсеместно, составляет основание разреза Тунгусикского комплекса. В составе формации преобладает тонкое неупорядоченно-прерывистое, линзовидное переслаивание глинистых, алеврито-глинистых сланцев и кварцитовидных алевролитов, реже мелкозернистых песчаников. Соотношение глинистой и алевролитовой составляющей может несколько варьировать и по вертикали, и по латерали. Среди рассматриваемых отложений выделяется один обобщённый литотип, отвечающий обстановкам осадконакопления сублиторальной (неритовой) зоны. Формирование осадков происходило выше базиса волнения [15].

В химическом отношении глинистые сланцы субформации высокозрелые, имеют пониженные содержания P_2O_5 и TiO_2 . В составе алевролитовой и песчаной фракций преобладает кварц. Для разрезов формации характерна фациальная неоднородность: в наиболее прогнутых частях накапливались наиболее тонкие осадки, сменяющиеся на склонах палеоподнятий алевропесчаниками и иногда песчаниками, в северной части площади для разреза формации характерен хлоритоид. В ряде

случаев в нижней части отложений отмечаются конгломераты или крупнозернистые песчаники, указывающие на возможность размыва нижележащих пород сухопитского комплекса.

Терригенно-карбонатная формация (биогермная) под разными названиями выделялась несколькими исследователями. В частности, В. Г. Пономарёвым и Ю. А. Забириным [13] она выделена как кремнисто-терригенно-карбонатная.

Наиболее широко формация представлена на Морянихинско-Меркурихинском рудном поле. Здесь она наиболее изучена по керну. К ней приурочены месторождение Морянихинское, многие рудопоявления (Анатолевское, Меркурихинское, Верхне-Пихтовое и др.) и точки минерализации.

Для формации характерна высокая фациальная изменчивость пород. В основании установлен прерывистый базальный (?) горизонт мощностью до 12 м. В нём в разных сочетаниях переслаиваются гравелиты, песчаники, от мелко- до крупнозернистых, карбонатные седиментационные брекчии, сланцы глинистые, алеврито-глинистые и песчано-алевроито-глинистые с градационной слоистостью. Их характерная особенность – наличие желваков фосфоритов и фосфатных пород.

В составе карбонатных разрезов по классификации В. Т. Фролова [15] выделяются следующие генетические типы: биогермно-биостромовый тип водорослевых железистых доломитов; хемогенный тиховодный тип доломитов и известняков; механогенный (волновой течениевый) тип доломитовых и известняковых интракластитов.

Наиболее изменчивыми по мощности являются алеврито-глинистые, глинистые, алевритовые сланцы, фациально замещающие доломиты по латерали. Область их накопления – быстро развивающаяся достаточно крупная депрессия (или ряд депрессий), для которой характерно осадконакопление, связанное с потоками турбидитов. Отложения турбидитов фиксируются инъективными (неоднократными) проявлениями в разрезе субформации, что нарушает общий спокойный тип осадконакопления в прогибах асимметричного профиля заложения. Пачки турбидитов имеют различную мощность, что зафиксировано в разрезах токминской серии в береговых обнажениях рек Моряниха, Ангара и Енисей.

Петрохимический состав турбидитов контрастный в связи с разнообразием петрографических разновидностей. Главная особенность состава кар-

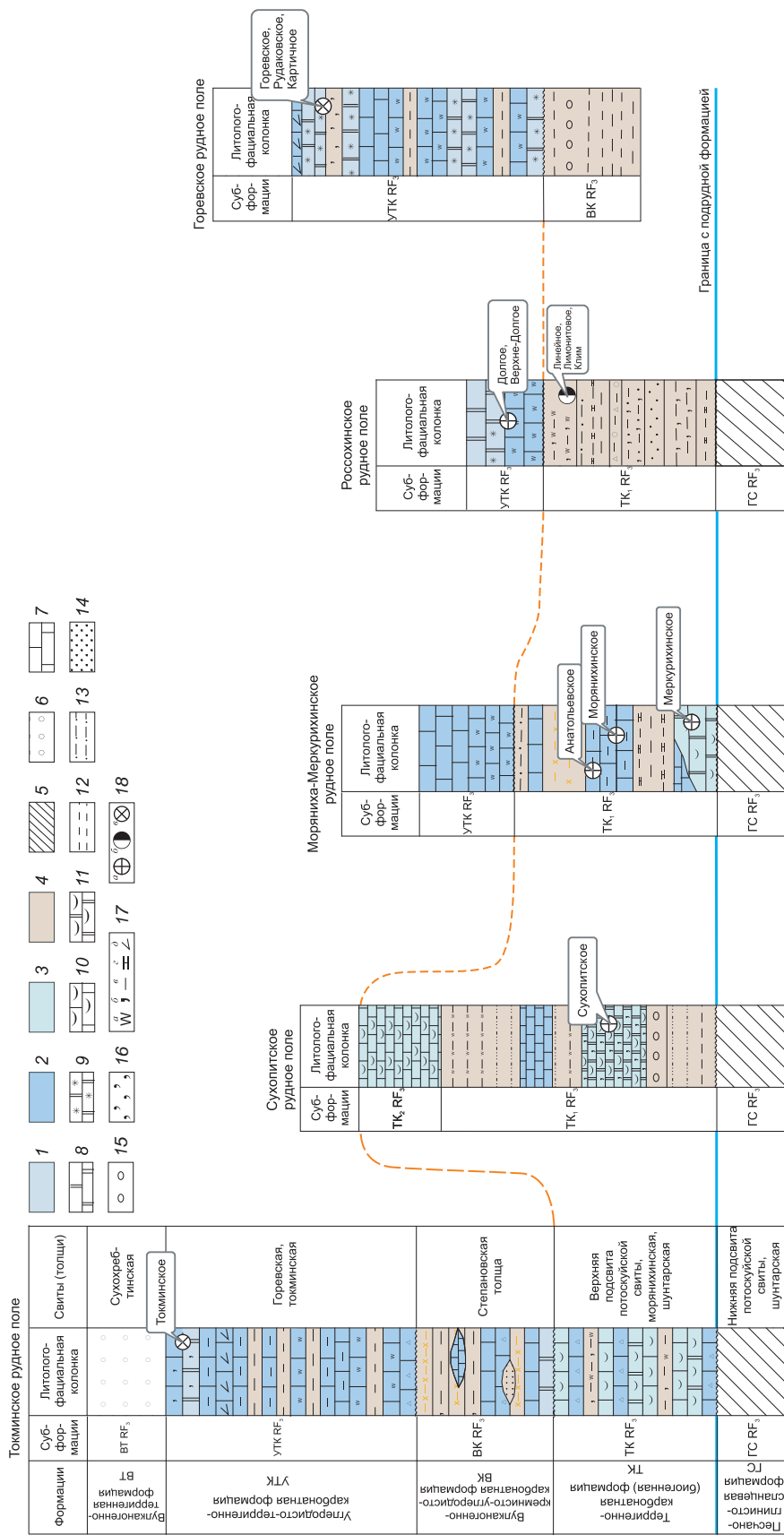


Рис. 2. СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗРЕЗОВ РУДНЫХ ПОЛЕЙ:

фации карбонатных пород удалённого шельфа: 1 – доломиты, доломитистые известняки, кремнистые известняки, доломитистые известняки, сидериты, 2 – известняки, доломитистые известняки, глинистые известняки, углеродистые известняки и доломиты; терригенные отложения шельфа: 4 – конгломераты, песчаники, алевролиты, кремнистые алевролиты, карбонатные известняки и доломиты; терригенные отложения углеродисто-кремнистые алевролиты, углеродистые алевролиты, аргиллиты, туфы и туфопесчаники; 5 – подрудная песчано-глинисто-сланцевая формация; 6 – надрудная вулканогенно-терригенная формация; 7 – известняки; 8 – доломиты; 9 – сидериты; 10 – известняки органические; 11 – доломиты органические; 12 – алевролиты; 13 – аргиллиты; 14 – песчаники; 15 – конгломераты; 16 – месторождения и рудопроявления: а – свинцово-цинковые стратиформные в карбонатных комплексах, б – колчеданно-полиметаллические в терригенных комплексах, в – цинково-свинцовые колчеданосодержащие в кремнисто-карбонатных комплексах

бонатных пород – высокая железистость преобладающих доломитов. Основная часть проб содержит расчётное количество FeCO_3 от 10 до 25 %, при этом количество расчётного родохромита составляет 1–3 %. Значения глинозёмистого модуля карбонатных пород указывают на силицистый (песчано-алевритовый) состав силикатной примеси. Пробам с галенитом и сфалеритом сопутствуют повышенные содержания кремнезёма. Соотношение щелочей свидетельствует о принадлежности примесного силикатного материала к натровому семейству, что отражает низкую зрелость глинистой части примеси и (или) присутствие пеплового материала.

По химическому составу среди карбонатных пород, слагающих обломочную часть оползней, обособляются два типа – анкеритового и кальцитового составов. Первый тип больше второго обогащён силикатной, преимущественно кварцевой примесью. Кроме того, существует кремнистый тип обломков, в которых содержание CO_2 составляет менее 12 %. В карбонатных породах из оползневых горизонтов по сравнению с подстилающими биогенно-хемогенными отложениями уменьшается содержание MnO и P_2O_5 , что свидетельствует о высокой зрелости материала, питающего мутьевые потоки.

Изменение соотношения CaO-MgO в разрезах рудовмещающих литотипов пород на месторождениях с различными рудно-формационными типами отражены на диаграммах, составленных и скорректированных М. Н. Зайцевой по палетке Фролова [15, 16] (рис. 3, а–в). На этих диаграммах отчётливо прослеживается тенденция преобладания карбонатных литофаций в рудном, надрудном и подрудном пространствах на месторождениях свинцово-цинковых руд Меркурихо-Морянинского рудного поля (см. рис. 3, а) и их смешанный состав на Россохинском (см. рис. 3, б) и Горевском рудных полях (см. рис. 3, в).

Наиболее выдержанный элемент разреза – тёмно-серые, реже чёрные глинистые, алеврито-глинистые сланцы, содержащие хлоритоид (в среднем около 10 %). В своём развитии они тяготеют к нижней части формации, известняки – к верхней её части, но вместе с тем известны интервалы разреза с переслаиванием хлоритоидных сланцев и известняков, а также отдельные прослои тех или других в составе однородного разреза. Не-

яснослоистые известняки интерпретируются как хемогенный тиховодный пелагический тип отложений. С ним ассоциирует литотип хлоритоидных сланцев, относимый к механогенным тиховодным пелагическим отложениям. Широко распространены известняки с подводно-оползневыми текстурами.

Резко изменчивая мощность карбонатных отложений по разрезу и различное количественное соотношение разнофациальных отложений, по-видимому, отражают условия быстрого прогибания бассейна, когда в одних участках шло нормальное накопление сравнительно глубоководных отложений, в других – резкое сокращение их мощности за счёт «соскальзывания» их по склону, в-третьих – резкое увеличение мощности за счёт преобладания оползневых типов.

Среди второстепенных членов в разрезах присутствуют линзовидные прослои карбонатных турбидитов и обломочных известняков. Эти образования могут быть интерпретированы как отложения, возникающие в результате размыва подводными течениями палеоподнятий с рифогенными (биогермными) известняками.

В целом карбонатные породы по химическому составу соответствуют слабogliнистым известнякам. Содержание расчётного глинистого вещества не превышает 10–15 %, а содержание свободного кремнезёма 4–5 %. Углеродистые алевриты относятся к одному обобщённому генетическому типу отложений – углеродистые пиритоносные сланцы застойных пелагических обстановок осадконакопления и ассоциирующие с ними карбонатно-глинистые отложения.

Углеродисто-терригенно-карбонатная формация – основная рудовмещающая, залегает согласно на подрудной; переход между формациями постепенный. Границу, по-видимому, следует проводить по появлению углеродистых сланцев и общему повышению содержания $\text{C}_{\text{орг}}$. Эта часть общего разреза Тунгусикского формационного комплекса в пределах площади в естественных обнажениях вскрывается редко и неполно (в интервале между устьями притоков Рудаковка и Блохина на правом берегу р. Ангара). Разрезы формации вскрываются опытно-промышленным карьером и скважинами на месторождении Горевское. Среди пород встречаются (в порядке распространённости): известняки, глинистые уг-

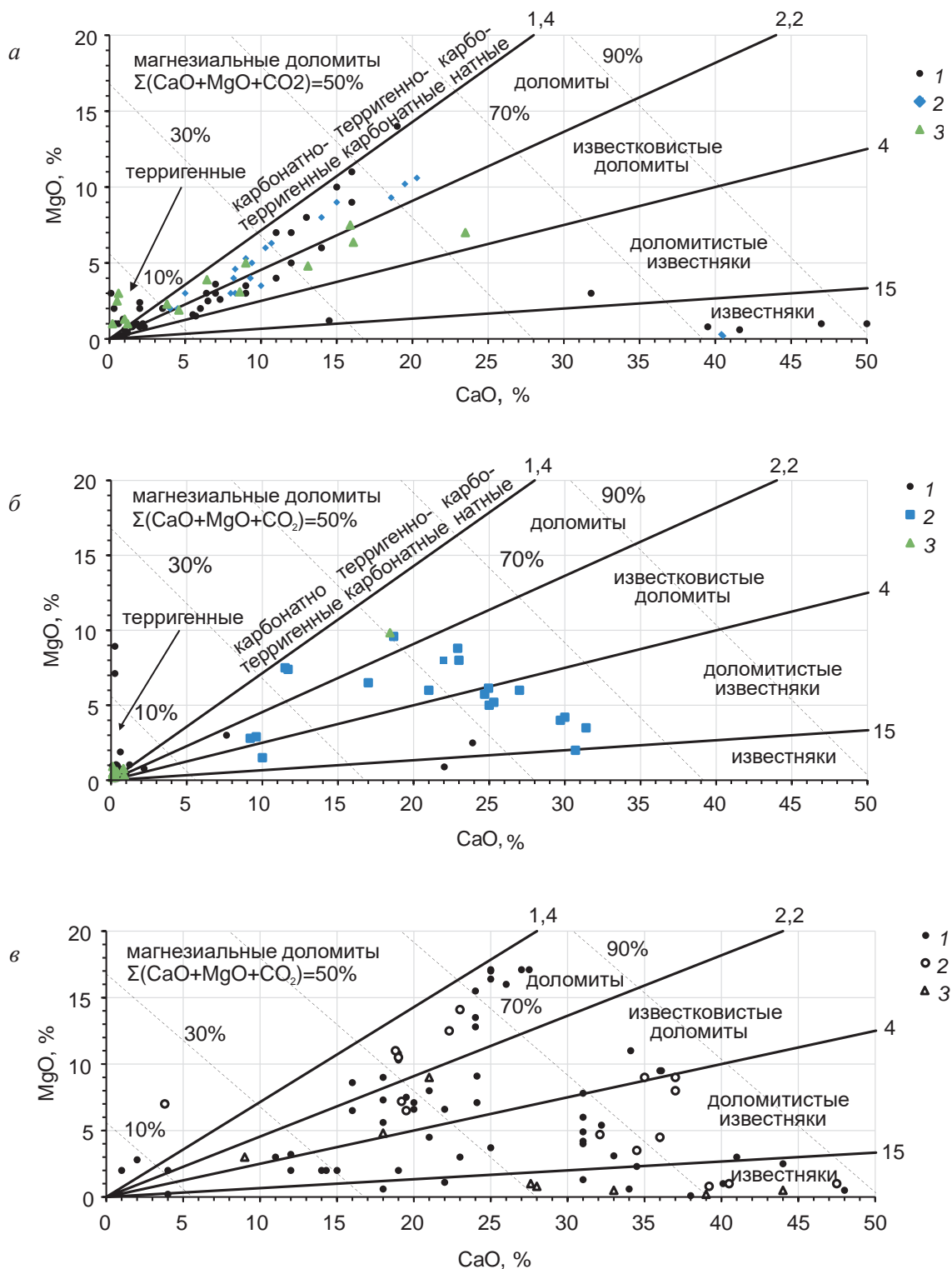


Рис. 3. ДИАГРАММА СООТНОШЕНИЯ CaO–MgO ДЛЯ ПОРОД, РАСПРОСТРАНЁННЫХ В ПРЕДЕЛАХ МЕРКУРИХО-МОРЯНИХИНСКОГО (а), РОССОХИНСКОГО (ЛИНЕЙНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ) (б), ГОРЕВСКОГО (в) РУДНЫХ ПОЛЕЙ

леродсодержащие известняки, глинистые, алеврито-глинистые углеродсодержащие сланцы, доломиты, анкериты, сидериты, кремнистые сидериты, реже силициты (см. рис. 3, в).

Особенность разреза формации – наличие хемогенных железомарганцевых карбонатных фаций, которые на относительно коротком (первые сотни метров) интервале сменяются кремнисто-известковистыми и доломитовыми фациями. По простиранию разреза формации на север отчётливо фиксируется смена этих фаций на углеродисто-глинисто-известковистые, мергелистые и кремнисто-известняковые, которые далее сменяются на существенно-вулканогенно-карбонатные фации, с соотношением вулканогенного и карбонатного материала, близким к 1:1. Верхняя часть разреза сложена алеврито-глинистыми известняками и слабоалевритистыми известняками, углеродсодержащими глинистыми известняками. Наиболее распространены слоистые (от микро- до толстослоистых), часто ритмично-слоистые породы с широким развитием градационной косой слоистости. Более редки массивные, подводно-оползневые, интракластовые, конкреционные и оолитоподобные известняки. Распределение перечисленных текстурных разновидностей карбонатных пород, а также примесных компонентов ($C_{орг}$, глинистое вещество, кварц, доломит, Fe-содержащие карбонаты) в общем разрезе формации закономерны. Так, к нижней части формации приурочены повышенные содержания $C_{орг}$ доломит наиболее широко развит в верхней части, хотя обособленные его прослои наблюдаются и в переходной зоне от нижней к средней части формации. Алевритовый кварц и глинистое вещество наиболее распространены в нижней и верхней частях. Градационно-слоистые и косослоистые известняки широко развиты в нижней части формации, хотя косая слоистость в отдельных прослоях встречается как в средней, так и верхней частях.

В составе формации выделяются следующие генетические типы пород:

- механогенные отложения карбонатного и силикатного составов, карбонатные турбидиты, тиховодные пелагические отложения силикатного состава, оползневые карбонатные отложения, брекчиевые (осыпные), связанные с оползневыми процессами;
- хемогенные тиховодные пелагические карбонатные отложения;

- хемогенные со значительной долей эксгальационного материала.

Характерная особенность турбидитов (механогенный тип отложений) – присутствие значительных количеств мелко-, тонкообломочного (матричного) карбонатного материала в составе градационных ритмов. Максимальное развитие этот генетический тип получил среди отложений флишовой формации, а в углеродисто-кремнисто-карбонатной он встречается значительно реже. Вместе с тем появление здесь турбидитов указывает на общий глубоководный характер всех отложений. Судя по размерности обломочной фракции градационных серий, турбидиты относятся к дистальному типу. Часть их отлагалась, по-видимому, из низкоплотностных мутьевых потоков.

К хемогенным тиховодным пелагическим отложениям силикатного состава относятся углеродсодержащие глинистые, алеврито-глинистые сланцы известняково-углеродисто-сланцевой субформации. Алевритовая составляющая в этих отложениях обязана своим происхождением выносу зрелого в минералогическом отношении кварцевого материала со стороны континента.

Оползневые карбонатные отложения, развитые в верхней части разреза, фациально связаны с карбонатными турбидитами и имеют в целом незначительное развитие, указывая на непосредственную близость склона и/или существование крупных положительных аккумулятивных форм рельефа (турбидитные конусы выноса). Брекчиевые отложения, фациально связанные с оползневыми отложениями и турбидитами, слагают отдельные слои небольшой мощности.

Хемогенные тиховодные пелагические отложения соответствуют литотипу известняков с однородной массивной текстурой и равномерно распределённой терригенной алеврито-глинистой примесью. Они слагают отдельные слои и серии слоёв в нижней части углеродисто-кремнисто-карбонатной формации. Хемогенные отложения со значительной долей эксгальационного материала соответствуют литотипу железистых, кремнистых доломитов, сидеритов, анкеритов, кремнистых сидеритов, силицитов. Встречаются в составе сланцево-карбонатной субформации.

Наиболее высокие скорости осадконакопления характерны для отложений верхней части разреза. Преобладание в ней карбонатных (шламовых) турбидитов как генетического типа отло-

жений, терригенно-карбонатный состав ритмично-слоистых отложений, уменьшение величины содержания углеродистого вещества по сравнению с предыдущей формацией (вследствие резкого увеличения скорости осадконакопления) позволяют уверенно относить эти отложения к карбонатному флишу. Высокие скорости осадконакопления в это время, по-видимому, следует рассматривать как неблагоприятный фактор для формирования синхронного гидротермально-осадочного полиметаллического оруденения.

Вулканогенно-терригенная формация (надрудная) заканчивает формирование тунгусикского формационного комплекса, согласно залегает на отложениях флишоидной субформации. В её нижней части наиболее развиты различного типа сланцы, сформированные за счёт алевролитов, аргиллитов, в том числе углеродистых, и алевропесчаников; в верхней части (сланцево-кварцевая субформация) преобладают мелко- и среднезернистые песчаники, реже алевропесчаники с пропластками глинистых сланцев.

С перечисленными выше геологическими формациями тесно связаны стратиформные рудные формации колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых руд Енисейской провинции. С учётом формационно-фациального строения и минерального состава руд выделяются следующие рудные формации и соответствующие им геолого-промышленные типы месторождений и рудных полей [4, 5]:

1. *Свинцово-цинковый стратиформный в терригенно-карбонатных и карбонатных толщах (VMST)*, рудоносная геологическая формация – терригенно-карбонатная (биогермная). Рудовмещающие палеоструктуры – биогермные постройки на склонах палеоподнятий. В пределах формации выделяются два минеральных типа месторождений: галенит-сфалеритовый в силицит-доломитовых и кремнисто-доломитовых породах и пирит-галенит-сфалеритовый в доломитовых, глинисто-доломитовых и известняково-доломитовых породах. В районе формации представлены Морянихинским, Меркурихинским, Крутым, Сухопитским и др. месторождениями и рудопроявлениями.

2. *Колчедансодержащий цинково-свинцовый в кремнисто-карбонатных толщах (SEDEX)*, рудоносная формация – углеродисто-терригенно-карбонатная. Рудовмещающие структуры – палео-

впадины между палеоподнятиями. Минеральные типы месторождений (пирит-пирротин)-сфалерит-галенитовый в сидеритовых и силицит-сидеритовых породах и пирит-(пирротин)-галенит-сфалеритовый в силицитовых, доломит-силицитовых и сидерит-силицитовых породах. Примерами месторождений могут служить Горевское, Токминское, Пихтовое, Блохинское и др.

3. *Колчеданно-полиметаллический в углеродисто-терригенных (черносланцевых) толщах (SEDEX)*, рудоносная формация – углеродисто-терригенно-карбонатная. Рудовмещающие структуры – палеовпадины в присклоновых частях палеопрогибов. Минеральные типы месторождений – галенит-сфалерит-пиритовый в глинисто-углеродистых, кремнисто-углеродистых породах и сфалерит-халькопирит-пиритовый в вулканогенно-углеродистых и вулканогенно-углеродисто-кремнистых породах. Примеры месторождений: Линейное, Лимонитовое, Подлунное и др.

Кроме названных колебаний в составе рудоносных отложений и структурно-палеоструктурной позиции месторождений отчётливо проявлено изменение содержания углерода рудовмещающих пород в различных геолого-промышленных типах (рис. 4). Общая тенденция хорошо прослеживается: наиболее низкие содержание $C_{орг.}$ на объектах свинцово-цинкового стратиформного геолого-промышленного типа, а наиболее высокие – на колчеданно-полиметаллических. Если учесть, что

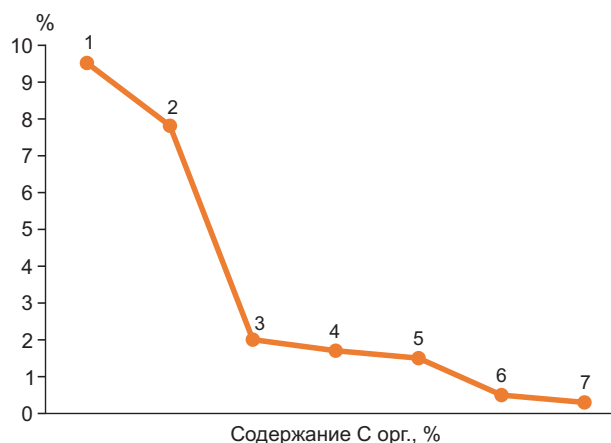


Рис. 4. СРЕДНИЕ СОДЕРЖАНИЯ $C_{орг.}$ В РУДНЫХ ФОРМАЦИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫМ ТИПАМ:

Россохинский тип: 1 – Россохинское, 2 – Блохинское; Горевский тип: 3 – Южное Горевское, 4 – Пихтовое, 5 – Горевское; Морянихинский тип: 6 – Морянихинское, 7 – Сухопитское

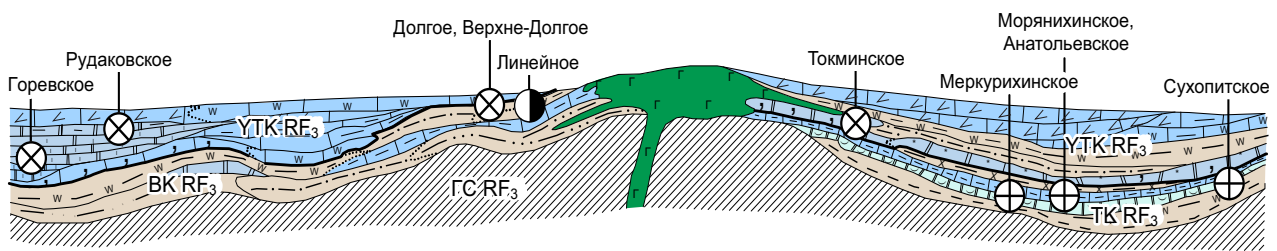


Рис. 5. СХЕМА ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИИ ОБСТАНОВОК ЛОКАЛИЗАЦИИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АНГАРО-БОЛЬШЕПИТСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ, СОСТ. М. Н. ЗАЙЦЕВА:

усл. обозн. см. на рис. 2

аналогично возрастает колчеданность руд, то связь этих параметров, т. е. минерального типа руд с изменением углеродистости рудовмещающих отложений, не вызывает сомнений.

Типовые обстановки поисков рудных полей в рассматриваемой Ангаро-Большепитской минерагенической зоне определяются комплексом литолого-структурных факторов, главными из которых являются рудоносные уровни разреза рудовмещающих горизонтов и приуроченность к конкретным литологическим фациям локальных впадин. Модели рудных полей и месторождений как основа прогноза и поиска определяются из их типов по условиям возникновения и реальным обстановкам нахождения, которые обусловлены сочетанием геологических условий формирования рудных залежей с типом и интенсивностью последующих тектоно-метаморфических преобразований. Выделение обстановок формирования рудных залежей свинцово-цинковых месторождений Енисейского кряжа основывается на типе, форме и размерах рудоконтролирующих палеодепрессий со сложным рельефом дна, определявшего позицию локальных впадин и разделяющих их поднятий, часто с конседиментационными разломами. Последние обуславливали формирование участков для разгрузки гидротермальных рудных систем с рудоподводящими каналами.

Палеовпадины, контролирующие размещение рассматриваемых месторождений, или имеют изометрическую форму с крутыми бортами, или представлены удлинёнными узкими пологими формами.

Рудовыводящие каналы достоверно не устанавливаются и в большинстве случаев могут лишь предполагаться исходя из общей геолого-геохимической обстановки.

Рудные концентрации связаны с рудоносными геологическими формациями, которые в латеральном ряду характеризуются фациальной изменчивостью с развитием в удалённых зонах центров вулканизма. Продуктивными являются углеродисто-терригенные (черносланцевые), углеродисто-терригенно-карбонатные и терригенно-карбонатные (биогермные) отложения с резко пониженной вулканогенной составляющей, выполняющие наиболее прогнутые части палеопрогибов и рифогенные постройки на плечах палеопрогибов или конседиментационных разломов.

Типы обстановок нахождения свинцово-цинковых месторождений определяются их приуроченностью к терригенно-доломитовым, глинисто-кремнисто-мергелисто-сидеритовым и углеродисто-терригенным ассоциациям литофаций, формирующихся в локальных впадинах, а также к карбонатным литофациям рифогенной формации, приуроченной к конседиментационным палеоподнятиям, что отражено на рисунке 5. Значительную роль играет контроль оруденения долгоживущими рудовыводящими и рудоконтролирующими разломами, связанными с очагами вулканической активности (таблица).

Для характеристики обстановок нахождения важное значение имеет соотношение пластового стратиформного оруденения с бедным штокверковым зоны подводящего канала.

Условия ведения поисков месторождений определяются в первую очередь типом модели и характером изменения первоначальной ориентировки рудовмещающих горизонтов и рудных тел. Типов моделей, как было показано, при поисках три: колчеданно-полиметаллическая в терригенных комплексах, цинково-свинцовая в кремнисто-

ТИПЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И ИХ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Элементы-признаки	Рудные поля с колчедансодержащим цинково-свинцовым оруденением	Рудные поля с колчеданно-полиметаллическими месторождениями в углеродисто-терригенных толщах	Рудные поля со стратиформными свинцово-цинковыми месторождениями в карбонатных комплексах
Рудовмещающая палеоструктура	Палеопрогобы II–III порядков		Палеоподнятия II–III порядков с биогермными постройками
Надрудная формация	Песчано-глинисто-сланцевая и углеродисто-известняковая (флишоидная)	Толщи углеродисто-терригенно-карбонатной формации	Вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатной формации
Рудоносная формация и её геологический возраст	Углеродисто-кремнисто-карбонатная позднерифейская с преобладанием хемогенных карбонатных фаций повышенной магниальности и железистости (до сидеритов). Верхний рифей	Вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатно-терригенная (черносланцевая), в составе которой преобладают углеродистые карбонатно-алеврито-глинистые сланцы. Верхний рифей	Терригенно-карбонатная (биогермная) с примерно равным соотношением терригенного и карбонатного материалов. Возможно наличие вулканогенных фаций. Верхний рифей
Рудовмещающая фациальная зона по отношению к центрам вулканизма	Удалённые зоны	Промежуточная зона	Периферия биогермных построек, представленных в современных структурах структурно-формационными блоками II–III порядков
Подрудная формация	Песчано-глинисто-сланцевая и углеродисто-известняковая (флишоидная)	Терригенно-карбонатная (биогермная) формация с органогенными и глинистыми известняками, доломитами	Кремнисто-алевролитоглинистые и алеврито-глинистые отложения песчано-глинисто-сланцевой формации
Минералогические	Без ореолов вкрапленной минерализации	Вкрапленная послойная пиритовая минерализация, в углеродсодержащих горизонтах достигает максимальных концентраций на рудоносных участках	Общая пиритовая заражённость выше фоновой. Форма выделения – гнёзда, обломковидные выделения и сингенетичная послойная минерализация
Геохимические	Повышенные по отношению к региональному кларку концентрации локальных аномалий свинца и цинка, реже серебра		

карбонатных и свинцово-цинковая стратиформная. По характеру изменения первоначальной ориентировки могут быть названы следующие обстановки:

1. Не испытывавшие существенных преобразований – субгоризонтального или слабонаклонного залегания;
2. Имеющие в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма залегание наклонное или субвертикальное;
3. В условиях эпидот-амфиболитовой фации за-

легание субвертикальное или опрокинутое, с развитием разноэтапной изоклиальной и флексуобразной складчатости.

Из имеющихся в настоящее время примеров рассматриваемых типов месторождений первый тип не проявлен в условиях Енисейского кряжа. Линейное, Морянихинское, Меркурихинское, Токминское и Сухопитское месторождения соответствуют второму типу, Главное, Северо-Западное и Западное рудные тела Горевского – третьему.

В заключение отметим:

- Структурно-формационные рифейские комплексы Енисейского кряжа состоят из двух групп: нижней – вулканогенно-терригенно-сланцевой (сухопитская серия), специализированной на золотое и в меньшей степени медно-колчеданное оруденение, верхней – вулканогенно-терригенно-карбонатной (тунгусикская серия), специализированной на свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение;
- В составе Тунгусикского формационного комплекса Ангаро-Большепитской минерагенической зоны выделяются: песчано-глинисто-сланцевая (подрудная) и рудовмещающие (рудоносные) – терригенно-карбонатная (биогермная), вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатная формации, каждая из которых характеризуется своим специфическим набором литофаций. Преобладают западинно-шельфовые (возможно, пелагические) тиховодные глинистые отложения, которые включают редкие слои дистальных алеврито-глинистых турбидитов. Образование этих отложений происходило в локальных впадинах, разделённых частными палеоподнятиями с рифогенными постройками. На основании ассоциирования рудных и геологических формаций, фиксирующих определённый тектонический режим развития, выделяются следующие рудно-формационные типы месторождений и типы рудных полей региона:
 1. Свинцово-цинковый стратиформный в карбонатных комплексах (Миргалимсайский), рудоносная геологическая формация – терригенно-карбонатная (биогермная);
 2. Колчедансодержащий цинково-свинцовый (Атасуйский) в кремнисто-карбонатных комплексах, рудоносная формация – углеродисто-терригенно-карбонатная;
 3. Колчеданно-полиметаллический в углеродисто-терригенных комплексах (Филизчайский), рудоносная формация – углеродисто-терригенно-карбонатная формация.
- Выявлено изменение содержания углерода в рудовмещающих породах в различных рудно-формационных типах. Наиболее низкое содержание углерода характерно для объектов свинцово-цинкового стратиформного типа, а

наиболее высокое – для колчеданно-полиметаллических. Если учитывать, что так же возрастает колчеданность руд, то связь этих параметров, т. е. минерального типа руд с изменением углеродистости рудовмещающих отложений, не вызывает сомнений.

- Возможны три принципиальных типа обстановок формирования стратиформных рудных ассоциаций Енисейского кряжа: во впадинах вблизи или над рудовыводящими каналами; во впадинах, удалённых от рудовыводящих каналов или сопряжённых с ними; в пологих палеовпадинах, расположенных в привершинных частях и на склонах палеоподнятий.
- Условия ведения поисков месторождений определяются в первую очередь типом фациального строения, структурной позицией и степенью метаморфизма рудовмещающих горизонтов и рудных тел. В Ангаро-Большепитской зоне Линейное, Морянихинское, Меркурихинское, Токминское и Сухопитское месторождения метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма – залегание наклонное или субвертикальное; Главное, Северо-Западное и Западное рудные тела Горевского месторождения метаморфизованы в условиях эпидотамфиболитовой фации – залегание субвертикальное или опрокинутое, с развитием разноэтапной изоклиальной и флексуорообразной складчатости.
- Разработка направлений дальнейших работ, ориентированных на выявление новых полиметаллических объектов, определяется результатами прогнозно-металлогенических построений на основе обстановок накопления и локализации промышленных концентраций рудного вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бровков Г. Н., Ли Л. В., Пономарев В. Г., Хохлов А. П., Шерман М. Л. Металлогения Енисейского кряжа // Закономерности размещения полезного ископаемого. Т. XV. Металлогения Сибири. – М.: Наука, 1988. – С. 140–144.
2. Викентьев И. В. Условия формирования и метаморфизм колчеданных руд. – М.: Научный мир, 2004. – 344 с.

3. Донец А. И., Конкин В. Д. Геолого-промышленные типы и региональные геологические особенности стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах // Отечественная геология. – 2017. – № 6. – С. 31–39.
4. Зайцева М. Н., Инякин А. В. Типы месторождений свинца и цинка Енисейского кряжа и основы их прогноза и поисков // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 167–168.
5. Зайцева М. Н., Инякин А. В., Кузнецов В. В., Конкина А. А. Прогнозно-поисковые модели полиметаллических месторождений Енисейского кряжа // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : сборник тезисов докладов VIII Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 128–129.
6. Конкин В. Д., Галямов А. Л., Донец А. И., Окулов А. В. Стратиграфические уровни локализации золоторудных и свинцово-цинковых месторождений Енисейской и Ленской провинций // Руды и металлы. – 2019. – № 4. – С. 17–33.
7. Кривцов А. И. Металлогенический кодекс России : монография / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [и др.] ; сост. А. И. Кривцов [и др.]. – М. : Геокарт-ГЕОС, 2012. – 124 с.
8. Кривцов А. И. Методические основы прогнозно-металлогенических построений // Руды и металлы. – 2010. – № 1. – С. 69–73.
9. Кузнецов В. В., Галямов А. Л., Кудрявцева Н. Г. Литолого-фациальный анализ рудоносных вулканогенно-осадочных отложений в целях прогноза и поиска месторождений рудноалтайского типа // Руды и металлы. – 2011. – № 3–4. – С. 105–106.
10. Кузнецов В. В., Инякин А. В., Серавина Т. В., Зайцева М. Н., Корчагина Д. А. Перспективы выявления месторождений свинца и цинка в пределах Салаирской и Ангаро-Большепитской минерагенических зон // Цветные металлы и минералы – 2019 : сборник докладов Одиннадцатого Международного конгресса. – 2019. – С. 677–686.
11. Кузнецов В. В., Серавина Т. В. Прогноз и поиски месторождений свинца и цинка в вулканогенных (VMS) и терригенно-карбонатных ассоциациях (SEDEX) // Новые идеи в науках о Земле. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 173–176.
12. Кузнецов В. В., Серавина Т. В., Корчагина Д. А. Минерально-сырьевая база и обстановки локализации полиметаллических месторождений Сибири // Руды и металлы. – 2017. – № 1. – С. 19–32.
13. Пономарёв В. Г., Забиров Ю. А. Поисковые признаки и оценочные критерии свинцово-цинкового оруденения Енисейского кряжа. – Новосибирск : ИГиГ СО АН СССР, 1988. – 141 с.
14. Серавина Т. В., Конкина А. А. Особенности локализации докембрийских стратиформных месторождений свинца и цинка Сибири // Труды Кольского научного центра РАН. – 2019. – Т. 10, № 6–1. – С. 206–214.
15. Фролов В. Т. Генетическая типизация морских отложений. – М. : Недра, 1984. – 222 с.
16. Хачатуров М. М., Зайцева М. Н. Петрохимические особенности рудовмещающих отложений Ангарского рудного района // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов : сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 206–207.

REFERENCES

1. Brovko G. N., Li L. V., Ponomarev V. G., Khokhlov A. P., Sherman M. L. Metallogeniya Eniseiskogo kryazha [Metallogeny of the Yenisei Ridge], *Zakonomernosti razmeshcheniya poleznogo iskopaemogo. T. XV. Metallogeniya Sibiri [Regularities of mineral distribution. V. XV. Metallogeny of Siberia]*, Moscow, Nauka Publ., 1988, pp. 140–144. (In Russ.).
2. Vikent'ev I. V. Usloviya formirovaniya i metamorfizm kolchedannykh rud [Formation conditions and metamorphism of pyrite ores], Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2004, 344 p.
3. Donets A. I., Konkin V. D. Geologo-promyshlennye tipy i regional'nye geologicheskie osobennosti stratiformnykh svintsovo-tsinkovykh mestorozhdenii v karbo-natnykh tolshchakh [Geological and industrial types and regional geological features of stratiform lead-zinc deposits in carbonate strata], *Otechestvennaya geologiya [National Geology]*, 2017, No 6, pp. 31–39. (In Russ.).

4. Zaitseva M. N., Inyakin A. V. Tipy mestorozhdenii svintsy i tsinka Eniseiskogo kryazha i osnovy ikh prognoza i poiskov [Types of lead and zinc deposits of the Yenisei Ridge and the basics of their forecast and prospecting], *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov : sbornik tezisev dokladov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of diamond, precious and non-ferrous metals: Collection of abstracts of the IX International Scientific and Practical Conference], 2019, pp. 167–168. (In Russ.).
5. Zaitseva M. N., Inyakin A. V., Kuznetsov V. V., Konkina A. A. Prognozno-poiskovye modeli polimetallicheskih mestorozhdenii Eniseiskogo kryazha [Predictive search models of polymetallic deposits of the Yenisei Ridge], *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov : sbornik tezisev dokladov VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation of diamond, precious and non-ferrous metals deposits: Collection of abstracts of the VIII International Scientific and Practical Conference], 2018, pp. 128–129. (In Russ.).
6. Konkin V. D., Galyamov A. L., Donets A. I., Okulov A. V. Stratigraficheskie urovni lokalizatsii zolotorudnykh i svintsovo-tsinkovykh mestorozhdenii Eniseiskoi i Lenskoi provintsii [Stratigraphic levels of localization of gold and lead-zinc deposits of the Yenisei and Lena provinces], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2019, No 4, pp. 17–33. (In Russ.).
7. Krivtsov A. I. Metallogenicheskii kodeks Rossii : monografiya [Metallogenic code of Russia], Moscow, Geokart-GEOS Publ., 2012, 124 p.
8. Krivtsov A. I. Metodicheskie osnovy prognozno-metallogenicheskikh postroenii [Methodological Foundations of predictive metallogenic constructions], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2010, No 1, pp. 69–73. (In Russ.).
9. Kuznetsov V. V., Galyamov A. L., Kudryavtseva N. G. Litologo-fatsial'nyi analiz rudonosnykh vulkanogenno-osadochnykh otlozhenii v tselyakh prognoza i poiska mestorozhdenii rudnoaltaiskogo tipa [Lithological-facies analysis of ore-bearing volcanogenic-sedimentary deposits in order to forecast and search for deposits of the Rudno-Altai type], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2011, No 3–4, pp. 105–106. (In Russ.).
10. Kuznetsov V. V., Inyakin A. V., Seravina T. V., Zaitseva M. N., Korchagina D. A. Perspektivy vyyavleniya mestorozhdenii svintsy i tsinka v predelakh Salairskoi i Angarobol'shepitskoi mineragenicheskikh zon [Prospects for identifying lead and zinc deposits within the Salair and Angara-Bolshepitskaya mineragenic zones], *Tsvetnye metally i mineraly – 2019 : sbornik dokladov Odinnadtsatogo mezhdunarodnogo kongressa* [Non-ferrous metals and minerals – 2019: collection of reports of the Eleventh International Congress], 2019, pp. 677–686. (In Russ.).
11. Kuznetsov V. V., Seravina T. V. Prognoz i poiski mestorozhdenii svintsy i tsinka v vulkanogennykh (VMS) i terrigenno-karbonatnykh assotsiatsiyakh (SEDEX) [Forecast and prospecting for lead and zinc deposits in volcanic (VMS) and terrigenous-carbonate associations (SEDEX)], *Novye idei v naukakh o Zemle. Materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [New ideas in earth sciences. Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference], 2019, pp. 173–176. (In Russ.).
12. Kuznetsov V. V., Seravina T. V., Korchagina D. A. Mineral'no-syr'evaya baza i obstanovki lokalizatsii polimetallicheskih mestorozhdenii Sibiri [Mineral resource base and localization environment for polymetallic deposits in Siberia], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2017, No 1, pp. 19–32. (In Russ.).
13. Ponomarev V. G., Zabiroy Yu. A. Poiskovye priznaki i otsenochnye kriterii svintsovo-tsinkovogo orudneniya Eniseiskogo kryazha [Search signs and evaluation criteria for lead-zinc mineralization of the Yenisei Ridge], Novosibirsk, IGI SB AS USSR Publ., 1988, 141 p.
14. Seravina T. V., Konkina A. A. Osobennosti lokalizatsii dokembriiskikh stratiformnykh mestorozhdenii svintsy i tsinka Sibiri [Features of localization of Precambrian stratiform lead and zinc deposits in Siberia], *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2019, V. 10, No 6-1, pp. 206–214. (In Russ.).
15. Frolov V. T. Geneticheskaya tipizatsiya morskikh otlozhenii [Genetic typification of marine sediments], Moscow, Nedra Publ., 1984, 222 p.
16. Khachaturov M. M., Zaitseva M. N. Petrokhimicheskie osobennosti rudovmeshchayushchikh otlozhenii Angarskogo rudnogo raiona [Petrochemical features of ore-hosting deposits of the Angarsk ore region], *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh me-*

tallov : sbornik tezisov dokladov IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Scientific and methodological foundations of forecasting, prospecting, evaluation

of diamond deposits, noble and non-ferrous metals: Collection of abstracts of the IX International Scientific and Practical Conference], 2019, pp. 206–207. (In Russ.).

LEAD AND ZINC DEPOSIT FORMATION CONDITIONS WITHIN ANGARA-BOLSHEPITSK MINERAGENIC ZONE, YENISEI RIDGE

M. N. Zaitseva (researcher)

V. V. Kuznetsov (PhD, Head of base metals department)

V. D. Konkin (PhD, leading researcher)

T. V. Seravina (PhD, Deputy Head of base metals department)

A. V. Inyakin (researcher)

N. N. Bogoslavets (researcher)

M. M. Khachaturov (engineer)

FSBI Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

The paper shows the main characteristics for geological and associated ore formations in the Tungusik formation complex. Ore formation deposit types and ore field types in the region are identified and described. Based on the identified lithofacies, the paleoenvironment of stratiform ore associations formation is characterized. The role of metamorphism and structural factors affecting prospecting conditions are shown. The relationship between the mineral type of ores and organic carbon content in ore-bearing strata for various geological and economic types has been revealed. The obtained and generalized data are of practical interest in designing forecasting/prospecting deposit models and improving prospecting efficiency.

Keywords: Yenisei ridge, Angara-Bolshepitsk mineragenic zone, Tungusik formation complex, stratiform polymetallic deposits, ore formations, deposit formation conditions, geological and economic types.

