



МЕТАЛЛОГЕНИЯ
ДОКЕМБРИЯ

ЛЕНИНГРАД
1975

Министерство геологии СССР

Всесоюзный ордена Ленина
научно-исследовательский
геологический институт
(ВСЕГЕИ)

Научный совет
по геологии докембрия
Отделения геологии, геофизики
и геохимии АН СССР

Институт геологии
и геохронологии докембрия
АН СССР

553 : 551.7 (063)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ И ВСЕСОЮЗНОГО СОВЕЩАНИЯ
ПО МЕТАЛЛОГЕНИИ ДОКЕМБРИЯ
(25—28 февраля 1975 г.)

ЛЕНИНГРАД

1975



Металлогене́з докембрия. (Тезисы докладов I Всесоюзного совещания по металлогене́зу докембрия.) Л., 1975, 199 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. ордена Ленина науч.-исслед. геол. ин-т. Науч. совет по геологии докембрия Отд. геологии, геофизики и геохимии АН СССР. Ин-т геологии и геохронологии докембрия АН СССР.)

В предлагаемом сборнике представлены тезисы и рефераты тезисов докладов I Всесоюзного совещания по металлогене́зу докембрия. Публикуемые материалы отражают современную информацию по широкому кругу вопросов общей и региональной металлогене́зы докембрия и геологии рудных месторождений.

Первая часть сборника посвящена общим и теоретическим аспектам металлогенетической эволюции земной коры в докембрии, принципам изучения и вопросам систематики металлогенетических поясов, провинций и рудных полей. Здесь же рассматриваются специфические для докембрия рудные и (или) нерудные формации в общем плане развития тектоно-магматических или тектоно-метаморфических циклов.

Вторая часть сборника посвящена вопросам региональной металлогене́зы докембрия. Она содержит тезисы обзорных докладов по металлогене́зу докембрия основных регионов СССР, а также описание характерных особенностей отдельных рудных полей и месторождений полезных ископаемых. В сборнике суммированы результаты многолетних работ многочисленной группы исследователей, намечены пути и направления дальнейшего изучения металлогене́зы докембрийского периода Земли и отдельных регионов территории СССР.

Материалы сборника могут быть рекомендованы исследователям всех направлений, занимающимся изучением докембрия.

Главный редактор
член-корреспондент АН СССР К. О. КРАТЦ

Ответственные редакторы
Т. В. БИЛИБИНА, Ю. М. СОКОЛОВ

Редакционная коллегия:
Л. В. ГРИГОРЬЕВА, Л. С. ПЛОТНИКОВ, В. Т. СВИРИДЕНКО,
В. М. ТЕРЕНТЬЕВ, С. И. ТУРЧЕНКО (ученый секретарь)

Часть первая
ОБЩАЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ
МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

*Т. В. Билибина, В. К. Титов, К. О. Кратц, Ю. М. Соколов,
Н. П. Лаверов, В. Н. Полуэктов, К. Д. Беляев
(ВСЕГЕИ, ИГГД АН СССР, МГ СССР)*

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ И МЕТАЛЛОГЕННИЧЕСКИЕ ЭПОХИ

1. Докембрийская оболочка континентальной земной коры объединяет гнейсо-гранитный и гранулитово-базитовый слои в современном понимании. Доступные наблюдению выступы докембра на щитах и массивах древних платформ, в областях байкальской складчатости и в срединных массивах составляют только 15% континентальной коры. Накопленная информация может служить достаточным основанием для заключения о главнейших особенностях металлогенеза докембра и его роли в мировом балансе полезных ископаемых.

2. Создание металлогенической модели рудообразования докембра основывается на общих методических принципах, разработанных на опыте изучения металлогенеза фанерозоя, и на определенных тектонических и метаморфических концепциях. Главными в этой разработке являются историко-геологический принцип развития земной коры, подтвержденный данными геологоинформационного анализа и геохронологии, и концепция о ее блоковом строении. Историко-геологический принцип, разработанный школой региональной металлогенеза для фанерозойских металлогенических эпох, нашел свое применение в металлогенических построениях для докембра, но, разумеется, с учетом специфических черт развития Земли в этот период.

Тектонические концепции модифицируются в зависимости от поступающей информации о глубинном строении земной коры. Так, на современном уровне знаний можно считать доказанным, что все известные главные структуры докембра (протогеосинклинали и др.) являются складчато-блоковыми сооружениями; глубинные разломы (зоны проницаемости), разделяющие блоки, в большинстве случаев проникают в мантию. Соподчиненные группы блоков, представляющие самостоятельные геоструктуры различной размерности, во многом определяют металлогенез регионаов.

3. Общий обзор металлогенеза докембра показывает, что ассоциация полезных ископаемых, образующих крупные месторождения, здесь ограничена. Главными металлами, месторождения которых несут от 25 до 65% разведанных мировых запасов, являются железо, золото, уран, никель, кобальт, медь, свинец, цинк; 8—10% мировых запасов принадлежит месторождениям олова и марганца. В качестве существенных примесей в рудах железа присутствуют титан и ванадий, а в рудах цветных металлов и урана — мышьяк, серебро, висмут. Молибден и вольфрам образуют небольшие месторождения. В докембрийских толщах при-

существуют рассеянные концентрации редких земель и тория, суммарное количество которых громадно. Остальные металлы промышленных концентраций в докембрии не образуют. Кроме того, для докембрая характерны уникальные месторождения неметаллических полезных ископаемых (мусковит, флогопит, высокоглиноземистое сырье, асбест, горный хрусталь, драгоценные камни, абразивное сырье).

Интересно, что крупные промышленные концентрации создает группа элементов со средним атомным весом (от 24 до 30), широко рассеянных в гнейсо-гранитном и гранулито-базитовом слоях континентальной коры и активно участвующих в различных формах геологических процессов. Наряду с этим весьма крупные концентрации образуют тяжелые металлы — золото, свинец и уран, степень рассеяния которых в горных породах различна.

4. Металлогенез областей тектоно-магматической активизации щитов характеризуется ассоциацией: олово, вольфрам, уран, золото, цинк, свинец, tantal, ниобий, бериллий, цирконий, сурьма, ртуть, флюорит, барит, апатит, нефелин, каменный уголь. Эта пестрая ассоциация полезных ископаемых во многом обусловлена влиянием активизированного докембрийского цоколя. Так, уран, золото, свинец, цинк, олово являются типичными металлами докембрая. Дополнительно в рудообразование вовлекаются сурьма, ртуть, флюорит, апатит и др.

5. В периодизации металлогенического развития докембрая выделяются эпохи, отличающиеся своей основной металлогенической спецификой. Металлогенические эпохи рассматриваются как «промежутки геологического времени, благоприятные для отложения определенных групп полезных ископаемых». Временные ограничения металлогенических эпох определяются по верхним границам структурно-формационных комплексов, которые объединяют группы геологических формаций, образовавшихся при различных тектонических режимах. Главнейшими в докембрае являются три металлогенические эпохи: ранне-, средне- и позднепротерозойская. Архейская металлогеническая эпоха по набору рудных ассоциаций и масштабности их проявления в месторождениях значительно уступает предыдущим, и поэтому геологические образования архея, вероятно, следует рассматривать как геохимически специализированные формации и, соответственно, как источники вещества для последующего рудогенеза.

Общей закономерностью в металлогении докембрая является вовлечение все новых и новых металлов в процессы рудоконцентрации, что связывается с возрастанием степени дифференциации земной коры.

Тектоно-магматической активизации докембрийской коры отвечают позднепротерозойская, палеозойская и мезозойско-кайнозойская эпохи. Для образования крупных концентраций полезных ископаемых особенно благоприятны рубежи между эпохами, характеризующиеся ослаблением или изменением формы тектонической напряженности и усиливением геохимической дифференциации вещества в различных оболочках земной коры.

6. Рудные формации докембрая принадлежат к следующим группам: а) метаморфогенные формации, связанные с вулканогенно-осадочными и осадочными, иногда молассоидными формациями нижнего и среднего протерозоя (железо, золото, уран, медь, корунд, кианит, графит, серный колчедан); б) метаморфогенные формации, объединяющие месторождения из мусковитовых, редкометальных и керамических пегматитов, связанных с процессами регионального метаморфизма фации альмандиновых и куммингтонитовых амфиболитов, а также формации щелочных и магнезиально-кальциевых метасоматитов; в) магматогенные

формации, объединяющие магматические и магмато-метасоматические месторождения, связанные с базит-гипербазитовыми и щелочными интрузивными комплексами различных эпох (никель, медь, кобальт, платина, титан, железо, tantal, ниобий, редкие земли, апатит, нефелин); г) гидротермально-метасоматические формации, объединяющие эпигенетические месторождения, связанные с процессами регионального и гидротермального метаморфизма или с гранитоидными и гранитоидно-щелочными интрузивными комплексами (золото, олово, уран, полиметаллы, серебро, ртуть, сурьма, флюорит, барит); д) формации, объединяющие месторождения бокситов и метаморфизованные древние россыпи верхнего протерозоя — мезозоя, связанные с процессами формирования коры выветривания.

7. Сложная ассоциация формационных типов рудных образований тесно коррелируется с эволюцией геологических процессов каждой металлогенической эпохи от осадочного и вулканогенного литогенеза к региональному метаморфизму, ультраметаморфизму и магматизму при широком проявлении и интервале изменения P — T — условий регressiveного метаморфизма, имеющего исключительно важное значение при гидротермальном рудообразовании. Благоприятные условия для накопления крупных концентраций полезных ископаемых создаются в блоках земной коры, испытавших многократное наложение рудоподготавливающих и рудогенерирующих процессов, суммарное действие которых способствует рудогенезу. В качестве источников рудного вещества определяются породы «гранитного» и «базальтового» слоев или испытавшие длительное воздействие рудоподготавливающих процессов. Сочетание этих процессов различно для различных полезных ископаемых. Так, регенерация базальтового слоя и последующий литогенез благоприятны для накопления крупных концентраций железа, меди, золота. Сочетание длительного проявления метаморфизма амфиболитовой фации и ультраметаморфизма в авто- и аллохтонных формах и, главным образом, метаморфизма зеленосланцевой фации (как прогрессивного этапа, так и диафтореза) приводит к накоплению урана, золота и большинства редких металлов. Таким образом, первичным источником рудного вещества является базальтовая оболочка и трансформация ее в условиях периодического разрастания гранитной оболочки.

В качестве второго источника металлов предполагаются выплавки верхней мантии, с которыми связаны магматогенные месторождения никеля, меди, кобальта и хрома.

8. Геологические факторы, определяющие распределение месторождений, рудных районов и металлогенических зон в докембрии, имеют различную значимость и относятся к различным категориям. Региональные закономерности обусловлены положением блоков различных порядков и с различным строением и мощностью земной коры. Локальные закономерности более разнородны и определяются набором литолого-стратиграфических, структурно-тектонических и метаморфических факторов; особенно благоприятно их совместное воздействие. При всей сложности элементов рудоконтроля определяющими в размещении эндогенных и экзогенных месторождений и металлогенических подразделений являются системы глубинных разрывных нарушений — межблоковые зоны сжатия — расширения и зоны рифтогенного характера. Морфологические признаки и внутреннее выполнение разломов весьма различны. Наиболее распространены зоны сжатия — расширения, представленные бластотектонитами альмандин-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций. Рудоотложение в них связано с регressiveным этапом диафтореза, ведущего к выносу и последующей концентрации полезных химических элементов при возрастании потенциала воды, щелочей и углекислоты.

9. Характер взаимоотношения докембрийского цоколя и фанерозойских подвижных поясов и платформ пока не выяснен. Намечается, что положение, внутреннее строение и характер развития складчатых поясов фанерозоя зависят от сегментарного и блокового строения докембрийской коры. Не исключено, что узкие линейные пояса уральского типа с ведущей ролью ранних этапов развития приурочены к kontaktам наиболее крупных сегментов земной коры, а сложнопостроенные орально-периметрические пояса локализуются в местах интенсивных блоковых движений внутри крупных сегментов. Роль докембрийской коры в металлогении фанерозоя выражается в унаследовании структурного контроля (заложение прогибов, выдвижение блоков, активизация рудносных разрывных нарушений). Несомненно также влияние на фанерозойскую металлогению гранитной оболочки, сохранившей свою ведущую роль источника металлов. Данные сейсмического зондирования показывают постоянное присутствие гранитного слоя под всеми типами геосинклинальных прогибов; подтверждается также унаследованность металлогенического профиля фанерозойских складчатых сооружений и докембрийского цоколя.

Отличительной особенностью металлогении фанерозоя является более широкая ассоциация полезных ископаемых, что связано с большой степенью дифференциации земной коры, а также увеличением скорости развития и дифференцированности геологических процессов.

10. Главнейшие особенности металлогении докембра, определяемые ассоциациями полезных ископаемых, типами рудных формаций, специализацией металлогенических эпох, характером рудоподготавливающих иrudогенерирующих процессов, способами концентрации и источниками рудного вещества, обусловлены неразрывной связью их с формированием оболочек земной коры и с ее глубинным строением. Большая длительность развития Земли в докембре (более 3 млрд. лет) и громадная мощность докембрийской коры предопределили высокую масштабность концентрации полезных ископаемых в эти эпохи. Главнейшие полезные ископаемые докембра, при современной изученности вопроса, составляют свыше 50% мирового баланса. Высокий промышленный потенциал областей развития докембра и несомненное влияние его на металлогению фанерозойских складчатых поясов, платформ и областей их активизации определяют проблему металлогении докембра как одну из ведущих в современной геологии.

А. И. Тугаринов (ГЕОХИ АН СССР)

ОБ ЭВОЛЮЦИИ ПРОЦЕССОВ РУДООБРАЗОВАНИЯ В ДОКЕМБРИИ

1. Рудообразование является процессом, прогекающим в верхней части земной коры, в области вероятного присутствия водных перегретых растворов (5—10 км).

Источником рудного вещества эндогенных рудных месторождений могут быть различные породы земной коры, подвергающиеся воздействию эндогенных растворов и извлекающие при этом из них рудные компоненты. Однако основную роль среди них играют обогащенные органическим веществом осадки, которые составляют так называемые продуктивные горизонты, выступающие в роли главных поставщиков рудносных растворов.

2. Характер зональности рудных поясов (Забайкалье, Северный Кавказ, Приморье и др.) указывает на приуроченность рудных залежей

одного типа к определенным осадочным формациям, а не к индивидуальным интрузивным массивам.

3. В соответствии с вышеизложенным, в геологической истории Земли наблюдается отчетливая эволюция рудного процесса, обусловленная общим ходом геологического развития Земли, биогенеза и т. д. Это выражается прежде всего в появлении и приумножении в составе осадков органического вещества, вызывающего в свою очередь значительный рост содержания металлов в них.

По данным статистики можно наметить следующую последовательность появления крупных концентраций отдельных компонентов в истории Земли:

Компонент	Первое появление, млн. лет	Первое возникновение промышленных залежей, млн. лет
Сург	3500	2600
Карбонаты	2600	2200
Железо	3500	2600
Уран	2600	1900
Свинец	—	1800
Олово	—	1800

Особое значение эволюция рудообразования имеет для таких поливалентных катионов, как катионы ванадия, германия и др. Известно, что огромные массы ванадия и германия в нижнем протерозое были рассеяны в массе железистых кварцитов и титановых руд. Однако в палеозое с появлением новых видов концентраций углерода главное значение приобрели концентрации ванадия и германия в углях и нефтях, представляющие ныне наиболее известные их месторождения. Это было вызвано восстановительными реакциями, обусловившими соосаждение ванадия, германия и органического вещества на стадии их сингенетичных скоплений.

*T. B. Билибина, B. T. Свириденко, B. M. Терентьев,
Ю. М. Шувалов, K. O. Кратц, Ю. M. Соколов,
H. P. Лаверов, B. N. Полуэктов, L. M. Парфенов
(ВСЕГЕИ, ИГГД АН СССР, МГ СССР, ИТГ ДВНЦ)*

МЕТАЛЛОГЕННИЧЕСКИЕ ПРОВИНЦИИ И ИХ ПОЛОЖЕНИЕ В ТЕКТОНИКЕ КОНТИНЕНТОВ

1. Понятие металлогенической провинции до сих пор не разработано и имеет различные толкования. Не исключено, что это понятие может трансформироваться в зависимости от масштабности объекта исследований и иметь в своей основе различные исходные данные. В настоящей разработке, представляющей собой опыт планетарной классификации металлогенических провинций щитов, нами принято следующее определение. Под металлогенической провинцией понимается группа мегаблоков или блоков земной коры различного структурно-вещественного состава, характеризующихся определенным типом геологического развития и определенной металлогенической специализацией. Металло-

геническая провинция охватывает, как правило, несколько металлогенических эпох.

В основу наименования провинции положено географическое и металлогеническое определение (по ведущим металлам). В определение металлогенической специализации провинции условно вводятся металлы, запасы которых составляют не менее 1% мирового баланса.

2. Металлогенические провинции щитов древних платформ классифицированы в соответствии с их принадлежностью к двум группам платформ — лавразийской (Сибирская, Русская, Китайская, Северо-Американская) и гондванской (Индостанская, Африканская, Австралийская, Южно-Американская и Антарктическая). В соответствии с этим в первой группе выделяется девять провинций: а) на Канадском щите — Западно-Канадская, или Черчилльская, полиметальная, Сьюпериор полиметальная и Лабрадорско-Гренвилльская уран-железорудная; б) на щитах и массивах Русской платформы — Воронежско-Украинская железорудная, Восточно-Балтийская, или Карело-Кольская, железо-медно-никелевая и Западно-Балтийская, или Скандинавская, полиметаллически-кобальтовая; в) в Алдано-Байкальском выступе докембрия — Алданская золото-железо-медная и Байкало-Енисейская золото-полиметаллическая; г) на Китайской платформе — Китайско-Корейская полиметальная. На гондванской группе платформ выделено одиннадцать провинций: а) на Южно-Американской платформе — Бразильская марганец-железорудная и редкометальная и Гвианская золото-железорудная; б) на Африканской платформе — Катангская полиметаллически-уран-медно-кобальтовая, Трансваальская уран-золоторудная и хром-никелевая, Танганьикская редкометальная, Гвинейско-Либерийская железо-марганец-золоторудная; в) на Индостанской платформе — Северо-Индийская железо-кобальтовая и Южно-Индийская кобальт-марганцевая и золото-железорудная; г) на Австралийской платформе — Западно-Австралийская железо-никель-золоторудная, Южно-Австралийская железо-полиметаллическая и Северо-Австралийская полиметальная.

3. Статистические данные по ассоциациям полезных ископаемых и их концентрациям показывают, что на щитах гондванской группы платформ провинции характеризуются более полным набором металлов и их большими суммарными запасами. Кроме главной ассоциации металлов, присущих щитам всех платформ, здесь известны месторождения марганца, хрома, редких металлов, суммарные запасы которых превышают 20% от общего мирового баланса. Наибольшие концентрации золота (54,5%), кобальта (21,3%) и меди (14,5%) сосредоточены в Катангской и Трансваальской провинциях Африканской платформы. На щитах лавразийской группы платформ наибольшие концентрации образуют железо, никель, свинец и цинк. Железо сосредоточено главным образом в Воронежско-Украинской провинции Русской платформы (24%), а никель (14,5%), свинец и цинк (21,4%) — в провинциях Черчилль и Сьюпериор на Канадском щите. Урановая специализация в равной степени характерна почти для всех щитов обоих типов.

Наиболее распространенные ассоциации металлов: железо—золото—уран и иногда марганец, медь—никель—кобальт, свинец—цинк—никель—кобальт; часто в эти ассоциации входит железо. Количество металлов, определяющих металлогеническую специфику провинций, различно. Так, наряду с полиметальными провинциями Канады, в которых развиты все ассоциации, за исключением марганца, хрома и редких металлов, существуют провинции, характеризуемые ограниченным количеством металлов (Воронежско-Украинская — железо, Катангская — медь, кобальт, Северо-Индийская — железо, кобальт и др.). Это заключение, несомненно, приближенное, прежде всего в связи с различ-

ной степенью изученности регионов, но, вероятно, такая закономерность существует для главных металлов (не исключая различных ассоциаций второстепенных полезных ископаемых).

К самостоятельному типу металлогенических провинций следует отнести Танганьикскую, Бразильскую и фрагменты Лабрадорско-Гренвиллской провинции, в которых богато представлены мусковит-редкометальные пегматиты и иногда гидротермальные месторождения олова и других редких металлов, связанные с процессами регионального метаморфизма и ультраметаморфизма. Редкометальная ассоциация охватывает как группу тантало-ниобатов и редких земель, так и литий-бериллиевую и олово-вольфрамовую минерализацию периода позднепротерозойской тектоно-магматической активизации.

4. Размещение металлогенических провинций в пределах щитов в общем подчинено положению складчато-блоковых и разрывных структур. Среди них возможно выделение трех типов: 1) провинции, сопряженные с системами протерозойских складчатых поясов (Лабрадорско-Гренвиллская, Катангская, Воронежско-Украинская и др.); 2) провинции в гранитизированных блоках археид с наложеннымиprotoорогенными прогибами (Сьюпериор, Трансвааль, Алданская); 3) провинции, в которых сочетаются фрагменты протерозойских складчатых сооружений, блоки археид и структуры тектоно-магматической активизации (Черчилл, провинции Австралийского щита и др.). Металлогенические провинции ограничены трансрегиональными разломами и системами межблоковых разрывных нарушений (пояса Логана и Томпсона в Канаде, Лимпопо и Кейс в Южной Африке и др.). В качестве геологических формаций, предопределяющих металлогеническую специализацию провинций, наиболее типичны группы железисто-кварцитовых или джеспилитовых и различных молассоидных формаций, коллектирующих стратиформные месторождения железа, золота, урана, меди, кобальта, полиметаллов. Как приближенная закономерность отмечается частая приуроченность металлогенических провинций к краевым частям щитов в области их морфотектонических контактов с платформами. Наряду с этим существуют провинции, локализующиеся во внутренних частях щитов, положение которых определяется системами трансрегиональных межблоковых разломов высшего порядка с широко проявленными процессами гранитизации и метаморфизма, а также металлогенически специализированными геологическими формациями, как седиментогенными, так и магматогенными.

5. Прогноз месторождений в пределах выделенных металлогенических провинций должен основываться на анализе их металлогенической специализации с учетом структурно-тектонических особенностей, глубинного строения земной коры и истории геологического развития на формационной основе. Определяющим фактором прогнозирования является всесторонний анализ геологических и рудных формаций, позволяющий выявить рудоподготавливающие и рудоформирующие процессы и парагенетические ассоциации полезных ископаемых.

Я. Н. Белевцев (ИГФМ АН УССР)

ОСНОВЫ НАУЧНОГО ПРОГНОЗА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ДОКЕМБРИИ

1. Научный прогноз рудных месторождений в докембрии может быть основан на раскрытии геологического развития докембра, природы метаморфизма пород, первичного накопления металлов в вулкани-

ческих и седиментарных породах и условий образования метаморфогенных и других генетических типов месторождений.

2. Особенности геологического развития докембрия складывались в условиях самого раннего и длительного периода геологической жизни Земли, который отличался: маломощной мобильной сиалической корой, своеобразным химизмом атмосферы и гидросфера, интенсивностью вулканизма, специфическими условиями седimentации, развитием плитовой тектоники и метаморфизмом. Длительность докембрия составила около 3 млрд. лет; он был насыщен грандиозной вулканической деятельностью. Большая часть архея (3,5—2,8 млрд. лет) представлена ультрабазитами и метабазитами. Смена физико-химических условий в протерозое привела к образованию мощных кластогенных, хемогенных и биогенных толщ. Геосинклинали в докембрии занимали значительно большие площади, чем в последующие геологические эпохи, они явились местами интенсивных потоков тепловой энергии. В геологическом развитии подвижных зон докембрия выделяются: начальный, или ранний этап — вулканогенно-седиментогенный, средний этап — складчато-метаморфический и поздний этап — разломно-интрузивный. Вулканогенные и осадочные породы вследствие интенсивного метаморфизма и ультраметаморфизма превращены в кристаллические сланцы, гнейсы, мигматиты и граниты.

Разломная тектоника привела к образованию плитового (блокового) строения щитов и платформ, где различного размера плиты и блоки составлены породами различных фаций метаморфизма и ультраметаморфизма. В процессе динамотермального метаморфизма возникли регионы и зоны, сложенные породами различных фаций метаморфизма, которые составили тектонометаморфическую расслоенность земной коры. Ультраметаморфизм, как процесс плавления и магматической кристаллизации, привел к образованию зоны гранитоидов среди пород амфиболитовой и гранулитовой фаций. Такие грандиозные изменения первичных осадков и вулканитов, естественно, привели к не менее значительному перемещению рудогенных элементов.

3. Предпосылкой накопления рудного материала в породах земной коры явилось разделение первичного вещества Земли на оболочки под влиянием расплавления, конвективного перемещения и атомных превращений. Эти процессы сопровождались выделением и подъемом магматических масс, паров воды и минералообразующих веществ, которые в дальнейшем явились источником для образования эндогенных рудных месторождений в докембрии.

4. Образование рудных месторождений (как вторичных концентраций) происходило под влиянием общих (планетарных) и местных (региональных) причин. Первой из причин был своеобразный процесс образования вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород в докембрии, с которым связано накопление железа, марганца, кобальта, никеля, меди и других металлов в вулканитах и железе, урана, меди, свинца, цинка и др. в вулканогенно-осадочных и осадочных породах. Вторая планетарная причина — процесс метаморфизма и ультраметаморфизма вулканогенных и седиментогенных пород, охвативший земную кору почти на всю ее толщу и вызвавший не сравнимое ни с какими другими геологическими процессами перемещение рудогенных элементов в породах, что привело к образованию большой группы рудных месторождений. К ним относятся: джеспилитовая формация, заключающая в себе около 90% всех железных руд Земли, более половины мировых запасов урана, большие массы меди, никеля, марганца, алюминия, свинца, золота и многих других металлов.

Метаморфогенное рудообразование возникало в процессе дифференциации вещества пород при метаморфизме вследствие растворения, пerekристаллизации, выплавления и метасоматоза. Эти процессы усиливались по мере увеличения метаморфизма и, наконец, сменялись полным растворением, а затем частичным или полным выплавлением. Установлено увеличение перемещенияrudогенных элементов с усилением метаморфизма, оно достигает 70—75% первоначального содержания их в исходных породах. Отдельныеrudогенные элементы проявляют тенденцию к накоплению в породах определенных фаций метаморфизма, вследствие чего образуются промышленные месторождения либо создаются микрорудные фации, потенциально благоприятные для дальнейшей концентрации элементов до промышленных размеров.

Третьей причиной образования месторождений в докембрии была наиболее ранняя докембрийская активизация, приведшая к возникновению протяженных зон дробления и метасоматического изменения. Активизация возникала по границам тектонических плит или блоков, где мощность земной коры резко меняется на 15—25 км. Здесь образовались широкие и протяженные (на сотни километров), часто ветвящиеся зоны, по которым выносились постгранитизационные растворы, обогащенные легкоподвижными компонентами (U, Cu, Pb, Zn, Au и др.). Такие зоны названы нами тектонометасоматическими, с ними связано возникновение большой группырудных месторождений.

5. Источниками минерального вещества для образования месторождений были породы земной коры и частично подкоровые зоны. Извлечение и переносrudогенных элементов осуществлялись базальтоидными магмами подкоровых глубин и флюидно-гидротермальными растворами и гранитоидными магмами в толще земной коры. Условиями рудоотложения были: магматическая кристаллизация, метасоматоз и выполнение полостей в породах. Термодинамические условия образованиярудных месторождений определялись следующими параметрами: температура — от 100—110 до 600—650° С; давление — от 0,6—0,8 до 2,5 кбар. Глубина образования месторождений менялась от 1,5—2,5 до 7—7,5 км. Размах оруденения определен от 900—1000 до 1500—1800 м. Эти данные являются основанием для поисков глубоко скрытых месторождений.

6. Местными (региональными) причинами образованиярудных месторождений в докембрии являются: складчато-трещинные зоны и блоки, зоны сочленения тектонических блоков, регионы развитияультраметаморфизма, размещениеплутонических (реоморфических) гранитов и др.

7. Представления о геологическом развитии докембра и условиях образования месторождений дают основание разработать закономерности размещения и прогнозрудных месторождений в пределах докембрейских щитов и кристаллического основания платформ.

а) Подавляющая частьрудных месторождений на щитах размещается среди метаморфических пород зеленосланцевой и амфиболитовой фаций метаморфизма. Значительно меньше они встречаются среди пород гранулитовой фации метаморфизма и полей развития гранитоидов. По этой причине на щитах могут быть выделены поля и блоки, преимущественно сложенные метаморфическими породами, как наиболее перспективные для поисков месторождений.

б) Структурно-фациальные зоны метаморфических пород зеленосланцевой и амфиболитовой фаций, развившиеся из древних троговых геосинклиналей, являются наиболее рудоносными, особенно для метаморфогенных месторождений.

в) Зоны сочленения тектонических плит выражены интенсивными смятиями, метасоматическими изменениями пород, как метаморфичес-

ких (гнейсов и кристаллических сланцев), так и ультраметаморфических (мигматитов и гранитов).

г) Тектоно-метасоматические зоны наложенной древней активизации.

B. C. Домарев (ЛГУ)

О МЕТАМОРФИЧЕСКИХ РЯДАХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1. Одной из главных особенностей докембрийских месторождений полезных ископаемых является их метаморфизм, в различной степени проявленный в образованиях разного возраста и разных регионов.

Метаморфические изменения, проявляющиеся, в частности, в более или менее значительном переотложении рудных компонентов, затрудняют выяснение генезиса первичного оруденения и сопоставление докембрийских месторождений с их более молодыми аналогами. Это же обстоятельство усложняет изучение необратимой эволюции процессов рудообразования в истории Земли, тем более что в условиях высокотемпературных фаций метаморфизма минеральные агрегаты, возникшие при более низких температурах и давлениях, могут частично или полностью рассеиваться.

2. Для выяснения первичных (дометаморфических) особенностей месторождений и условий их образования существенное значение может иметь сопоставление в различной степени метаморфизованных месторождений одной рудной формации и размещение их в ряды по интенсивности эпигенетических изменений. Такие ряды устанавливаются для осадочных (и вообще для экзогенных) образований значительно легче, чем для эндогенных, поскольку последние, оставаясь в эндогенных же, хотя и меняющихся при метаморфизме условиях, во многих случаях не претерпевают четко фиксируемых изменений.

3. Примером «метаморфического» ряда могут служить месторождения медистых песчаников в терригенных и терригенно-карбонатных пестроцветных толщах, возраст которых колеблется от неогена по крайней мере до нижнего протерозоя. Индивидуальные особенности разновозрастных месторождений этого типа, находящихся в различных регионах, в значительной мере обязаны постседиментационным изменениям, проявленным в самой различной степени. Во многих случаях медистые песчаники, особенно молодые (MZ—KZ), претерпели лишь относительно небольшие диагенетические изменения, например Наукатское месторождение Средней Азии или пермские медистые песчаники Приуралья. Современный облик месторождений в значительной мере обусловлен диагенетическими и катагенетическими процессами, а почти все докембрийские месторождения метаморфизованы в условиях от близких к условиям зеленосланцевой фации, как это имеет место в Удокане и медном поясе Замбии, до условий ультраметаморфизма, примером чему являются гранитизированные меденосные породы серии Люфубу в Замбии. Распределение всех этих месторождений от Науката до серии Люфубу в ряд по возрастающей степени метаморфизма позволяет установить их общие черты и рассматривать как единую формацию, обладающую некоторыми общими закономерностями размещения.

4. Другим примером могут служить стратифицированные месторождения свинцово-цинковых руд в карбонатных и терригенно-карбонатных толщах, метаморфизованные в столь же различной степени. Наименее измененные рудные залежи существенно представлены вкрапленностью и мелкими включениями сульфидов во вмещающих карбонатных породах, как это имеет место в месторождении Миргалимсай в Карагату или рудопроявлении Балты Юрт на западном склоне Урала.

Сульфиды свинца и цинка переотлагаются при постседиментационных процессах легче, чем сульфиды меди, и уже при катагенезе и в условиях невысоких степеней метаморфизма они концентрируются в трещинах и брекчированных зонах, как, например, в протерозойском Горевском месторождении Енисейского кряжа.

Существенное переотложение сульфидов происходило в австралийском месторождении Брокен Хилл, метаморфизованном в условиях амфиболитовой фации и долгое время считавшимся высокотемпературным эндогенным образованием. В сопоставлении с менее измененными рудными залежами того же типа принадлежность этих и других сильно метаморфизованных месторождений к формации стратифицированных свинцово-цинковых залежей в карбонатных и терригенно-карбонатных толщах легко устанавливается, и это позволяет использовать при поисках и металлогеническом анализе критерии прогноза, установленные для всей формации в целом. В частности, исходя из данных по Горевскому месторождению, следует высоко оценивать перспективы позднепротерозойских (и кембрийских) карбонатных толщ юго-западной краевой зоны Сибирской платформы и ее обрамления на полиметаллические руды.

5. В последнее время работами как советских, так и зарубежных геологов установлена стратифицированность многих месторождений олова, вольфрама, золота и других металлов, приуроченных к осадочным и вулканогенно-осадочным толщам различного возраста и в различной степени метаморфизованных. Расположение их в ряд по степени метаморфизма может значительно облегчить понимание природы докембрийских образований.

А. А. Смыслов, В. К. Титов (ВСЕГЕИ)

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЩИТОВ И ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1. Одним из направлений развития регионального металлогенического анализа и повышения эффективности прогнозирования является изучение пространственно-временных закономерностей распределения и миграции химических элементов в различных зонах земной коры, что особенно важно при исследовании метаморфических толщ докембрая. Среди различных разработок в этом направлении наиболее перспективными представляются методы регионального и детального геохимического районирования.

Дополнительные перспективы геохимического подхода к оценке потенциальной рудоносности геологических структур открываются в связи с возможностью учета всего баланса металлов, представленных в земной коре как в виде относительно рассеянных, так и в виде рудных скоплений. При геохимическом районировании и выяснении рудоносности геологических формаций докембрая учитывался принцип тесной взаимосвязи и взаимообусловленности формирования геохимического фона элементов в метаморфических комплексах и процессов рудообразования, являющихся частным случаем проявления направленной миграции рудных элементов. Формирование рассеянных и концентрированных форм нахождения рудных элементов обусловлено всей совокупностью сингенетических и эпигенетических процессов образования и последующего преобразования горных пород. Общей особенностью геохимии сингенетических процессов (седиментогенеза, магматизма) является относительно невысокая степень концентрации элементов, достигающая в специализированных комплексах пород 10—60 кларков концентрации по А. Е. Ферсману, но значительные масштабы перемещения металлов, преимущественно в рассеянном состоянии. Степень концент-

рации химических элементов в сингенетических процессах достаточна для формирования рудных скоплений лишь элементов с высоким кларком ($\geqslant 0,1$ — $1,0\%$). Так, с осадконакоплением в докембрии связано возникновение сингенетических концентраций обычно убогих по содержанию, но значительных по объему скоплений железа (железистые кварциты), алюминия (кианит, корунд), фосфора (апатитовые руды). Очень характерно первичное накопление относительно невысоких концентраций золота, урана, тория, редких земель, циркония в конгломератах и ванадия, свинца, урана в углеродистых сланцах. С докембрийским магматизмом связаны рудные скопления таких металлов, как железо, титан, медь и др.

2. Эпигенетические процессы по их относительной роли в концентрации элементов подразделяются на подготовительные и рудоформирующие. К подготовительным следует отнести такие эндогенные процессы, как региональный, контактовый и дислокационный метаморфизм, ультраметаморфизм, а экзогенные процессы представлены экзодиагенезом, эпигенетической битуминизацией, изохимическим выветриванием и др. Эти процессы приводят к существенному изменению форм нахождения элементов с созданием миграционноспособных или, наоборот, трудно-растворимых соединений металлов, их частичному перераспределению с относительно невысокой концентрацией. Наложение этих процессов на первично обогащенные рудными элементами комплексы пород приводит к возникновению метаморфогенных месторождений, в том числе элементов с относительно низким кларком (Au, U, Th и др.).

Сингенетические и подготовительные процессы, наряду с образованием месторождений, играют решающую роль в формировании геохимических эпох и провинций и создании благоприятной геохимической среды для последующего перераспределения металлов и развития рудоформирующих процессов, с которыми связана наибольшая степень концентрации ($K_k > 100 \div 500$) редких и рассеянных элементов (Ta, Nb, U, Th, TR, Be и др.).

3. Учитывая решающее значение степени дифференцированности вещества земной коры в формировании рудных месторождений, нами при геохимическом районировании в качестве ведущего критерия рассматривается контрастность распределения металлов в минералах, горных породах и геологических формациях. В зависимости от ассоциаций рудных элементов, содержащихся в повышенных количествах в горных породах, выделяются литофильные и халькофильные геохимические провинции. При необходимости внутри этих групп могут быть выделены частные ассоциации рудных элементов, свойственные конкретным геологическим структурам (Cu—Ni—Co-ассоциация и т. д.). При оценке степени геохимической дифференцированности выделенных провинций используются следующие показатели: а) уровень содержания элементов в минералах, горных породах и геологических формациях по отношению к их кларку; б) неоднородность распределения элементов и их изотопов, выраженная коэффициентом вариации; в) форма нахождения микроэлементов в горных породах; г) сила и характер связи между отдельными химическими элементами, их изотопами и ассоциациями.

4. С учетом этих и других критериев в пределах щитов и областей их активизации для различных групп рудных элементов выделяются три типа провинций: слабо дифференцированные, дифференцированные и интенсивно дифференцированные. Слабо дифференцированные геохимические провинции и зоны характеризуются пониженными или близкими к кларку количествами металлов, однородное и низкое распределение которых свидетельствует либо об изначально низком содержании металлов в геологических формациях (первичные), либо о гомоге-

низации вещества отдельных блоков в результате процессов метаморфизма (вторичные). На щитах такими провинциями являются для большинства лиофильных элементов (Pb, TR, Mo, Be, Ta, Nb и др.) области развития апофиолитовых и апоандезит-диабазовых формаций, характеризующихся низкими фоновыми содержаниями этих элементов (Побужье и Среднее Приднепровье Украины, гранулитовый пояс Балтийского щита, восток Алдана, большая часть Анабара и др.). Для дифференцированных геохимических провинций и зон типично наличие специализированных геологических формаций, первично обогащенных рудными элементами. Это области развития джеспилитовых формаций, золотоносных конгломератов, медистых песчаников, железо-титановых или медно-никелевых гипербазитов и редкометальных гранитоидов калиевого ряда и т. д. Максимальная неоднородность в распределении рудных элементов наблюдается в пределах интенсивно дифференцированных провинций и обусловлена наложением подготовительных и рудоформирующих процессов. Этому типу свойственны наибольшие расхождения радиологических определений возраста геологических формаций и рудных образований. Наиболее широко и интенсивно процессы обогащения пород лиофильными и другими элементами с низким кларком и рудогенез на щитах проявились в связи с тектономагматической активизацией (Th, U, Au, Pb, Mo, Ta, Nb и др.), а также в районах многократного проявления эпохи гранитообразования (TR, Ba, Th и др.).

5. Со степенью геохимической дифференциации зон и провинций, определяемой по контрастности (неоднородности) в распределении элементов, связана их металлоносность. Подавляющее большинство месторождений металлов с низким кларком приурочено к дифференцированным и особенно к высоко дифференцированным геохимическим провинциям и зонам.

6. По характеру и масштабу проявления, а также положению в структурах земной коры среди региональных геохимических подразделений может быть выделено несколько соподчиненных типов: 1) геохимические пояса (мегапровинции), охватывающие несколько разнородных, нередко разновозрастных и длительно развивающихся геологических структур (Рудный пояс Канады, Центрально-Австралийский пояс, Джугджуро-Становой пояс Алдана и др.); 2) геохимические провинции, прослеживающиеся в пределах отдельных складчатых областей или систем, авлакогенов, трогов, грабен-синеклиз (Криворожская дифференцированная провинция, Печенгско-Варзугская и Чарская интенсивно дифференцированные провинции и др.); 3) геохимические зоны, локализующиеся в отдельных структурно-формационных зонах.

Предложенная методика и принципы геохимического районирования докембрийских складчатых областей демонстрируются полиэлементными картами.

Р. М. Деменицкая (Ин-т геологии Арктики)

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ДОКЕМБРИЯ

1. Принятая в настоящее время классификация, подразделяющая земную кору на типы: континентальный, океанический, субконтинентальный и субокеанический — была основана на геометрическо-параметрических данных о коре, полученных в результате сейсмических исследований мощностей, что недостаточно полно отражает современные представления о земной коре.



2. Анализ горизонтальных и вертикальных движений земного материала с позиций новых представлений о формировании литосферы позволяет предложить классификацию, основанную на генетических особенностях коры. Предлагается подразделить земную кору на следующие четыре типа:

а) Кора новая, свежая, возникающая в срединных рифтовых хребтах океанов за счет внедрения материала мантии, который по мере разрастания океанического дна и экспансии в пространстве приобретает осадочный слой и формирует кору океанического типа. Этот тип коры предлагается назвать конструктивным.

б) Кора, возникающая на некоторых окраинах океана вследствие опускания и погружения литосферы (субдукции), уничтожения (деструкции), а затем переработки и вторичных процессов вертикальной инъекции, способствующей формированию молодой континентальной коры островодужного типа. Этот тип предлагается именовать деструктивно-конструктивным. Он образуется за счет уничтожения океанической коры и создания молодой континентальной.

в) Кора, возникающая на границе столкновения двух континентальных плит и образующая континентальную кору повышенной мощности с частичным включением океанической коры в виде оphiолитовых поясов. Такой тип коры назван пассивно-конструктивным. Эта кора не образуется полностью вновь, а лишь «механически» преобразуется, утолщается, «складывается» и усложняется последующим магматизмом.

г) Кора, состоящая из первых двух типов на стадии ее консолидации, стабилизации и разрушения (для допалеозойской коры возможны и другие процессы). Этот тип коры предлагается назвать консервативным (экс конструктивным).

Геодинамика первых трех типов земной коры может быть охарактеризована как геодинамика скачкообразного характера, а четвертого типа — эволюционного характера.

3. Составлена таблица с геофизическими и геологическими характеристиками типов коры, включающая типы начального преобразования, возникновения, конечного преобразования и продолжительности существования, геофизические характеристики, проявления в физических полях и другие данные.

4. Рассмотрение геологических массивов докембрая не оставляет сомнений в принадлежности этой коры к четвертому типу данной классификации. Несмотря на всю сложность ее исследования, рассмотрение геофизических разрезов именно с этих позиций, их всесторонний анализ и сопоставление с разрезами известных металлогенических зон более молодого возраста могут дать ключ к пониманию сложнейшей истории формирования металлогении в докембрийской коре.

И. Д. Батиева, И. В. Бельков, В. Р. Ветрин,
А. Н. Виноградов, Г. В. Виноградова,
М. И. Дубровский (Геол. ин-т Кольского
фил. АН СССР)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДОГЕНЕРИРУЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГРАНИТОИДОВ НИЖНЕГО ДОКЕМБРИЯ И НЕОГЕЯ

Эволюция геохимических и металлогенических особенностей гранитоидов отражает эволюцию развития кислого магматизма в процессе формирования и развития земной коры и Земли как космического тела.

Показано, что гранитоиды сходных формационных типов в докембрии и фанерозое имеют много общих черт и в отношении их рудоносности, что позволяет использовать для оценки рудогенерирующих возможностей гранитов докембрая все методы, выработанные на основе изучения гранитов молодых складчатых областей. Вместе с тем граниты докембрая имеют целый ряд характерных особенностей. Важнейшей причиной, обусловившей отличие металлогении гранитоидов нижнего докембрая от более молодых образований сходного состава, является изменение мощности земной коры, ее состава и физико-химических условий становления интрузивных тел, мобилизации и отделения ассоциирующих с гранитами рудных компонентов.

1. Одним из важнейших факторов, определяющих возможность накопления в расплаве и отделения рудного вещества, является степень кристаллизационной и эманационной дифференциации этого расплава, что в свою очередь зависит от амплитуды изменения термодинамических условий генерации и кристаллизации магмы и ее насыщенности летучими. Вследствие высокой разогретости и пластичности пород первичной раннедокембрийской земной коры образование глубинных разломов этого времени было затруднено, и поэтому формирование палингенных и анатектических гранитоидов происходило без значительных перемещений в регионально метаморфизованных и мигматизированных толщах, обдненных редкими и рассеянными элементами.

2. Изменение режима осадконакопления в позднем докембреи и эокембреи обусловило процесс осадочной дифференциации материала земной коры, что привело к образованию горизонтов и толщ, обогащенных минералами, содержащими редкие элементы (циркон, монацит, ксенотит, кассiterит и др.). Граниты, сформированные по этим толщам в процессе их плавления, характеризуются повышенным содержанием редких и рассеянных элементов, что подтверждается при исследовании интрузивных комплексов ряда районов Советского Союза (Забайкалье, Дальний Восток). С другой стороны, увеличение мощности и консолидации земной коры создает возможность большей амплитуды перемещения гранитных расплавов, их дифференциации и становления в осадочных или слабо метаморфизованных породах, обогащенных щелочами, водой, рудными компонентами, что может приводить к концентрации последних в экзоконтактовых частях интрузивных тел. Возможность мобилизации и переотложения некоторых элементов из вмещающих пород под влиянием гранитных интрузий на примере рудного свинца продемонстрирована А. И. Тугариновым. В зависимости от глубины становления интрузивов концентрация рудных компонентов происходит преимущественно в месторождениях грейзеновой, апогранитной, скарновой или пегматитовой формаций.

3. В позднем докембреи и неогене при возникновении расколов глубокого заложения появляется возможность проникновения в верхние структурные уровни земной коры дифференциатов подкоровых расплавов, в повышенном количестве содержащих такие элементы, как цирконий, титан, редкие земли, фтор, ниобий, что также является благоприятным фактором для образования повышенных их концентраций.

4. Следствием возросшей дифференциации земной коры в неогене является образование ассоциирующих с комплексами гранитов месторождений и рудопроявлений элементов, кларковое содержание которых в земной коре ничтожно (Sn, As, Hg и др.).

5. Несмотря на более благоприятные предпосылки для концентрации редких и рассеянных элементов в гранитах неогея, известен ряд рудоносных или потенциально рудоносных гранитных комплексов нижнего докембрая (Украина, Балтийский щит), что обуславливает целесообраз-

ность расширения поисков редких элементов, а также полиметаллов, золота, урана и других полезных ископаемых, ассоциирующих с границами, в пределах докембрийских кристаллических щитов и массивов.

O. M. Розен (ВИМС)

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ МЕТАМОРФИЗМЕ И ПАЛИНГЕНЕЗЕ: НЕКОТОРЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ МИГРАЦИИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ

1. Главные составляющие кристаллических комплексов докембия, по оценке Ф. Граута, А. Б. Ронова и других исследователей, — кислые и основные метаморфические породы, находящиеся в соотношении примерно 4 : 1. Поэтому именно эти породы являются наиболее вероятным источником химических элементов для большинства рудных месторождений, возникших во время метаморфизма и палингена.

2. Современное состояние изученности вопроса позволяет заключить, что при общей унаследованности состава пород модель изохимического метаморфизма справедлива в первом приближении для условий нарастающих температуры и давления вплоть до начала гранитизации. Это заключение базируется на изучении главным образом пелитовых серий пород.

3. Исследование метаморфических пород основного состава и их неметаморфизованных аналогов, выполненное в ВИМСе под руководством А. В. Сидоренко, приводит к выводу об определенной базификации при нарастании метаморфизма и о существенно различной направленности процессов изменения состава в рядах кислых и основных пород.

Статистические исследования химизма магматогенных и седиментогенных рядов пород основного состава (от базальтоидов и карбонатных глин через орто- и параамфиболиты до эклогитов, всего более 2000 анализов) показывают одинаковые в обоих рядах тенденции в изменении содержаний элементов. С увеличением метаморфизма породы основного состава накапливают железо и магний и теряют кремний, алюминий и калий. Трехвалентное железо частично восстанавливается. Высокоточные количественные определения, выполненные в лабораториях ВИМСа, ИМГРЭ и ЦНИГРИ, наряду с литературными данными показывают, что для рудных элементов характерны относительно более контрастные изменения. При этом увеличиваются содержания никеля, хрома, кобальта, ванадия, скандия, меди. Уменьшаются содержания лития, рубидия, бария и стронция. Олово и бериллий, по-видимому, в небольшой степени накапливаются, а свинец, молибден, цинк, золото и бор обнаруживают определенные различия в рядах первично-осадочных и первично изверженных пород.

4. Сопоставление выявленных тенденций с теми, которые известны для кислых пород, позволяет выдвинуть предположение о том, что региональный метаморфизм приводит к двум самопроизвольным и взаимодополняющим, т. е. комплементарным, процессам: 1) сброс магматических компонентов кислыми породами (глины, аркозы, липариты и т. п.) и 2) сброс салических компонентов основными породами (некоторые типы глин, базальтоиды). В обычных геологических условиях, когда те и другие переслаиваются, следует ожидать неизбежного обмена компонентами сброса.

В связи с изложенным, в толщах основных пород оказываются весьма вероятными метаморфогенные рудные концентрации перечисленных малых элементов, для которых выявлено увеличение содержаний. С другой стороны, вынос из основных пород редких щелочей и, вероятно, бария и стронция позволяет предполагать обогащение этими элементами зон контактов с вмещающими породами, пегматитов и т. п. Элементы с различным поведением в рядах, по-видимому, могут образовать ценные концентрации в условиях обилия летучих, т. е. в связи с седиментогенным рядом основных пород. Реализация этих условий определяется структурно-тектоническими параметрами и особенностями проявления метаморфизма и наложения различных его типов.

Определяющим моментом в локализации оруденения является то, что породы основного состава на всем протяжении метаморфизма остаются в твердом состоянии, независимо от преобразования вмещающих толщ, теряя при этом летучие компоненты, сокращаясь в объеме (до 30%) и испытывая разнообразные разрывы сплошности пластов (будинаж). Следует, по-видимому, полагать, что рудные концентрации рассмотренного типа могут быть выявлены при целенаправленных исследованиях.

5. Метаморфические породы кислого состава, образующиеся за счет глин, аркозов, липаритов и т. п., в условиях нарастающего регионального метаморфизма концентрируют летучие и подвергаются сначала селективному плавлению, а затем и полному расплавлению, сопровождающему гомогенизацией расплава с образованием гранитных «массивов» или «батолитов». Этот процесс приводит к наибольшим различиям в химическом составе исходных толщ и конечных гранитоидов, однако в целом для крупных горных масс эти различия не превышают 10 вес. %. С учетом истории геологического развития, объемов горных пород и других данных удается показать, что этот процесс вызывает увеличение объема и вынос вместе с водным и углекислым — существенно метаморфогенным — флюидом в кровлю и далее за пределы зоны гранитообразования таких элементов, как железо, магний, а также медь, ванадий, хром, кобальт, никель и бор. В докладе приведены аналитические данные и обсуждаются возможные пути реализации выноса в форме руд.

Данные большого числа исследователей показывают, что в количественном отношении наблюдаемая в виде ореола месторождений часть элементов, вынесенная из гранитоидов, несопоставимо мала по сравнению с теми потенциальными возможностями, которые вытекают из приводимых в докладе расчетных данных и оценок различных авторов.

6. Оба рассмотренных типа процессов — базификация основных пород и гранитизация кислых — обнаруживают существенные различия в характере отщепления, миграции и концентрации рудных элементов, но они одинаково указывают на высокую и пока не достаточно практически изученную рудоносность докембрийских кристаллических комплексов.

*Ю. М. Соколов, Г. Г. Родионов, В. А. Глебовицкий,
М. Е. Салье (ИГГД АН СССР, ВИМС)*

МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕГМАТИОБРАЗСВАНИЯ В ДОКЕМБРИИ

1. Минерагеническая специализация разновозрастных метаморфических комплексов, установленная на основе фациальных серий и фаций регионального метаморфизма, позволяет подойти к разработке минера-

генических моделей рудных и (или) нерудных формаций в геолого-геохронологической истории развития коры континентов. Особенно благоприятными в этом аспекте являются пегматитовые формации, так как для них впервые за последние годы разработан и теоретически обоснован принцип изофациального соответствия геохимического режима пегматитообразующих флюидов геодинамическим и термодинамическим условиям развития метаморфических поясов. В качестве главного фактора пегматитизации здесь выступают $T-P$ -условия регионального метаморфизма и изменение pH флюида, окислительный потенциал и активность кислорода. Если при этом изменение $T-P$ -условий определяет главным образом направленность эвтектической кристаллизации и эпиконтактических срастаний кварца и полевого шпата и их размерность, то остальные факторы контролируют геохимию процессов перекристаллизации и метасоматоза пегматитов и тем самым определяют их минерагеническую специализацию и промышленно-экономическую значимость. Таким образом, минерагеническая модель и смена эпох пегматитообразования от архея до фанерозоя в конечном счете определяются геологическим положением пегматитовых формаций, возникающих в возрастном интервале формирования метаморфического пояса, его термодинамическим режимом и щелочнometальностью генетически и (или) парагенетически связанных с пегматитами зон ультраметаморфизма.

2. Архейский минерагенический мегацикл пегматитизации повсеместно контролируется толщами гранулитов и проявляется в образовании единичных жил или небольших рудных узлов жил керамической (кварц-полевошпатовой) и, самое главное, редкоземельной формации, знаменующей первую минерагеническую эпоху пегматитизации в геологической истории коры континентов. В пределах Восточной Сибири пегматиты этой формации локализуются в Тасеевском (2550 ± 150 млн. лет) и Алданском (2650 ± 100 млн. лет) массивах, Сутамском и Анабарском (3550 ± 500 млн. лет) метаморфических поясах, являющихся зонами древнейшей стабилизации подвижных областей. Те же пегматиты встречаются в фрагментах древних глыб в Джугджуро-Становом, Олекминском, Удоканском, Батомском, Баргузинском, Хамардабанском, Саянском, Бирюсинском, Присаянском, Онотском, Хатанском и Енисейском метаморфических поясах. Изотопный возраст пегматитов в этих поясах обычно омоложен. В метаморфических поясах Балтийского и Украинского щитов и Русской плиты также отмечаются пегматиты редкоземельной формации, тяготеющие к гранулитовым комплексам. Однако в геохимическом аспекте, несмотря на существование в пределах метаморфических поясов гранулитов различной фации глубинности, вопрос изменения щелочнometальности формирующихся в них пегматитов остается открытым. Возможно, намечается эволюционный переход от существенно натровых керамических и редкоземельных пегматитов раннеархейского цикла к существенно калиевым редкоземельным пегматитовым формациям позднеархейского цикла, на что указывает их парагенетическая связь с аляскитовыми гранитами (Алданский и Тасеевский массивы). В то же время следует отметить различные пути геохимической специализации пегматитовых формаций, формирующихся в пределах метаморфических поясов южного полушария. Так, в архейских метаморфических комплексах Южной Африки (Родезия), Западной Австралии и северо-восточной части Бразилии широко распространены не редкоземельные, а натролитиевые пегматиты редкометальной формации ($3500-2400$ млн. лет).

Проявление в позднеархейском цикле регионального метаморфизма в условиях высокотемпературных субфаций фаций альмандиновых

и куммингтонитовых амфиболитов не привело к формированию пегматитовых формаций, образующихся в более позднее время в пегматитовых полях, провинциях и поясах протерозойского возраста. Это объясняется относительной однородностью регионального метаморфизма и незначительным потенциалом флюида в метаморфических комплексах.

3. Ранне- и среднепротерозойский минерагенический мегацикл пегматитизации, протекающий при резком изменении коры в период заложения первичных геосинклинальных систем и, соответственно, в другом геотермическом режиме метаморфизма, резко отличается от предыдущего. Процессы пегматитизации определяются $P-T$ -условиями формирования зональных метаморфических комплексов, в которых пегматиты являются высокотемпературными компонентами метаморфических ассоциаций и парагенетически связанных с ними зон ультраметаморфизма. В геохимическом аспекте ведущую роль приобретает режим давления фациальных серий, специализирующихся при андалузит-силлиманитовом типе — на редкометальные, при дистен-силлиманитовом — на мусковитоносные, при промежуточном типе — на мусковито-редкометальные пегматитовые формации (пегматитовые пояса и поля Балтийского щита, складчатого обрамления Сибирской платформы и др.). Весьма существенное значение для процессов пегматитизации имеет еще большая дифференциация термодинамического режима становления средне- и позднепротерозойских парных метаморфических поясов, резко дифференцированных по минерагенической специализации (южное складчатое обрамление Сибирской платформы и Алданского щита, Балтийский и Украинский щиты).

Другой отличительной чертой конца раннедокембрийского — начала позднедокембрийского цикла пегматитообразования является глобальное становление полиметаморфических комплексов и связанных с ними зон тектоно-метаморфической активизации (Беломорско-Лапландский, Свекофенский, Восточно-Саянский, Становой пояса). При этом происходит формирование телескопированных пегматитовых провинций и (или) полей, связанных с резким изменением $P-T$ -условий регионального метаморфизма от режима дистен-силлиманитовой фациальной серии до андалузит-силлиманитовой или наоборот и, соответственно, с наложением одной минерализации пегматитов на другую (Кольско-Норвежская зона, Таймырская провинция, пегматитовые поля Индии). В изотопном летосчислении наиболее точно эпоха пегматитизации, связанная с этапом тектоно-метаморфической активизации, установлена для Беломорской мусковитовой провинции и соответствует интервалу 1600—1700 млн. лет. Для разнообразных в минерагеническом отношении пегматитовых полей и провинций складчатого обрамления Сибирской платформы и Алданского щита возрастные пределы тектоно-метаморфической активизации и соответственно пегматитизации исследованы недостаточно.

4. Процессы пегматитообразования позднепротерозойского цикла (Мугоджары, Урал) характеризуются теми же чертами, что и метаморфические пояса среднего протерозоя. В фанерозойских метаморфических поясах, несмотря на формирование зональных метаморфических комплексов, существенную роль в пегматитообразовании приобретают родоначальные для пегматитов интрузивные массивы, в которых происходит формирование магматогенных камерных хрусталеносных и редкометальных пегматитов небольшой фации глубинности (пегматитовые провинции Казахстана, Средней Азии и др.).

B. V. Жданов (ВСЕГЕИ)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ МЕТАМОРФО- МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДОКЕМБРИИ

1. В позднем архее и раннем протерозое докембрия устанавливается максимальное проявление процесса формирования гранитного слоя земной коры. Доминирующим породообразующим процессом этого периода является гранитизация. Благодаря высокой геодинамике раннего докембия, гранитизация сопровождается перемещением больших масс вещества.

2. Комплементарным гранитизации является процесс базификации, продукты которого менее устойчивы (равновесны) в гранитном слое земной коры. Поэтому гранитизация по сравнению с базификацией проявлена значительно шире. Продукты базификации обычно приурочены к локальным, преимущественно линейным зонам аномально высоких динамических напряжений.

3. При металлогеническом анализе рассматривается поведение электроположительных элементов — металлов. В процессе гранитизации петрогенными являются щелочные, а в процессе базификации — щелочно-земельные металлы со строением электронной оболочки s-типа. Рудогенные элементы относятся преимущественно к переходной группе элементов с d-типом электронной оболочки. В процессе гранитизации устанавливается рассеивание и вынос рудных элементов, а при базификации — привнос и концентрация их. Поэтому зоны базификации следует рассматривать как рудогенерирующие структуры.

4. Типичными примерами базификации являются зоны амфиболизации и регионального скарнирования, с которыми связаны повышенные концентрации железа, титана, вольфрама и других рудных элементов. К продуктам базификации следует также отнести зоны аномальной концентрации глинозема, где алюминий представлен электроположительным элементом, что не характерно для образований гранитного слоя земной коры.

Концентрация того или иного рудного элемента в зоне базификации зависит от температуры, давления и окислительно-восстановительного потенциала среды.

5. Анализ распределения рудных концентраций во времени необходимо проводить с учетом последовательности появления определенных элементов в породных ассоциациях гранитного слоя земной коры.

D. A. Михайлов (ИГГД АН СССР)

МЕТАМОРФОГЕННО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЕ РУДООБРАЗОВАНИЕ В ДОКЕМБРИИ

1. В докембрейских регионах широко развиты месторождения различных полезных ископаемых, связанные с комплексом метасоматитов, образованных в результате взаимодействия водных растворов с породами субстрата. Такими метасоматитами, в частности, являются магнезиальные скарны, слагающие в ряде регионов (Алдан, Прибайкалье, Юго-Западный Памир, Корея, Канада, Мадагаскар и др.) месторождения флогопита, магнетита, апатита, содержащие боровую, сульфидную, редкоземельную и акцессорную минерализацию, а также метасоматические кварциты, в которых локализованы полиметаллические сульфидные руды (Ладожско-Ботнический рудный пояс) или магнетит (тараташский и уфалейский комплексы на Урале). Образование этих рудоносных по-

род связывалось ранее либо с магматической деятельностью (скарны), либо с особенностями осадконакопления (кварциты). Наши исследования показали генетическую связь и скарнов и кварцитов с процессами регионального метаморфизма, характер проявления которого в различных по составу породах отразился на типе метасоматитов (скарны или (и) кварциты), а состав руд определялся особенностями состава метаморфической толщи.

2. Скарны развиты в тех областях древнего глубоко метаморфизованного докембрия, которые испытали в более поздние эпохи диафторез амфиболитовой фации, регressiveная стадия которого в участках залегания доломитовых мраморов выразилась в образовании метасоматитов, состоящих преимущественно из диопсидовых пород и залегающих в виде пластовых тел и секущих жил, несущих то или иное оруденение. Доломитовые мраморы являлись источником магния и кальция, которые насыщали богатые углекислым газом растворы. Магний-кальциевые растворы, циркулируя в период диафтореза в древних толщах и проникая затем по системам трещин в окружающие алюмосиликатные породы (кристаллические сланцы, гнейсы, граниты), производили в них метасоматические преобразования.

3. Структурная перестройка субстрата во время диафтореза с образованием узких изоклинальных складок и зон разрывов способствовала циркуляции магний-кальциевых растворов на значительные расстояния от мраморов, и поэтому в участках повышенной трещиноватости происходило интенсивное метасоматическое преобразование различных алюмосиликатных пород. Разный характер проявления диафтореза (локальный или площадной) приводил к формированию в разных частях одного и того же региона метасоматитов различного масштаба и состава. Определяющее влияние на состав метасоматитов (особенно на рудную минерализацию) оказывал также состав субстрата, из которого выносились такие элементы, как железо, фосфор, бор, молибден, медь и др., и переоткладывались в телах метасоматитов в виде различных руд (магнетит, апатит, людвигит, молибденит, пирит, халькопирит, сфен, циркон, ортит и др.).

4. Магнезиальные скарны формировались в две стадии: щелочную и кислотную, причем образовавшиеся метасоматиты имели большую пористость, чем вмещающие их породы, что приводило не только к кристаллизации в тыловых частях метасоматических зон крупнозернистых и гигантокристаллических разновидностей, но и к контракции метасоматитов и формированию секущих жил. В щелочную стадию формировалась метасоматическая колонка, состоящая из последовательно образованных диопсид-полевошпатовой, диопсид-скаполитовой, диопсид-шпинелевой, диопсид-амфиболовой и диопсид-флогопитовой зон. В метасоматитах значительной мощности, замещающих породы, богатые калием и глиноземом, образовывались промышленные залежи крупнопластинчатого флогопита. Кислотная стадия в метасомагитах выражалась в кристаллизации кальцита, магнетита, сульфидов и других минералов, которые накладывались на метасоматическую колонку.

5. К зонам вторичной активизации древнего докембрия кроме магнезиальных скарнов часто приурочены месторождения гидротермальных сульфидных полиметаллических и магнетитовых руд, локализованных в кварцитах. Все эти месторождения, образуя рудные пояса, располагаются либо в зонах сочленения древних массивов и глыб с окружающими их более молодыми складчатыми комплексами, либо по всей площади выходов древних толщ, но в участках более интенсивной структурной и метаморфической переработки. Неравномерное проявление наложенных складчатых и разрывных дислокаций предопределило не

только различную степень диафторических преобразований глубоко метаморфизованных толщ, но и сложный характер складчатых дислокаций с образованием локальных структурных зон, наиболее проницаемых для растворов, произошедших вокруг них метасоматические преобразования. Такие кварциты во всех регионах залегают только в ассоциации с породами основного состава (дуниты, пироксениты, пачки пироксеновых амфиболитов и др.). С этими породами устанавливается генетическая связь рудоносных кварцитов, которые возникали на их месте в результате процессов кислотного выщелачивания и выноса оснований (магния). Источником рудных компонентов были окружающие метаморфические породы, а метасоматические кварциты, как наиболее пористые породы, являлись структурными и геохимическими ловушками для рудных минералов.

6. Роль повторного регионального метаморфизма и дислокаций в образовании рудных метасоматитов определялась не только возможностью циркуляции водных растворов по определенным структурным зонам в глубоко метаморфизованных породах, но и высоким давлением углекислоты, которая насыщала растворы. В регressiveную стадию метаморфизма углекислые растворы, будучи наиболее сильными реагентами, производили кислотное выщелачивание оснований из различных пород (доломитовые мраморы, дуниты, пироксениты, амфиболиты и др.). Поэтому в развитии рудного метасоматоза как при скарнообразовании, так и при окварцевании большую роль играли карбонаты, являвшиеся источником углекислоты.

7. Во всех регионах временная и пространственная связь отмеченных метасоматитов с более поздними метаморфическими и структурными преобразованиями древних гранулитовых толщ докембрия показывает ведущую роль процессов диафтореза в формировании различных гидротермальных месторождений. Возможным источником растворов, производивших диафторез метаморфических толщ и локальный метасоматоз в его регressiveную стадию, являлись более молодые осадочные толщи, испытывавшие в этот период прогressiveный метаморфизм. Таким образом, локализация рудных метасоматитов определялась метаморфическими структурными и литологическими факторами. На этом основании отмеченные месторождения полезных ископаемых, локализованные в скарнах или кварцитах, должны относиться к классу метаморфогенных. Нередко отмечается пространственное совмещение скарнов и метасоматических кварцитов.

Г. М. Беляев, В. А. Рудник (ВСЕГЕИ)

О КОМПЛЕМЕНТАРНОСТИ РУДНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ ДОКЕМБРИЯ И ИХ СВЯЗИ С ПРОЦЕССАМИ УЛЬТРАМЕТАМОРФИЗМА (НА ПРИМЕРЕ АЛДАНСКОГО ЩИТА)

1. Комплémentарность — главное свойство ультраметаморфогенных и метасоматических, в том числе рудно-метасоматических, формаций докембра, заключающееся в зависимости их формирования от развития более высокотемпературных и (или) глубинных метасоматических и (или) палингенно-метасоматических процессов. Комплémentарностью ультраметаморфогенных и метасоматических формаций объясняется мобилизация рудного вещества в одних зонах ультраметаморфизма и метасоматизма и его отложение (концентрации) в других, как правило, менее глубинных и (или) более низкотемпературных зонах метасоматизма.

2. В докембрии Алданского щита выделяются две минерагенические эпохи, характеризующиеся связью метасоматического породо- и рудообразования с процессами ультраметаморфизма. Архейская минерагеническая эпоха охватывает период прогеосинклинально-складчатого развития региона в интервале 3300—2500 млн. лет и представлена четырьмя метасоматическими формациями, последовательно сменяющими друг друга во времени: а) формация магнезиальных метасоматитов в связи с раннеархейским предынверсионным комплексом офиолитов (метасоматические оливиниты, гранулитовые эклогиты с титаномагнетитом); б) предраннеинверсионная формация магнезиально-железистых метасоматитов в связи с раннеархейским предраннеинверсионным комплексом палингенно-анатектических чарнокитов (эндербитов) первого этапа ультраметаморфизма (метасоматические гиперстениты, гранатиты, сапфиринсодержащие породы с титаномагнетитом); в) формация магнезиально-железо-кальциевых метасоматитов в связи с позднеархейским сининверсионным комплексом палингенно-метасоматических гнейсо-гранитов второго этапа ультраметаморфизма (метасоматические диопсидовые, диопсид-шпинелевые и диопсид-магнетитовые породы); г) формация кварц-плагиоклаз-ортоклазовых метасоматитов безгрессуляровой ступени глубинности в связи с позднеархейским постинверсионным комплексом интрузивно-анатектических аляскитовых гранитов второго этапа ультраметаморфизма (метасоматические пегматоиды с редкоземельной минерализацией, сложный комплекс флогопитоносных метасоматических пород).

Протерозойская минерагеническая эпоха охватывает период двукратной тектоно-магматической активизации древнего складчатого основания в интервале 2500—1700 млн. лет и представлена: а) формацией кварц-плагиоклаз-ортоклазовых метасоматитов грессуляровой ступени глубинности в связи с раннепротерозойским комплексом интрузивно-реоморфических гранитов и гранодиоритов первого этапа тектоно-магматической активизации (метасоматические пегматоиды с редкоземельной минерализацией, сложный комплекс куммингтонит- и волластонит- содержащих метасоматических пород); б) формацией кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов в связи со среднепротерозойским комплексом интрузивно-реоморфических двуслюдяных гранитов второго этапа тектоно-магматической активизации (метасоматические пегматоиды с редкометальной и боросиликатной минерализацией).

3. Рассматриваемые формации являются производными двух главнейших типов метасоматизма — магнезиально-железо-кальциевого и кремнешелочного, которые комплементарны по отношению друг к другу. Железо-магнезиальный метасоматизм свойствен ранним, железо-магнезиально-кальциевый — средним, а кремнешелочной и связанное с ним магматическое и метасоматическое замещение — как средним и поздним стадиям прогеосинклинально-, протогеосинклинально- и геосинклинально-складчатого этапа развития регионов, так и стадиям их тектоно-магматической активизации. Возрастание роли кремнешелочного метасоматизма отвечало последовательной смене гранитоидов в ряду: палингенно-анатектические → палингено-метасоматические → интрузивно-анатектические, интрузивно-реоморфические → метасоматические.

4. Эволюция метасоматизма от наиболее древних рудно-метасоматических формаций к более молодым заключалась в закономерном изменении термодинамического режима, кислотно-основных свойств минералообразующих растворов и минеральных парагенезисов, входящих в состав метасоматических пород и руд. Каждая последующая формация несет структурно-металлогенические, генетические и геохимические черты предыдущей формации, в связи с чем происходило усложнение бо-

лее молодых минеральных и геохимических парагенезисов по сравнению с более древними. Установленная временная зональность в определенной степени отражает вертикальную зональность комплементарно развивающихся рудно-метасоматических формаций в пределах каждого докембрийского тектономагматического цикла. Рассмотренные рудно-метасоматические формации являются комплементарно-полярными. В силу этого рудно-геохимическая специализация каждой из формаций определялась не только термодинамическими условиями формирования и составом переработанных пород, но и в еще большей степени составом пород, переработанных в процессе образования более глубинных и высокотемпературных рудно-метасоматических и ультраметаморфогенных формаций.

B. I. Казанский, K. B. Прохоров
(ИГЕМ АН СССР)

СТРУКТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ ДОКЕМБРИЯ

1. Ведущую роль в пространственном размещении рудоносных щелочных метасоматитов докембрийского возраста играют крупные разломы в фундаменте древних платформ и щитов. Эти разломы возникли в условиях альмандин-амфиболитовой фации метаморфизма и в дальнейшем многократно подновлялись по мере размыва ультраметаморфических пород фундамента.

2. В зависимости от положения в вертикальной структурной зональности дизъюнктивов докембрийские рудоносные щелочные метасоматиты подразделяются на три группы. Высокотемпературные метасоматиты контролируются глубинными зонами биотит-амфиболовых бластомилонитов, среднетемпературные сопряжены с эпидот-хлоритовыми милонитами, низкотемпературные локализуются в близповерхностных дизъюнктивных нарушениях. Каждой группе присущи определенные типы рудной минерализации и определенные сочетания структурных элементов, благоприятные для локализации рудных залежей.

3. Для высокотемпературных калиевых метасоматитов таковыми являются мощные зоны рассланцевания и перекристаллизации гранитоидных пород в обстановке альмандин-амфиболовой фации и особенно те интервалы этих зон, где развиты биотит-полевошпатовые бластомилониты. Эти бластомилониты определяют положение и рудных тел, и более поздних грейзенов и кварцевых жил.

4. Среднетемпературные натровые метасоматиты приурочены к зонам массового катаклиза и зеленокаменного изменения ультраметаморфических пород и вместе с тем наследуют положение дизъюнктивных структур, существовавших во время региональной гранитизации. Для них наиболее благоприятны зоны инъекционных мигматитов в экзоконтактах крупных гранитоидных массивов, претерпевшие повторные деформации в условиях больших и средних глубин.

5. Выяснение закономерностей пространственного размещения оруденения в крупных разломах кристаллического фундамента порождает серию вопросов методического характера. Существенную помощь в этом отношении оказывают расшифровка магматических и метаморфических процессов, предшествовавших рудоотложению, выявление древнейших структурных элементов разломов и их геометрический анализ, исследования физико-механических свойств вмещающих пород и метасоматитов.

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ И ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА АРХЕЙСКИХ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ

1. Зеленокаменные пояса, известные в пределах многих архейских щитов, представляют собой специфические тектонические элементы фундамента древних платформ. Характерной металлогенической особенностью этих поясов, привлекающей внимание геологов, является четкая региональная приуроченность к ним многочисленных и нередко весьма крупных месторождений золота, меди, цинка, железа, марганца, а также хрома и никеля.

2. Рудные формации, пространственно и генетически связанные с вулканогенно-осадочными и интрузивными комплексами зеленокаменных поясов, образуют металлогеническую ассоциацию, характерную для офиолитовых комплексов начальных (океанических) этапов развития геосинклиналей.

Типичными составными элементами этой ассоциации являются: тела гипербазитов, содержащие хромитовую минерализацию; интрузии габброидов, вмещающие медно-никелевое оруденение; пластовые и жильные тела золоторудных и медно-полиметаллических (колчеданных) месторождений в толщах основных метавулканитов; залежи железистых кварцитов и марганцевоносных пород (гондитов), также связанных с метавулканитами. Подавляющая масса рудных концентраций приурочена к вулканогенно-осадочным толщам, метаморфизованным в условиях зеленосланцевой и амфиболитовой фаций, или к дометаморфическим магматическим телам, что позволяет рассматривать их как прометаморфические или, частично, реометаморфические месторождения.

3. Характерной особенностью пространственной локализации зеленокаменных поясов является их линейно-вытянутая линзовидная, иногда ветвящаяся (в плане) форма и расположение в виде серий субпараллельных или ортогонально сопряженных зон. Все они локализуются в пределах обширных пространств древних щитов, сложенных в основном гетерогенными комплексами более древних архейских метаморфических комплексов, неоднократно гранитизированных. При этом интрузии рудоносных базитов и гипербазитов нередко локализуются не только в пределах собственно зеленокаменных поясов, где они образуют линзовидные субсогласные тела, типичные для офиолитовых комплексов, но и вне поясов, залегая в более древних комплексах «рамы» и формируя штокообразные интрузивные массивы.

4. Зеленокаменные пояса представляют собой сложные сжатые синклиниорные структуры или оборванные крутопадающие моноклинальные «чешуи». Несмотря на сходство формационного состава и цикличности строения вулканогенно-осадочных толщ этих структур, в некоторых случаях удается показать известную независимость развития и симметрично-зональное строение каждого отдельного пояса. В частности, такая картина была установлена для позднеархейских дарварских зеленокаменных поясов южной части Индийской платформы путем анализа фациальных изменений конгломератов. Это позволяет предположить, что зеленокаменные пояса не являются глубоко эродированными «корнями» некогда единой толщи осадков бассейна эвгеосинклинального типа, а представляют собой комплексы, сформировавшиеся в изолированных шовных троговых прогибах, образовывавших сложные системы субпараллельных и ортогонально сопряженных зон вулканизма и седиментации.

5. В современных тектонических концепциях стратиграфическая последовательность, характерная для зеленокаменных поясов и состоящая из ультраосновных пород, габброидов, базальтоидов, андезито-дацито-риолитов и осадочных пород (кремнистых, железистых, обломочных и глинистых), считается аналогом разрезов океанической коры. В ряде случаев анализ петрохимических характеристик пород архейских зеленокаменных поясов показывает разительное сходство их с породами мезокайнозойских разрезов океанической коры. На этом основании зеленокаменные пояса часто рассматриваются как типичные эвгеосинклинальные (офиолитовые) зоны, в пределах которых вскрываются выходы океанической коры, зажатые между сблизившимися континентальными блоками.

6. Представляется, однако, что такая трактовка тектонической природы зеленокаменных поясов плохо увязывается с имеющимися фактами. Можно наметить целый ряд признаков, отличающих троговые прогибы зеленокаменных поясов от собственно-геосинклинальных областей. Геосинклинальные области или, во всяком случае, эвгеосинклинальные зоны, являющиеся их обязательным составным элементом, возникают на океанической коре. Они проходят два главных этапа развития (с собственно-геосинклинальный и орогенный), в связи с чем в их пределах широким распространением пользуются молассовые толщи, гранитоиды и вулканиты орогенного этапа; для них характерны достаточно полные металлогенические циклы, включающие месторождения ранних, средних и поздних этапов. В составе геосинклинальных областей присутствуют сопряженные с эвгеосинклиналями краевые системы, включающие миогеосинклинали или терригенные геосинклинали. Для троговых прогибов зеленокаменных поясов достаточно твердо установлено, что они возникали в областях развития континентальной коры. Подавляющее большинство зеленокаменных поясов прошло лишь первый (начальный) этап развития, в связи с чем в их пределах практически отсутствуют как геологические образования орогенного этапа, так и рудные месторождения средних и поздних этапов (т. е. для них характерны специфические редуцированные металлогенические циклы). Троговые прогибы архейских зеленокаменных поясов не обрамляются внешними системами миогеосинклиналей или терригенных прогибов.

7. Анализ особенностей строения и металлогенеза зеленокаменных поясов приводит к выводу о специфической тектонической природе офиолитовых зон древних платформ и невозможности их отнесения к классу собственно геосинклинальных областей.

Формирование и развитие геосинклинальных областей определяется, как известно, существованием тектонически активных зон (эвгеосинклиналей), являвшихся каналами поступления (тектоноферами) энергии и вещества из глубин Земли и превращавшихся позднее в наклонные сейсмофокальные зоны (зоны Беньофа), определявшие магматизм и металлогению второго (орогенного) этапа развития. Возникновение шовных прогибов зеленокаменных поясов происходит в связи с возникновением глубинных расколов (сдвигового типа) в блоках континентальной коры, тектонически не активных и не перерождавшихся в зоны Беньофа в эпохи сжатия.

Шовные структуры ограничений зеленокаменных поясов, несомненно, обеспечивали выход на поверхность глубинных магм и возникновение соответствующей (офиолитового типа) обстановки осадконакопления, вулканизма и рудогенеза в троговых прогибах, однако они были тектонически пассивны, т. е. не обеспечивали поступления энергии, необходимой для развития полного геосинклинального процесса и реализации всех этапов его развития. Вероятно, это связано со спецификой

тектонической природы троговых прогибов, возникавших в зонах «вынужденного» подъема мантийного вещества под влиянием горизонтальных напряжений, вызывавших сдвиговые деформации в блоках с относительно маломощным архейским гранито-гнейсовым фундаментом и формирование зон высокой магматической проницаемости. Формирование сопряженных троговых бассейнов седиментации, развитие процессов вулканизма и становления интрузивных тел в относительно спокойной (пассивной) тектонической обстановке, очевидно, обеспечивали здесь возможность лучшей дифференциации вещества, в том числе и рудного, по сравнению с эвгесинклиналями активного типа развития. Таким образом можно объяснить особенности металлогенеза и богатство рудными месторождениями архейских зеленокаменных поясов.

Н. В. Горлов (ИГГД АН СССР)

О ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ИСХОДНОЙ УСТАНОВКЕ К МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИМ ПОСТРОЕНИЯМ В АРХЕЙСКИХ ГРАНИТ-ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ОБЛАСТЯХ

1. Определение тектонической принадлежности архейских гранит-зеленокаменных областей составляет весьма актуальную задачу геологии раннего докембрия по той причине, что эти области являются древнейшими в материковой коре металлогеническими провинциями, составляющими высокий удельный вес в мировой экономике.

2. Гранит-зеленокаменные области отличаются овальными или окружными очертаниями, измеряются 300—800 км в поперечнике, окаймлены и отделены друг от друга поясами высоко метаморфизованных (амфиболитовая и гранулитовая фации регионального метаморфизма) супракrustальных пород от архейского до позднепротерозойского возраста.

3. Внутреннее строение рассматриваемых областей представляет сочетание гранито-гнейсовых куполов и межкупольных синклиналей (зеленокаменных поясов), сложенных вулканитами и осадками, метаморфизованными в низких ступенях регионального метаморфизма (фация зеленых сланцев).

4. Существует мнение, что образование гранито-гнейсовых куполов обусловлено процессами интрузивного и метасоматического замещения гранитами комплекса древнейших вулканитов и осадков. Зеленокаменные пояса в такой трактовке представляются реликтами этих древнейших комплексов, смятых в межкупольные синклинали в результате гранитного диапризма.

5. В противовес этим представлениям, анализ современных данных по геологии, геохронологии и глубинному строению гранит-зеленокаменных областей приводит к заключению, что гранито-гнейсовые купола являются глыбовыми структурами (штамповыми складками) и наблюдаются в зоне соприкосновения древнейших структурных этажей материковой коры, из которых нижний повсюду представлен гранитоидами (собственно гранитный слой), верхний — слоистыми метавулканитами и метаосадками.

6. Высокий метаморфизм и интенсивная складчатость в поясах архейских супракrustальных пород, окаймляющих гранит-зеленокаменные области, указывают на принадлежность этих поясов к древнейшим мобильным зонам материковой коры.

7. Слабый метаморфизм одновозрастных с породами окаймления вулканитов и осадков межкупольных синклиналей свидетельствует об относительной устойчивости гранит-зеленокаменных областей в эпоху формирования зеленокаменных поясов и связанных с их развитием ру-

допроявлений. На этом основании архейские гранит-зеленокаменные области должны рассматриваться как древнейшие стабильные ядра материковой коры.

8. В связи с тем что вещественный состав архейских зеленокаменных поясов, их складчатая и дизъюнктивная тектоника, а также рудносность определены условиями возникновения и развития разломов гранитного фундамента, формирование гранит-зеленокаменных областей в известной мере сопоставимо с явлениями активизации фанерозойских стабильных областей. Подобная аналогия должна учитываться в металлогенических построениях.

И. И. Абрамович, И. Г. Клушин (ВСЕГЕИ)

О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ РАЗЛИЧНОСТИ АРХЕЙСКИХ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ

1. Авторами проведен сравнительный анализ сопряженных изменений химического состава архейских базальтоидов и параметров строения соответствующих участков земной коры. Петрохимические данные (916 анализов) заимствованы из многочисленных литературных источников, за исключением анализов пород михайловской свиты Воронежского кристаллического массива и паандовской свиты Беломорья, любезно предоставленных авторам В. Л. Бочаровым, Н. М. Чернышевым и Ю. Б. Богдановым. Сведения о мощности коры и средней скорости распространения продольных сейсмических волн получены в результате обобщения результатов многочисленных геофизических исследований.

2. Статистическая обработка цифрового материала показала следующее. Наиболее низкие концентрации калия (0,2—0,3%) и крайне слабая окисленность железа (15—20%) свойственны породам Австралийского и Трансваальского щитов. Этой же особенностью, хотя и не столь четко выраженной, характеризуются Родезийский и Канадский щиты (за исключением области Нью-Квебек). Для всей этой группы типично также пониженное содержание железа и повышенное — алюминия. Вместе с тем эта же группа щитов отличается умеренной мощностью земной коры (~ 36 км) при сравнительно небольших пределах ее колебания и относительно невысокой скоростью продольных сейсмических волн (6,2—6,3 км/сек).

В отличие от пород указанной группы, вулканиты в пределах европейских щитов содержат в среднем почти в два раза больше калия и заметно меньше алюминия. Они отличаются также повышенной железистостью при менее резком преобладании закисного железа над окисным. В соответствующих блоках этих щитов мощность коры значительно выше, так же как выше дисперсия значений мощности. Что касается Индостанского щита, то он по всем названным показателям занимает некоторое промежуточное положение между двумя выделенными группами щитов, хотя из-за его слабой геолого-геофизической изученности этот вывод следует принимать условно.

3. Повышенную концентрацию калия и окисленность железа в базальтоидах европейских щитов можно было бы объяснить влиянием процессов гранитизации и метаморфизма, неоднократно и интенсивно проявлявшихся в течение позднего архея и раннего протерозоя. Однако этому противоречит сопряженное изменение железистости и глиноземистости пород. Остается допустить поэтому существование геологической специфики щитов уже в период излияния базальтов. При этом, конечно,

сохраняется возможность объяснить особенности состава вулканических пород и интенсивность связанного с ним оруденения исходной латеральной неоднородностью верхней мантии. Непроверяемость этой гипотезы заставила авторов предложить иное объяснение всей совокупности наблюдавшихся фактов.

4. Возможно, что синхронные образования щитов Европы, с одной стороны, и Северной Америки, Африки и Австралии — с другой, отвечают разным «стадиям зрелости» регионов. Излияния базальтов на европейских щитах предшествовала более длительная геологическая история, более интенсивная дифференциация мантийного вещества, нежели на щитах второй группы. С этим предположением хорошо увязывается и большая мощность земной коры на щитах первой группы, и более «примитивный» состав базальтоидов на щитах второй группы, и постоянное присутствие в разрезах вулканических толщ Канады, Южной Африки и Австралии своеобразных коматитов, не без основания отождествляемых с протовеществом верхней мантии. В сопоставляемых разрезах вулканических толщ европейских щитов подобные образования не установлены.

Таким образом, возможно, что высокий рудный потенциал зелено-каменных поясов Канады и их африканских и австралийских эквивалентов определяется соответствием этих образований наиболее ранним стадиям дифференциации верхней мантии и их весьма умеренным последующим метаморфизмом. Не исключено, что подобные структурно-вещественные комплексы формировались в раннем архее и в пределах европейских щитов, однако ни первоначальный облик пород, ни сопутствующее оруденение в полной мере не сохранились в результате последующих интенсивных метаморфических преобразований. Что касается стратиграфических аналогов киватинских лав, то, как видим, на европейских щитах они представлены породами, отвечающими более высокой ступени эволюции мантийного вещества, на которой, возможно, не сохранились условия, благоприятные для рудообразования.

5. Надежды на обнаружение богатого оруденения в пределах европейских щитов, с учетом изложенного, резонно связывать с выявлением таких структурных блоков в их пределах, геологическая история которых наиболее полно соответствует истории сопоставимых блоков Канадского и ему подобных щитов. Индикатором таких блоков могут служить характерные сопряженные изменения геофизических параметров коры и состава вулканогенных пород.

Д. И. Горжеvский, Г. В. Ручкин (ЦНИГРИ)

ЭВОЛЮЦИЯ КОЛЧЕДАННОГО И СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ В ДОКЕМБРИИ

1. Работами В. Е. Хайна, М. В. Муратова, Е. М. Лазько, А. Б. Рено-ва и других исследователей показан необратимый характер развития литосферы и ее внешних оболочек в докембрийский период истории Земли. Эволюции литосферы в докембрии строго подчиняется появление определенных групп колчеданных и свинцово-цинковых месторождений в различные периоды развития Земли.

2. Наиболее древними месторождениями колчеданного класса являются медноколчеданные и колчеданные медно-цинковые месторождения, расположенные среди метаморфизованных пород базальт-андезит-липаратовой формации известково-щелочной серии протогеосинклинальных

поясов, сформировавшихся на коре океанического типа в позднеархейский—раннепротерозойский протогеосинклинальный этап (3,5—1,9 млрд. лет) развития Земли. Колчеданные месторождения этой группы (Маттагами, Норанда, Болиден, Оутокумпу и др.), как правило средние и мелкие по масштабам, имеют высокие содержания цинка (до 8—10%), меди (до 2,5—3%) и низкие содержания свинца (в отдельных месторождениях до 0,8—1,5%); характерной особенностью руд часто являются высокие содержания золота. Абсолютный возраст руд в разных регионах измеряется цифрами от 2,7 до 1,9 млрд. лет и совпадает либо с возрастом вмещающих пород, либо с возрастом эпохи метаморфизма. Изотопный состав серы сульфидов этих месторождений свидетельствует о глубинном, вероятно мантийном, источнике серы для основной массы месторождений, хотя в некоторых из них участвует и биогенная сера. Ассоциация рудных элементов (Cu, Zn, Au) также указывает, что их источником, вероятно, была мантия.

3. Последующий, среднепротерозойский, раннеплатформенный этап (1,9—1,4 млрд. лет), характеризующийся консолидацией геосинклинальных структур, заложенных в раннем протерозое, и превращением океанической коры в материковую, распадается на два подэтапа. Среди образований первого подэтапа (1,9—1,7 млрд. лет) не известны промышленные залежи колчеданных и свинцово-цинковых руд, тогда как в геосинклинальных вулканогенно-осадочных и осадочных толщах второго подэтапа (1,7—1,4 млрд. лет), так же как и в рифейских толщах следующего, позднепротерозойского геосинклинально-платформенного этапа (1,4—0,57 млрд. лет), появляются колчеданно-полиметаллические месторождения (Брокен-Хилл, Маунт-Айза, Холодниковое и др.). Это крупные и уникальные по масштабам рудные объекты с высокими содержаниями свинца (до 8—10%), цинка (до 6—16%) и низкими содержаниями меди (не выше 1—1,5%) и золота. Абсолютный возраст месторождений — от 1,7 до 0,9 млрд. лет — совпадает с возрастом вмещающих пород. Для сульфидов месторождений характерны широкие вариации в изотопном составе серы, присущие сульфидам осадочного цикла. Уменьшение в составе руд роли меди, золота и цинка и увеличение роли свинца также могут указывать на падение значения мантийного источника металлов.

4. В карбонатно-терригенных формациях позднего протерозоя и нижнего палеозоя в краевых структурах Сибирской платформы, Украинского и Балтийского щитов, осложненных серией тектонических нарушений, проявляется свинцово-цинковое, иногда с флюоритом, рудообразование. Это мелкие и средние по масштабам месторождения с суммарным содержанием свинца и цинка до 7%. Аномальный изотопный состав свинца этих месторождений, по-видимому, указывает на его более древний возраст по сравнению с вмещающими породами. Судя по изотопному составу серы сульфидов, сера заимствована из осадочных пород.

5. В карбонатных формациях позднего протерозоя (венда) в чехле древних платформ, а также в краевых миогеосинклинальных прогибах залегают свинцово-цинковые «стратиформные» месторождения, впервые появившиеся на рубеже 0,7—0,85 млрд. лет (Брокен-Хилл, Замбия; Сардана, Восточная Якутия). Это крупные по масштабам месторождения с содержаниями свинца и цинка, превышающими в отдельных случаях 20%. Возраст промышленных рудных тел чаще более молодой, чем возраст вмещающих толщ, что, вероятно, обусловлено процессом переотложения руд. Однако не возникает сомнений в сингенетичном накоплении по меньшей мере рассеянной свинцово-цинковой минерализации во вмещающих карбонатных толщах.

*В. Г. Кущев, В. Е. Руденко, Ю. Л. Руденка
(Геол. ин-т Бурятского фил. СО АН СССР)*

МЕТАМОРФЕННОЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ ОРУДЕНЕНИЕ И РОЛЬ ДОКЕМБРИЙСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ФАНЕРОЗОЯ

1. Типы рудных месторождений, сформированных в истории Земли, подразделяются на две группы. В одну из них объединяются месторождения, специфичные, характерные для определенных эпох, в другую — возникающие на разных этапах геологического развития от докембрия до наших дней. Образование руд первой группы отражает необратимость геологического развития земной коры, в то время как руды второй группы свидетельствуют об определенной цикличности эволюции.

2. В длительном ходе развития подвижных зон формирование ряда рудных месторождений определяется различными, зачастую разновременно действующими факторами. Вследствие этого многие месторождения обладают «смешанными» признаками, позволяющими классифицировать их, с одной стороны, как вулканогенно-осадочные, а с другой — как гидротермальные, причем связывать гидротермальный процесс с различными источниками. Наиболее ярко эта особенность проявлена на примере так называемых стратиформных месторождений.

3. Стратиформные колчеданно-полиметаллические месторождения локализуются во внутренних частях подвижных зон, т. е. в участках земной коры, отличающихся повышенной проницаемостью. Как правило, месторождения тяготеют к зонам глубинных долгоживущих разломов, подчеркивающих интрузиями и дайковыми телами ультраосновных и основных пород.

4. В пределах месторождений, залегающих в метаморфических толщах докембрия различных регионов, выделяются разновозрастные рудные тела, относящиеся к определенным периодам рудообразования. Эти руды отличаются простым минералогическим составом с резким преобладанием пирита. Изотопный состав серы пирита близок к метеоритному стандарту, что, возможно, свидетельствует о связи формирования ранних руд с проявлениями вулканической деятельности.

5. Руды второго периода рудообразования, как правило, пространственно тесно связаны с ранними рудами, однако могут развиваться и обособленно. Для поздних руд наиболее характерны жилы и линзы, ориентированные по сланцеватости или в соответствии с гектоническими нарушениями во вмещающих породах. В ореолах рудных тел интенсивно проявлены гидротермальные изменения. Взаимоотношения метаморфизованных пород и окорудных метасоматитов свидетельствуют о тесной связи процессов рудообразования с региональным метаморфизмом. Кроме того, фиксируются более поздние гидротермальные изменения, явно накладывающиеся на регионально метаморфизованные породы.

6. Два разновременных периода рудообразования характерны для колчеданных месторождений Алтая и Забайкалья, Карелии и Урала. Отложение основной массы полиметаллов в месторождениях этих районов относится к позднему периоду рудообразования, причем субстратом, из которого экстрагировались полиметаллы, служили, по-видимому, первичные колчеданные руды.

7. По поводу механизма метаморфогенного рудообразования можно полагать, что формирование ряда рудных жил связано с прогрессивной стадией регионального метаморфизма. Так, на месторождении «Холодное» (Северное Прибайкалье) температура гомогенизации кварцево-дистеновых жил, цементирующих тектонические брекчии, составляет

(по данным ЦНИГРИ) 550—650°С, что соответствует степени регионального метаморфизма вмещающих сланцев. Таким образом, зоны тектонических нарушений в период прогрессивного регионального метаморфизма могут рассматриваться как рудообразующие метаморфогенные гидротермальные системы.

Причиной низкотемпературных изменений, накладывающихся на регионально метаморфизованные породы, могут служить процессы ультраметаморфизма, сменяющие во времени явление регионального метаморфизма и развивающиеся в нижних структурных зонах.

8. Образование и развитие земной коры в раннем докембрии, в частности формирование сиалической оболочки, обусловило определенную направленность рудогенеза в позднем докембрии и фанерозое. Так, при повторной переработке гранитизированного и мигматизированного архейского фундамента возникли слюдоносные пегматиты Беломорья и другие аналогичные месторождения. В зонах крупных тектонических нарушений, рассекающих блоки докембрийского основания, проявились процессы щелочного метасоматоза, которые нередко приводили к образованию месторождений некоторых элементов. Формирование многих рудных месторождений фанерозоя (например, вольфрамитовых и золоторудных месторождений Забайкалья, редкометальных гранитоидов этого района) связано с неоднократной метасоматической переработкой и палингенезом пород фундамента.

М. В. Денисова (ВСЕГЕИ)

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ СУЛЬФИДНОГО НИКЕЛЯ В ДОКЕМБРИЙСКИХ ЩИТАХ

1. Древние (докембрийские) щиты (Балтийский, Канадский) являются носителями крупнейших, мирового значения месторождений сульфидного никеля. Основные черты металлогенеза этого важнейшего полезного ископаемого наиболее контрастно выявляются при анализе особенностей проявления концентрированных скоплений богатых руд, при котором генетические черты их оказываются соподчиненными и взаимосвязанными с геологическими факторами (тектоническими движениями, магматизмом, метаморфизмом), контролирующими их возникновение.

2. Проведенный анализ закономерностей размещения крупных месторождений сульфидного никеля свидетельствует о приуроченности их к глубинным разломам в периферических частях докембрийских щитов, являющихся зонами среднепротерозойской тектономагматической активизации. Такими зонами являются: северо-восточная часть Балтийского щита (Карело-Кольская никеленосная провинция), юго-восточная и юго-западные части Канадского щита (никеленосные провинции Онтарио и Манитобы).

3. Указанным мегаструктурам свойственны следующие общие черты:

а) Относительно малая мощность гранитно-метаморфического слоя и одновременное куполовидное поднятие верхних границ «базальтового» слоя и верхней мантии (поверхностей Конрада и Мохоровичча).

б) Контрастные складчато-глыбовые движения активизационной тектоники с обновлением системы древних разломов, проникающих в глубины Земли, вплоть до верхней мантии, и заложение новых, несогласных со структурным планом фундамента.

в) Типичные тектонические формы — системы наложенных мульд и грабенов, соизмеримых с рифтовыми системами, вулкано-тектонические структуры.

г) Сближенность в пространстве и времени внедрения гипабиссальных ультрабазит-базитовых интрузий и вулканитов с образованием сложных комагматических вулкано-интрузивных ассоциаций малых и средних глубин. Наложенным вулкано-интрузивным поясам свойственна преимущественно гомодромная направленность развития.

д) Интенсивность изофациальных метаморфических явлений прогрессивного и регрессивного этапов в породах вмещающих толщ и породах ультраосновных и основных интрузий.

4. Общие черты зон тектоно-магматической активизации древних щитов обусловливают специфические металлогенические особенности проявлений сульфидного никеля, вытекающие из наличия благоприятных предпосылок для образования крупнейших ресурсов богатых руд.

5. Сульфидные медно-никелевые месторождения и рудопроявления представляют собой закономерные члены петрорудных комплексов и являются продуктами определенных этапов их развития.

Рудообразование есть результат сложного взаимодействия двух систем: рудоизвлекающей и рудолокализующей. Направленность рудообразования — следствие направленного развития рудоконтролирующих структур и закономерной смены сжатия и расширения в геодинамических полях напряжений.

6. Сульфидные медно-никелевые месторождения — характерный пример полигенных, полихронных образований со сложными источниками рудообразующих компонентов. В пространственно-временной эволюции рудообразования выделяются два этапа: первый, обусловленный прогрессивным этапом метаморфизма, и второй, определяющийся регрессивным этапом. Им соответствуют первый (метасоматические вкрапленные руды в породах интрузий) и второй (метаморфогенные богатые вкрапленные и связанные с ними массивные и брекчиивидные руды) типы оруденения, различающиеся по своему положению в разрезе месторождений, степени распространения и концентрации рудных компонентов. Интенсивность оруденения обусловливается, с одной стороны, формой и внутренним строением рудовмещающих интрузий, с другой — степенью развития трецинной тектоники, а также физико-механическими свойствами и литологическим составом пород вмещающих толщ.

7. Ведущим в образовании крупных скоплений богатых руд является этап вторичного рудообразования, приводящий к мобилизации и концентрации рассеянного рудного вещества. Этапы в свою очередь подразделяются на стадии рудообразования. В пострудный этап происходит деформация рудовмещающих структур и метаморфизм руд.

8. Для месторождений сульфидного никеля характерна связь с тектоническими элементами и проявлениями метаморфизма различных порядков. При этом данные месторождения обнаруживают столь тесную связь с тектоникой и метаморфизмом на всех стадиях своего формирования, что могут быть выделены в особую группу «тектоногенно-метаморфогенных месторождений».

9. Изложенное свидетельствует о том, что месторождения сульфидного никеля в докембрийских щитах могут служить надежными индикаторами наложенных процессов тектоно-магматической активизации. Найдки новых проявлений сульфидного никеля в некоторых районах развития докембра свидетельствуют о перспективности этих территорий. В дальнейшем целесообразно на основе современных представлений о металлогении сульфидного никеля по-новому оценить возможности докембра в отношении сульфидных медно-никелевых месторождений на всей территории СССР.

О ПОИСКОВЫХ ПРИЗНАКАХ ДОКЕМБРИЙСКОГО СУЛЬФИДНО-НИКЕЛЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ

1. Длительная дискуссия о генезисе сульфидно-никелевого оруденения связана главным образом с вопросом о характере рудного процесса. По одной точке зрения, он имеет магматическую природу, а по другой, сейчас преобладающей,— метаморфогенную или метасоматическую природу. Более обоснованной в приложении к сульфидно-никелевым месторождениям докембрия представляется метасоматическая гипотеза, связывающая возникновение богатых рудных тел с наложением на ультраосновные массивы гидротерм вдоль линейных тектонических зон. Многочисленные исследования баланса элементов, вовлекаемых в этот процесс, показывают, что внутренних ресурсов никеля в гипербазитах вполне достаточно для возникновения наблюдаемых рудных концентраций (часть его даже, по-видимому, рассеивается). С другой стороны, все докембрийские гипербазиты проявляют резко выраженный дефицит серы и это позволяет считать, что рудный процесс, в сущности, представлял собой серный метасоматоз (сульфуризацию), обусловивший мобилизацию никеля, его перенос и концентрацию в виде рудных залежей при встрече растворами соответствующих геохимических барьеров.

2. В связи с этим одной из главных проблем является вопрос об источнике серы докембрийских сульфидно-никелевых месторождений. В большинстве случаев сульфидно-никелевые рудные тела залегают среди метаморфизованных осадочных и вулканогенно-осадочных пород, также испытавших интенсивный серный метасоматоз и превращенных в поля колчеданоносных (пирит-пирротиновых) сланцев. Это послужило основанием для широко распространенного предположения о заимствовании серы сульфидно-никелевых руд из колчеданов вмещающих пород. Однако изотопный состав серы пирит-пирротиновых и сульфидно-никелевых руд, а также часто наблюдаемый взаимоперевод двух типов руд по простирианию позволяют считать, что возникновение обоих типов оруденения произошло одновременно вследствие синхронного воздействия на гипербазиты и вмещающие породы серного метасоматоза, имевшего мощный внешний независимый источник серы.

Единственным известным геологическим процессом, сопровождающимся столь интенсивным привносом серы, является вулканическая и поствулканическая (фумарольная) деятельность, для которой характерны колоссальное количество серы и значительная агрессивность сульфатных растворов.

3. Таким образом, докембрийские сульфидно-никелевые месторождения могут рассматриваться как результат серного метасоматоза, испытанного гипербазитами при наложении на них более молодой вулканической или поствулканической активности фумарольного типа. Выдвигаемое положение находит свое подтверждение при рассмотрении детальных карт рудных районов (Печенгского, Мончегорского, Ветреного Пояса и т. д.): рудопроявления и месторождения приурочены к гипербазитам, тяготеющим к подошве перекрывающих более молодых вулканогенных серий и разломам, оживившимся в период этого этапа вулканической активности.

4. С позиций современных тектонических концепций, рассматривающих зеленокаменные пояса докембрая как древние рифтовые структуры, претерпевшие несколько стадий тектонической и вулканической ак-

тивности, наиболее перспективными являются зоны сочленения разновозрастных формаций. При этом нижний комплекс должен быть существенно вулканогенным. С региональной точки зрения такие зоны соответствуют сверхглубоким пологим разломам, отвечающим границам устойчивых докембрийских плит.

Г. В. Ручкин, В. Д. Конкин, Т. П. Кузнецова,
Н. А. Пирижняк, Н. Е. Сергеева
(ЦНИГРИ, МГУ)

РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ СУЛЬФИДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОЛЧЕДАННОГО КЛАССА

1. Докембрийские колчеданные, медноколчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения приурочены к вулканогенно-осадочным и осадочным комплексам, испытавшим региональный метаморфизм от зеленосланцевой до амфиболитовой фаций. Выяснение роли метаморфизма в формировании этих месторождений представляет важную генетическую и металлогеническую проблему, направленную на установление закономерностей размещения месторождений колчеданного класса в докембрийских толщах.

При характеристике некоторых общих закономерностей метаморфизма сульфидных залежей авторы базируются на своих исследованиях в Карелии и Северном Прибайкалье.

2. В формировании этих месторождений, испытавших глубокие метаморфические преобразования эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций, выделяются дометаморфический и метаморфический этапы. Обстановку дометаморфического этапа образования месторождений характеризуют реликты колломорфных текстур, обнаруженные в рудах ряда месторождений.

На прогрессивной стадии метаморфического этапа происходит перекристаллизация первичных сульфидных агрегатов путем незначительного перераспределения слагающего их вещества без привноса вещества со стороны. В результате перекристаллизации колчеданные руды приобретают вытянутые (директивные) структуры. Ориентированно-зернистые структуры наиболее характерны для пиритовых руд и гораздо реже отмечаются в колчеданно-полиметаллических рудах, что связано со способностью сульфидов свинца и цинка к более полной перекристаллизации по сравнению с пиритом.

Устанавливается отчетливая тенденция к увеличению значений упругих констант (модулей упругости, сдвига и др.) перекристаллизованных пиритовых руд на 10—25% по сравнению с неметаморфизованными. В отличие от первичного, перекристаллизованный пирит характеризуется повышенной микротвердостью, электронной (отрицательной) термо-ЭДС и пониженным содержанием никеля и кобальта. С помощью рентгеновского микроанализатора установлено, что перекристаллизация пирита сопровождается возрастанием в нем дефицита серы.

3. При участии поровых флюидов, выделившихся из вмещающих пород и руд, на прогрессивной стадии регионального метаморфизма возникают высокоминерализованные газовые сульфидно-кремнистые флюиды, генерирующие кварц-сульфидные руды, которые замещают и пересекают перекристаллизованные сульфидные агрегаты. Остаточные растворы, обогащенные обычно кремнекислотой и цинком, выжимаются в полости разрывных нарушений, фиксируясь в прожилках и полосках порфировидных, так называемых «шариковых», руд, характеризующихся присутствием в сульфидном цементе обособлений кварца, имеющих

форму мелких шариков. В зависимости от глубинных условий метаморфизма с кварц-сульфидными рудами ассоциирует либо кианит (Северное Прибайкалье), либо андалузит (Карелия). Температура минералообразования на этой стадии, по данным гомогенизации первичных включений в кварце и сфалерите, достигает 550—650° С. Образование руд на этой стадии сопровождается возникновением зон высокотемпературного кислотного выщелачивания и при определенных условиях сопряженного с ним магниевого метасоматоза. К продуктам метасоматоза относятся кварц-мусковитовые сланцы и метасоматические магнезиальные породы типа шведских скелей.

4. На регрессивной стадии метаморфического этапа образуются прожилково-вкрапленные руды пирит-пирротинового, пирит-халькопирит-пирротинового и пирит-галенит-сфалерит-пирротинового состава в зависимости от первичного состава метаморфизующихся залежей и, вероятно, характерных элементов-примесей во вмещающих породах. Прожилково-вкрапленные руды сопровождаются низкотемпературными изменениями вмещающих пород (хлоритизацией, серicitизацией, эпидотизацией и др.). Термометрические исследования руд показали, что они образуются в интервале 280—400° С. Пирит этих руд обладает промежуточными значениями микротвердости по сравнению с первичным и перекристаллизованным пиритом, отрицательной термо-ЭДС, возрастанием содержаний кобальта, никеля и серы по отношению к перекристаллизованному пириту.

5. Перераспределение сульфидного вещества на прогрессивной стадии метаморфического этапа происходило либо полностью внутри рудных тел, либо с миграцией на первые метры от контактов рудных тел. В то же время на регрессивной стадии наблюдается существенная миграция сульфидного вещества, которая оценивается по меньшей мере в сотни метров. При благоприятных структурных условиях (наличии структурных ловушек, экранирующих горизонтов и др.) может происходить концентрация мобилизованного сульфидного вещества в промышленные метаморфогенные сульфидные залежи. В противном случае этот процесс приводит к рассеиванию вещества первичных сульфидных залежей.

B. K. Головенок (ВСЕГЕИ)

ЖЕЛЕЗИСТЫЕ КВАРЦИТЫ РАННЕГО ДОКЕМБРИЯ И ПРОБЛЕМА ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

1. Проблема генезиса железистых кварцитов раннего докембра до сих пор является предметом оживленных и острых дискуссий, свидетельствуя о том, что многие особенности этих образований изучены пока недостаточно и не могут быть удовлетворительно объяснены существующими гипотезами о происхождении железистых кварцитов. Между тем эта проблема имеет не только научное, но и огромное практическое значение для дальнейшего прогнозирования и ориентации поисковых работ на выявление новых железорудных месторождений рассматриваемого типа.

2. Среди большого разнообразия гипотез о генезисе железистых кварцитов выделяются две группы: различные варианты терригенно-осадочного происхождения, подразумевающие поступление железисто-кремнистого материала из области выветривания на сушу, и гипотезы вулканогенно-осадочные, согласно которым источником железа и кремнезема являются эксгалации из вулканических аппаратов. Несмотря на различное понимание источников вещества, обе группы гипотез исходят

из того, что накопление железа и кремнезема происходило путем осаждения в водных бассейнах на фоне или в периоды затухания нормального терригенно-вулканогенного осадконакопления. Решающим аргументом в пользу этого служит наблюдающееся тонкое чередование железисто-кремнистых слойков между собой и с породами другого, обычно терригенного или вулканогенно-терригенного состава.

3. Наблюдения автора на Кольском полуострове, в Карелии, Кировские и Западном Приазовье, а также анализ обширного фактического материала, опубликованного в геологической литературе, приводят, однако, к выводу, что железистые кварциты раннего докембрия, по крайней мере на Русской платформе, характеризуются рядом некоторых общих особенностей, которые в целом противоречат любому из вариантов первично-осадочного происхождения рассматриваемых образований.

Детальное изучение текстурных особенностей железистых кварцитов и вмещающих их толщ показывает явно наложенный характер распределения железисто-кремнистого (и карбонатного) материала. Тонкое чередование рудных и безрудных слойков в кварцитах представляет собой вторичную полосчатость, которая, как правило, располагается согласно или наследует слоистость вмещающих толщ и создает впечатление взаимного первичного переслаивания пород. Наиболее отчетливо эти взаимоотношения видны в зоне перехода от вмещающих толщ к безрудным или малорудным кварцитам. Внутри крупных тел железистых кварцитов они затушеваны процессами ассилияции и метасоматоза. Такие описывавшиеся в литературе текстуры, как «косая слоистость», «сингенетические брекчии», «следы размыва» и т. д., в действительности имеют тектоническое происхождение или возникли в результате последующего перераспределения кремнистого и рудного материала. Железисто-кремнистый материал с образованием полосчатых текстур накладывается не только на осадочные и осадочно-вулканогенные, но и на прорывающие их интрузивные породы — габброиды, гранитоиды и т. д.

Примечательно, что железистые кварциты повсеместно характеризуются очень напряженной плойчатой складчатостью и приурочены к узким линейным зонам, ограниченным крупными тектоническими разломами. Серия более мелких разломов наблюдается и внутри этих зон. По простиранию одних и тех же зон в ряде случаев устанавливается залегание железистых кварцитов как в разновозрастных осадочно-метаморфических толщах, так и среди интрузивных пород.

4. Многими исследователями давно подмечена приуроченность наиболее крупных и богатых залежей железистых кварцитов к углеродсодержащим (графитистым) толщам. В строении крупных тел железистых кварцитов независимо от их возраста повсеместно наблюдается четкая и однотипная симметричная зональность (по направлению к центру): вмещающие графитсодержащие породы → зоны, резко обогащенные сульфидами → силикатно- и карбонатно-магнетитовые кварциты → магнетитовые кварциты → гематит-магнетитовые и магнетит-гематитовые кварциты. Гематит, образующий самостоятельные или совместно с магнетитом «слойки», всегда приурочен к осевой части наиболее крупных тел железистых кварцитов и почти не встречается в мелких тела. Характерно, что в сторону осевой части тел количество углерода в сланцах резко уменьшается и они приобретают зеленоватый оттенок. Отмеченная зональность также носит явно вторичный характер и трудно объяснима с позиций осадочного происхождения кварцитов.

5. Геохимические особенности железистых кварцитов и вмещающих их толщ обычно рассматриваются совместно. Если же рассмотреть их раздельно, то оказывается, что они весьма различны: для кварцитов они

имеют «эндогенный» характер, для вмещающих толщ — нормальный осадочный или вулканогенно-осадочный. Смешение этих особенностей приводит к тому, что одни и те же месторождения железистых кварцитов (Кривой Рог, КМА) одними исследователями рассматриваются как типично осадочные, другими — как осадочно-вулканогенные.

6. Интересно, что термометрические измерения, в частности декриптизация кварца из железистых кварцитов КМА, показывают изменение температуры кристаллизации кварца от 710°С в осевой части тел до 370°С в краевых зонах (в карбонатно-магнетитовых кварцитах). Жильные новообразования кварца имеют промежуточные значения температур декриптизации (данные В. Н. Гусельникова).

7. Изложенные выше данные приводят к выводу, что образование железистых кварцитов раннего докембра, по-видимому, во многих, если не в большинстве районов их развития, происходило значительно позже образования вмещающих осадочных и осадочно-вулканогенных толщ и было приурочено, скорее всего, ко времени складчатости и метаморфизма этих толщ вдоль зон глубинных разломов. Эти разломы являлись подводящими каналами для кремнисто-железистого материала. Есть основания полагать, что железо поступало во вмещающие толщи в окисной форме, но благодаря наличию в породах восстановителей в виде органического вещества оно восстанавливалось в краевых частях тел до магнетита, а выделяющаяся при этом углекислота связывалась в карбонатах. Эти процессы и приводили к образованию описанной выше зональности крупных тел железистых кварцитов. В осевой их части, где из вмещающих пород весь углерод был уже «выжжен», отлагался гематит.

Н. А. Созинов (ВИМС)

ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКАЯ ЭПОХА НАКОПЛЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ СИДЕРИТОВ

1. Одной из специфических особенностей позднедокембрийской эпохи является широкое развитие процесса сидеритообразования. Осадочные сидеритоносные формации, приуроченные к отложениям позднего докембра, известны во многих районах: на западном склоне Южного Урала, Кокчетавском докембрийском массиве, Енисейском кряже и др.

Широкое развитие сидеритоносных отложений в пределах относительно узкого стратиграфического интервала позволяет выделить специфическую позднедокембрийскую эпоху накопления сидеритов, в течение которой продуцировались значительные геологические запасы железа.

2. В докладе на примере сидеритоносной формации позднего докембра, широко распространенной на больших площадях в пределах Кокчетавского докембрийского массива, показана ведущая роль биогенного фактора в накоплении сидеритов и тонко переслаивающихся с ними углеродисто-кремнисто-глинистых и других сланцев. Биогенная природа сидеритов и кремнистых сланцев обосновывается наличием большого количества в них углеродистого вещества, образовавшегося за счет метаморфизма сапропелитов, а также микрофитолитов, онколитов, катографий и спонголитов.

Электронно-микроскопическое изучение сидеритов свидетельствует о первично-губчатом строении, обусловленном раскристаллизацией геля, образовавшегося при разложении органических остатков.

Накопление сидеритоносных остатков осуществлялось при весьма специфических палеогеографических и геохимических условиях:

а) общая пенепленизация области сноса и спокойный тектонический режим в течение длительного промежутка времени предопределили и незначительный снос разбавляющего терригенного материала. Главную роль играли процессы био- и хемоседиментации, а решающим фактором осаждения и накопления карбонатов железа и кремнезема служила геохимическая среда бассейна, обусловленная обильным накоплением фитопланктона и водорослей;

б) жаркий и умеренно-влажный климат в эпоху накопления осадков способствовал интенсивному химическому разложению пород в области сноса и выносу растворенных продуктов в бассейне седиментации;

в) колебательные (эпейрогенические) движения дна бассейна обусловили накопление ритмично чередующихся слойков карбонатов железа, углеродистых сульфосодержащих кремнисто-глинистых или кремнистых сланцев.

3. По своим фациально-формационным, петрохимическим и геохимическим особенностям сидеритоносные отложения Кокчетавского докембрийского массива представляют собой пример слабо метаморфизованного эквивалента некоторых глубоко метаморфизованных формаций железистых кварцитов раннего и среднего докембра.

В. Н. Мошкин, И. Н. Дагелайская,
Б. Д. Дворкина (ВСЕГЕИ)

МЕТАЛЛОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ГЛАВНЕЙШИХ ДОКЕМБРИЙСКИХ АНОРТОЗИТСОДЕРЖАЩИХ ФОРМАЦИЙ

Анортозитсодержащие формации широко распространены в докембре и являются весьма специфическими образованиями этого этапа геологической истории Земли. Среди них по составу, геолого-структурному положению, формам и строению тел, характеру ассоциирующих пород и т. д. можно выделить пять формаций, с которыми связана интересная в промышленном отношении рудоносность.

1. Формация доорогенных пластообразных и полосчатых метаанортозит-ультрабазитовых тел. Представителями формации являются комплексы Фискенессет в Гренландии, Сакени на Мадагаскаре, Саутрантберг в Южной Африке, Ситтампунди в Индии, метапериодит-анортозитовый комплекс Шотландии и др. В пределах СССР к рассматриваемой формации по геолого-petрологическим характеристикам наиболее близки метаанортозиты (и связанные с ними метаультрабазиты) Сальных и Таудаш тундр, Кандалакши и Колвицкого озера на Балтийском щите, некоторые мелкие анортозитовые тела Сутамской и Кун-Маньенской зон Алдано-Станового щита и т. д.

Формация четко хромитоносная, с ней связан ряд месторождений (в том числе довольно крупных) и проявлений хромититов в Индии, Гренландии и т. п. Хромититы слагают прослои и линзы как среди метаанортозитов, так и среди ультрабазитов.

2. Формация раннеорогенных катазональных анортозитов, представителями которой являются древнеджугджурский комплекс Алдано-Станового щита, анортозиты Анабарского щита, массивные анортозиты адирондакского типа на Канадском щите, типа Анкафотия на Мадагаскаре, типа Егерзунд-Огна в Норвегии, а также анортозитовые комплексы Антарктиды, Восточных Гат в Индии и др.

Описываемая формация четко специализирована на титан и железо. Многочисленные, в том числе очень крупные, ильменитовые, титано-

магнетитовые и реже гематит-ильменитовые месторождения, располагающиеся внутри анортозитовых тел или в зонах их экзоконтактов, известны в Канаде, США, Норвегии, СССР и других районах. Определенный экономический интерес могут представлять проявления фосфора (апатита), связанные с породами формации, а также, возможно, циркония и ванадия.

3. Мезозональная эоплатформенная габбро-анортозитовая формация, представителями которой являются габбро-анортозитовые комплексы Восточно-Европейской платформы (коростеньский на Украине, сувалкинский в Польше, курземский в Прибалтике, салминский, Ахвенисто и Нордингра на Балтийском щите).

Металлогеническая специализация этой формации в общем аналогична таковой для формации катазональных анортозитов.

4. Формация расслоенных анортозит-габбровых интрузий, связанных либо с платформенными этапами развития древних подвижных областей, либо с этапами их активизации. Типичными представителями этой формации являются Чинейский лополит на Сибирской платформе, массивы Цагинский и Главного хребта на Балтийском щите, Фластдё в Норвегии, Мичикамау, Киглапейт, Харп-Лейк и, возможно, Дулут на Канадском щите.

Металлогеническая специализация формации определяется приуроченностью к ее массивам месторождений и проявлений титана, железа, ванадия (ванадийсодержащие титаномагнетиты) и медных и медно-никелевых руд.

5. Кроме вышеуказанных существенно анортозитовых и габбро-анортозитовых формаций, выделяется формация стратиформных базит-ультрабазитовых интрузий, в составе которой хотя и много анортозитов, но они в количественном отношении все же резко подчинены мелано- и мезократовым породам. Наиболее известными представителями этой формации являются Бушвельд в Южной Африке и Стиллуотер в США. В СССР к этой формации можно отнести массивы Лукинда и Луча на Становом хребте, Мончегорский и др. на Балтийском щите.

С породами формации связаны богатейшие месторождения хромитов, ванадий- и титансодержащих магнетитов, а также медно-никелевых руд.

Ю. П. Казанский (ИГиГ СО АН СССР)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫВЕТРИВАНИЯ И БОКСИТООБРАЗОВАНИЯ В ДОКЕМБРИИ

1. Следы выветривания и продукты переотложения установлены на разных стратиграфических уровнях докембра. Обычно они представлены достаточно метаморфизованными образованиями, расшифровка первичного состава которых связана с известными трудностями. Последние обусловлены спецификой физико-химической обстановки, в которой могло происходить формирование почв, кор выветривания и осадков того времени.

2. Полученные в последнее время материалы по составу древних атмосфер являются тем отправным пунктом, который можно использовать для реконструкции условий формирования древних продуктов выветривания и связанных с ними аллитных образований. В истории развития атмосферы докембра на основании изучения газовых включений кремнистых пород намечаются два этапа: архейско-раннепротерозойский и средне-позднепротерозойский. Для первого этапа характерно присутствие в атмосфере углекислого газа, аммиака и азота. Кислород

установлен в небольшом количестве только в образцах, характеризующих верхнюю часть разреза нижнего докембия. Атмосфера второго этапа состояла главным образом из углекислого газа, азота и кислорода, причем количество кислорода могло достигать 20—40% от его содержания в современной атмосфере.

3. Выветривание в архее и раннем протерозое, таким образом, во многом определялось участием в растворах, промывающих продукты выветривания, аммиака, углекислого газа и их производных — карбонатов, карбамидов аммония и мочевины. Присутствие в почвенных растворах этих соединений могло способствовать активному разрушению силикатов, извлечению из них щелочей и щелочных земель. Особенно химически активна мочевина, легко образующая комплексные соединения.

Отсутствие кислорода определяло восстановительную обстановку выветривания. На величину рН влияли присутствующие в растворах аммиак и углекислый газ, количественные отношения между которыми остаются неизвестными. Суммарный эффект, судя по малой подвижности кремния в наименее измененных продуктах выветривания раннепротерозойского возраста, определяется не выше 9. Наблюдаемая иногда более высокая подвижность алюминия может указывать на величины рН менее 5. В этих условиях вероятность формирования таких глинистых минералов, как монтмориллонит, мала. Наиболее благоприятные условия существовали для образования гидрослюды, хлорита, каолинита, окислов алюминия. Широкое распространение мусковита среди измененного глинистого вещества реликтов кор выветривания может объясняться не только условиями метаморфизма, но и первичным присутствием гидрослюды в элювиальных продуктах.

4. Второй этап, охватывающий средний и поздний протерозой, характеризуется присутствием в атмосфере углекислого газа и кислорода. Воды, промывавшие почвы и коры выветривания этого времени, должны были иметь кислый характер и обогащаться карбонат- и бикарбонат-ионами. В этих условиях среди продуктов выветривания могли преобладать гидрослюда, каолинит и окислы алюминия. Реликты таких образований достаточно часто отмечаются среди элювиальных продуктов этого времени. Вместе с тем не исключено, что существовали местные условия, благоприятствующие синтезу в корах выветривания глинистых компонентов с монтмориллонитовой составляющей.

5. Скопления аллитовых образований известны как в элювии, так и в продуктах его переотложения. Заслуживают внимания гипситовые и гипсит-бемитовые тела, связанные с корами выветривания средне- и позднепротерозойского возраста в Восточной Сибири. Существует несколько точек зрения на их происхождение. Наиболее вероятным представляется вынос грунтовыми водами алюминия и отложение его на поверхности вдоль зон выветривания за счет растворения крупных залежей бокситов, залегающих на глубине. Проверка этой гипотезы должна предусматривать бурение на глубине 100—150 м в зонах выходов переотложенных скоплений глинозема.

6. Значительные массы алюминия при выветривании поступали в зону седиментации. В настоящее время они фиксируются в виде стяжений и конкреций диаспора в сланцевых свитах и бедных бокситов в терригенно-карбонатных толщах (Боксонское месторождение). Вместе с тем в разрезах среднего и верхнего протерозоя, а также в толщах, переходящих от докембия к кембрию, выделено несколько уровней кор выветривания, перспективность которых на бокситы проверена еще не достаточно.

М. П. Метелкина, Б. И. Прокопчук,
О. В. Суходольская, Е. В. Францессон
(ЦНИГРИ)

ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ АЛМАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ПРОДУКТИВНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ ДОКЕМБРИЯ

1. Докембрийские алмазоносные провинции располагаются в пределах устойчивых кратонов древних платформ близ крупных выступов глубоко метаморфизованных пород кристаллического фундамента катархейского-нижнепротерозойского возраста. Терригенные алмазоносные формации приурочены к основанию второго структурного этажа этих платформ, к краевым частям древних прогибов, заложенных на ранее консолидированном основании. Они представлены базальными, реже межформационными конгломератами, отложившимися после длительных эпох выветривания и денудации, и несогласно залегают на подстилающих породах. Наиболее благоприятны для аккумуляции алмазов грубообломочные фации прибрежно-морского генезиса, отложения дельт и прибрежных аллювиальных равнин, а также флювиогляциальные разности ледниковых отложений.

2. Алмазоносные конгломераты повсеместно связаны с докембрийскими корами выветривания, реликты которых в результате последующего метаморфизма нередко превращены в кварцево-слюдистые образования типа филлитов. Сами конгломераты в значительной степени представляют собой продукты перемыва и переотложения древних кор выветривания.

3. Для алмазов всех докембрийских провинций характерен комплекс специфических признаков древности, которые следует рассматривать как поисковые критерии. Это — своеобразный морфологический спектр; наличие скрытокристаллических разновидностей алмаза — карбонадо и балласов; зеленая окраска поверхностного слоя кристаллов и присутствие зеленых и бурых пятен пигментации как результат регионального метаморфизма; наличие алмазов, инкрустированных кварцем либо заключенных в оболочку из мелкокристаллического кварца, а также связанных с региональным метаморфизмом и гранитизацией; значительный механический износ; сильное ожелезнение кристаллов по трещинам, вплоть до образования гематитовых оболочек и примазок из окислов марганца; повышенный средний вес и высокая сортность алмазов.

4. В отличие от месторождений фанерозойского возраста, для которых поисковое и прогнозное значение имеют парагенетические спутники — пироп и пикроильменит, древние алмазы в классических алмазоносных провинциях докембрия сопровождаются комплексом минералов метаморфических и в меньшей мере изверженных пород. Среди них наиболее характерны дистен, андалузит, гранат, ставролит, корунд, циркон, рутил и др. В тех же исключительных случаях, когда древним алмазам сопутствуют парагенетические спутники, последние несут признаки древности, выражющиеся в наличии вторичных кубоидов среди пиропов — формы, образующейся в процессе корообразования, деформации решетки и сильного механического износа (с образованием эллипсоидальной или шаровидной формы зерен). Характерным прогнозным минералогическим критерием для докембрийских алмазоносных формаций является присутствие типоморфных для этих провинций минералов группы гамлинита: горсейксита, гойяцита и флоренсита. Генетическими спутниками специфических форм докембрийских алмазов — карбонадо

и балласов — являются такие несвойственные материнским породам алмазов фанерозоя минералы, как кварц, монацит и рутил.

Следует подчеркнуть, что только совокупность указанных признаков может свидетельствовать о перспективах докембрийской алмазоносности того или иного региона.

5. Анализ материалов по алмазоносности Советского Союза в свете перечисленных поисковых критериев позволил выделить в его пределах ряд регионов, перспективных для обнаружения алмазных месторождений докембрийского возраста: северо-восток и юго-запад Сибирской платформы, Урал, Казахстан и отдельные районы Русской платформы.

*Н. Б. Ильгина, Г. П. Воеводова, Л. С. Плотников,
В. Т. Свириденко (ВСЕГЕИ)*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОГО МАССИВА И ЗАПАДА АЛДАНСКОГО ЩИТА

1. Запад Алданского щита и Воронежский массив развивались по единому плану, характерному для стиля тектонической эволюции протоплатформ. На западе Алданского щита обособляется Чарско-Алданская протоплатформа, а на Воронежском массиве — протоплатформа КМА. Становление их проходило в четыре этапа: нуклеарный, протогеосинклинальный, протоплатформенный и тектоно-магматической активизации. Установление протоплатформенного режима в их пределах относится к раннему протерозою (2400—2100 млн. лет). Несмотря на это, каждая из рассматриваемых протоплатформ характеризуется некоторым своеобразием эволюции отдельных структурных элементов, что привело к различию не только в составе геологических формаций, но и в особенностях их металлогенеза.

2. Нуклеарный и протогеосинклинальный этапы на Чарско-Алданской протоплатформе и протоплатформе КМА довольно схожи. На Чарско-Алданской протоплатформе древнейшей является курультино-гонамская серия, которая по ассоциации литологических типов и характеру стратиграфического разреза идентична древнейшим высоко метаморфизованным членам обоянской серии КМА.

Протогеосинклинальные формации представлены соответственно чарской серией и верхними членами обоянской серии. В том и другом случае породы нуклеарного и протогеосинклинального этапов образуют кристаллический фундамент протоплатформ. На протяжении обоих этапов породы кристаллического основания протоплатформ претерпели неоднократную гранитизацию. В течение протогеосинклинального этапа широкое развитие получили малые тела ультраосновных и основных пород габбро-перidotитовой формации.

Со стратифицированными толщами нуклеарного и протогеосинклинального этапов связаны иногда значительные месторождения хемогенной кремнисто-железистой формации архея (пироксен-магнетитовые кварциты чарской серии в хр. Кодар и южных отрогах хр. Удокан, пироксен-магнетитовые породы обоянской серии Курского-Бесединского района, Комаричской и других аномалий КМА). Габбро-перidotитовая формация потенциально перспективна на хром и никель. С гранитоидами, особенно поздних этапов гранитизации, пространственно ассоциируют рудопроявления редких металлов и золота в диафторитах. Наиболее широко диафториты развиты в зоне сочленения Чарско-Алданской протоплатформы со Становой складчатой областью, где они приурочены к Южно-Алданскому и Южно-Тукуингрскому глубинным разломам. С диафторитами этой зоны связана редкоземельная и редко-

метальная минерализация. На Воронежском массиве, в связи со слабой его изученностью, в настоящее время можно только предполагать наличие редкоземельно-редкометальных диафторитов в зоне сочленения протоплатформы КМА и Восточно-Воронежской подвижной области.

3. Индивидуальные черты рассматриваемых протоплатформ начинают проявляться в конце протогеосинклинального этапа со стадии максимального развития процессов гранитизации. На Чарско-Алданской протоплатформе гранитизация имеет ограниченное развитие. Формируются гранито-гнейсовые купола, грибовидные тела малых радиусов и гранитные валы. На протоплатформе КМА в конце протогеосинклинального этапа гранитизация достигла максимального проявления. В результате на КМА образуются крупные блоки-купола, достигающие десятков километров в поперечнике. В обоих случаях к концу протогеосинклинального этапа мощность сиалической земной коры достигла максимума. На следующих этапах нарашивание гранитного слоя уже отсутствовало. По данным геофизических исследований, мощность сиалической коры к этому времени достигла 40—45 км. В результате гранитизации и интенсивного регионального метаморфизма кристаллические образования архея были консолидированы и превращены в жесткие геоструктурные элементы, образовавшие цоколь протоплатформ.

На протоплатформе КМА формирование крупных гранито-гнейсовых блоков-купов сопровождалось заложением и развитием разделяющих их систем долгоживущих разломов, ограничивающих с одной стороны гранито-гнейсовые купола, с другой — серии впадин-грабенов (трогов) тиммискамингского типа. Протяженные (сотни километров) троги северо-западного простирания заполнялись последовательной серией наземных излияний от основного до кислого состава и песчано-глинистых отложений (михайловская серия). С ними также ассоциируют ультраосновные, реже основные интрузии оphiолитовой (?) формации. В. С. Федоровский и А. М. Лейтес рассматривают аналогичные структуры как палеоавлакогены.

Несколько иная картина наблюдается на Чарско-Алданской протоплатформе. Гранито-гнейсовые купола здесь достигают размеров всего в несколько сот квадратных километров. Формирование троговых структур связано с ними не так отчетливо. Да и сами троговые структуры значительно меньше по размерам и ориентированы центростремительно в сторону Кодаро-Удоканского прогиба. По ассоциации геологических формаций троги в обоих районах идентичны. В металлогеническом отношении наибольшего внимания заслуживают ультраосновные и основные интрузии, характеризующиеся повышенным кларком никеля.

4. Глубинные разломы, ограничивающие троговые структуры, определяют и дальнейший стиль тектонического развития на протоплатформенном этапе. На КМА дальнейшее подновление глубинных разломов привело к устойчивому асимметричному прогибанию прибрежных частей гранитизированных блоков. Образовавшиеся прогибы, наложенные на Михайловские троги, заполнялись мощной толщей пород джеспилитовой формации курской серии, с которой связаны крупнейшие месторождения богатых железных руд КМА. В основании курской серии на ранних этапах ее накопления формировались линзовидные тела металлоносных конгломератов, сходные в формационном отношении с известными образованиями Блайнд-Ривера.

На Чарско-Алданской протоплатформе согласно с общим структурным планом развивался крупный изометричный бассейн в зоне

схождения трогов. Устойчивое прогибание его компенсировалось на-
коплением мощной толщи пестроцветной меденосной удоканской серии.
С удоканской серией связано одно из крупнейших стратиформных
сингенетических месторождений меди. Несмотря на все черты разли-
чия, курская и удоканская серии, несомненно, принадлежат к единому
ряду формаций. В то время как курская серия несет признаки повы-
шенных концентраций меди, среди отложений удоканской серии извест-
ны магнетит-маргитовые кварцитоподобные песчаники, весьма сходные
с некоторыми разновидностями железистых пород курской серии.

5. Этап позднепротерозойской тектоно-магматической активизации в равной степени проявился в пределах как той, так и другой прото-
платформы. В обоих случаях образуются вложенные верхнепротеро-
зойские впадины-грабены, наследующие структурный план предшест-
вующего этапа (Верхне-Каларская впадина Чарско-Алданской прото-
платформы, Михайловская, Белгородская и Тим-Ястребовская впади-
ны КМА). На КМА с последними связаны незначительные по масшта-
бам месторождения переотложенных железных руд.

С тектоно-магматической активизацией протоплатформ связаны
и магматические формации: расслоенных габбро-норит-анортозитовых
интрузий, гранитов рапакиви и докембрийских траппов. На Чарско-
Алданской протоплатформе они представлены соответственно чиней-
ским комплексом габбро-норит-анортозитов, кодарским комплексом
рапакивиобразных гранитов и доросским комплексом долеритов; на
КМА — тросянским комплексом габбро-норитов, орловским, атама-
новским и брянским комплексами рапакивиобразных гранитов и ми-
кродолеритами, базальтами и габбро-долеритами глазуновского ком-
плекса.

С габроидами габбро-норит-анортозитовой формации простран-
ственно и генетически связаны титаномагнетитовые и сульфидные мед-
но-никелевые месторождения. Кроме того, породы этой формации име-
ют повышенные содержания кобальта, ванадия, платиноидов. Форма-
ция рапакиви перспективна на олово, редкие металлы, редкие земли
и золото, докембрийские траппы — на черные металлы и сульфидную
медь.

Б. А. Горлицкий (ИГФМ АН УССР)

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ УГЛЕРОДА В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОДАХ ДОКЕМБРИЯ

1. На основании исследований, проведенных главным образом за последние 10—15 лет (А. В. Сидоренко, С. А. Сидоренко, А. Б. Ронов, А. А. Мигдисов, А. Г. Вологдин, Ю. П. Мельник, Ф. Абельсон, Э. С. Баргхорн и др.), можно считать доказанным, что во многих осадочно-метаморфических породах докембрия содержание углерода не уступает содержанию его в последокембрийских породах и что этот углерод имеет биогенную природу. Этот биогенный углерод ($C_{орг}$) в метаморфизованных породах представлен в основном графитом и графитоидами ($C_{граф}$) с примесью углеводородных соединений, именуемых в дальнейшем по ведущим элементам карагенами — $C_{ках}$ (термин Н. Б. Вассоевича). Углеродистая составляющая находится практически во всех метаморфических первично-осадочных породах верхнего архея и протерозоя в концентрациях порядка 0,2—1,0%, а в отдельных разностях содержание $C_{орг}$ составляет десятки процентов. Эти концентрации характеризуют лишь остаточный органический углерод. На стадии

диагенеза, литогенеза и катагенеза происходило «выгорание» органического вещества, уменьшившее его первоначальную концентрацию в исходном докембрийском осадке в несколько раз.

2. Все это позволяет утверждать, что органический углерод в докембре был не менее мощным металлогеническим фактором, чем в молодых отложениях, где тесная корреляционная связь между содержанием в осадках органического углерода и большой группы рудогенных элементов (урана, меди, марганца и др.) твердо установлена. При этом следует подчеркнуть двойственную природу этого фактора. Органическое вещество, с одной стороны, будучи активным восстановителем, определяет общую геохимическую обстановку литогенеза и способствует выпадению из растворов определенных соединений металлов, а с другой — само по себе является активным сорбентом рассеянных рудогенных элементов.

3. Созданная в ИГФМ АН УССР установка для определения малых количеств углерода (точность определения 0,001% при ошибке воспроизводимости 5—10% выявленной концентрации) и разработанная методика позволяют из навесок порядка 0,1—1,0 г определять содержание следующих форм углеродистых соединений: $C_{общ}$, $C_{орг}$ ($C_{карб}$ получаем как разность $C_{общ}$ и $C_{орг}$), а из $C_{орг}$ выделять $C_{граф}$ и $C_{ках}$. К настоящему времени выполнен анализ содержания различных форм углерода примерно в 200 единичных и групповых пробах различных докембрийских метаморфических пород Украинского щита, некоторые результаты приводятся в таблице. Совместное определение в тех же

Название пород	Кол-во групповых проб	$C_{общ}$	$C_{орг}$	$C_{граф}$	$C_{ках}$	$C_{карб}$
Породы криворожской серии:						
Аркозы K_1	2	0,58	0,03	0,02	0,01	0,55
Аспидные сланцы K_2	9	0,57	0,42	0,36	0,06	0,15
Железистые кварциты K_2	8	1,54	0,28	0,07	0,05	1,26
Углистые сланцы K_3	4	8,73	7,67	7,46	0,31	0,93
Биотитовые и гранатово-биотитовые гнейсы K_3	6	0,75	0,45	0,36	0,09	0,3
Карбонатные породы K_3	2	11,30	0,09	0,08	0,01	11,21
Ортосланцы основного и ультраосновного состава и амфиболиты (K_{1-2} , K_0)	9	0,93	0,07	0,06	0,01	0,86
Гранато-биотитовые и биотито-пироксеновые гнейсы (Среднее Побужье)	6	0,28	0,13	0,12	0,02	0,15
Карбонатные породы (Среднее Побужье)	2	9,56	0,04	0,03	0,01	9,52

Примечание. Концентрации даны в весовых процентах.

пробах содержаний петрогенных и ряда малых металлов (Mn, Ni, Co, Ti, V, Cr, Zr, Cu, Pb, Zn, Ga, Za, Y, Mo) позволило выявить некоторые зависимости между распределением в породах различных форм углерода и содержанием рудогенных элементов. В частности, корреляционный анализ показал, что концентрации рудогенных элементов в метаморфизованных осадочных породах практически никогда не коррелируются с количеством $C_{общ}$ и $C_{карб}$ (положительная связь с $C_{общ}$ обнаруживается только в некоторых основных и ультраосновных породах

орторяда для Ni, Co и Cr). С_{карб} также большей частью ведет себя независимо. И, наоборот, С_{орг} в самых различных метаморфизованных осадочных породах теснейшим образом связан с широкой гаммой малых металлов. Особенно часто положительная корреляция (с коэффициентами r в диапазоне 0,75—1,0) проявляется с Mn, Ti, V, Cu, Zn, Mo, Y, реже с Cr, Ga, Za, Y, а в железистых кварцитах — с Ge. Металлогенический спектр корреляционных связей отдельных форм С_{орг} не всегда совпадает. Несмотря на то что содержание С_{ках} составляет обычно всего 5—10% от содержания С_{граф} и абсолютные концентрации С_{ках} в породах только в углистых сланцах превышают 0,1%, углеводородные соединения обнаруживают некоторые характерные устойчивые корреляционные связи, например с молибденом, в тех случаях, когда остальные формы углерода ведут себя неупорядоченно. Весьма любопытна наблюдаемая в некоторых породах положительная корреляция С_{ках} с содержаниями серы, что служит дополнительным подтверждением биогенной природы.

4. Если перейти от рассмотрения внутрипородных взаимосвязей элементов к сопоставлению средних концентраций элементов в различных группах пород, то намечается тенденция к увеличению по мере возрастания содержания С_{орг} концентрации ряда рудогенных элементов: Mn, Ti, V, Cr, Zn, Mo. При этом совершенно отсутствует упорядоченность распределения малых металлов в зависимости от содержания в породах С_{общ} и С_{карб}.

Таким образом, можно утверждать:

а) при металлогенических исследованиях весьма важную информацию несет содержание в исследуемых породах С_{орг};

б) использование в таких исследованиях определений общего содержания углерода без расшифровки его форм может привести к ложным выводам.

5. Обогащенные С_{орг} породы докембрия перспективны для поисков практически всех типов осадочных руд, выявленных в более молодых слабо метаморфизованных аналогах этих пород. Кроме того, в них можно ожидать появление рудных концентраций элементов, отражающих специфику геохимической обстановки докембрийского литогенеза.

B. T. Свириденко (ВСЕГЕИ)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ДОКЕМБРИЙСКОЙ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ДРЕВНИХ ЩИТОВ И МАССИВОВ

1. Развитие древнейших участков континентальной земной коры имело поступательный необратимый характер, что привело в нижнем протерозое к формированию протоплатформ, а затем к их активизации. К структурам активизации относятся грабены (эндопротоплатформенные прогибы) двух типов. Первый тип выполнялся отложениями пестроцветной меденосной и частично терригенно-карбонатной формаций, вмещающих крупнейшие месторождения меди (Удокан), золота и урана (Гурон). Эти формации специализированы также на индий, бор и др. С прогибами второго типа ассоциируют месторождения кремнисто-железистой формации (КМА).

2. С гранитоидами нижнепротерозойского этапа активизации связаны проявления минерализации редких земель, редких металлов, зо-

лота (?), повышенные концентрации галлия, скандия, ниобия, тория; с основными породами — месторождения титаномагнетита, сульфидов меди и никеля, платиноидов, кобальта (Бушвельд, Чина, Сёдбери и др.) и ряда других элементов; с субщелочными и щелочно-ультраосновными формациями — проявления титаномагнетита, редких земель, хрома, платиноидов, вермикулита, редких металлов.

Э. Б. Наливкина (ВСЕГЕИ)

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРУДЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИХ РАННЕГО ДОКЕМБРИЯ

Области раннего докембрая сложены архейскими и раннепротерозийскими складчатыми сооружениями, из которых первые образуют гомогенные блоки типа срединных массивов, а вторые — цементирующие их пояса. С архейскими формациями связаны мелкие рудопроявления железа, хрома, никеля, тория, алюминия, рассеянные на больших площадях. Первые рудные пояса в истории Земли возникают в раннем протерозое. В складчатых областях этого времени последовательно формируются железорудные, золото-полиметаллические, медно-никелевые и редкометальные пояса. Золото-полиметаллические и медно-никелевые пояса тяготеют к внутренним зонам складчатых областей, железорудные — к границам внутренних и внешних зон, редкометальные — к внешним зонам, т. е. к срединным массивам или геоантеклинальным поднятиям.

В. И. Шкурский, В. Е. Попов (ВСЕГЕИ)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЩИТОВ

1. Продуктивные золотоносные формации щитов, в основном протерозойского возраста, заключают почти 90% разведанных запасов капиталистического мира (золото-итабиритовая, колчеданная и золото-кварцевая, золотоносных конгломератов и медно-никелевая формации). Наиболее продуктивные из них — золото-кварцевая и формация золотоносных конгломератов. Первая локализуется в линейных поясах, вторая — во внутренних бассейнах на кратонах и срединных массивах (Витватерсранд) или на окраинных бассейнах кратонов и массивов (пояс Лимпопо). Протогоесинклинальные, колчеданные и золото-итабиритовая формации содержат незначительные запасы (Канадский, Балтийский щит), тогда как медно-никелевая и золото-сульфидно-кварцевая — весьма продуктивны. Продуктивность золотоносных формаций на каждом из щитов различна, что объясняется степенью их эродированности.

2. Для Карело-Кольского региона наиболее перспективными формациями являются золото-кварцевая в раннепротерозойских трогах и золотоносных конгломератов в пределах мульд, выполненных отложениями ятулия. Перспективны также колчеданные руды и месторождения железистых кварцитов. В противовес Балтийскому щиту, степень эродированности Украинского щита больше, поэтому в его юго-западной части можно ожидать выявления золотоносных конгломератов.

С. Е. Колотухина (Ин-т минералогии,
геохимии и кристаллохимии редких
элементов АН СССР)

РЕДКОМЕТАЛЬНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ КОНТИНЕНТОВ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ

1. В южном полушарии образования докембрия занимают огромные площади (Африканская, Южно-Американская, Австралийская и Индийская платформы), в которых сконцентрированы колоссальные запасы редкометального сырья. Редкометальные провинции приурочены: а) к древним структурам фундамента (архейский — нижнепротерозойский тектоно-магматический цикл — 3500—2400 млн. лет — редкометальная формация пегматитов Родезии, Западной Австралии, Северо-Восточной Бразилии, золоторудные Западной Австралии, Южной Индии и др.; эбурнейский цикл — 2200—1900 млн. лет — редкометальная формация пегматитов Западно-Африканского и Гвинейского щитов); б) к чехлам древних платформ (древние метаморфизованные золото-урановые конгломераты Южной Африки, россыпи Западной Африки и Бразилии, медный пояс Замбии, свинцово-цинковая провинция Бразильской платформы); в) к областям тектоно-магматической активизации (рифейский цикл — 1700—400 млн. лет — Трансафриканский редкометальный пегматитовый пояс, пегматитовые пояса Индии, Центральной Австралии, карбонатиты Замбии).

2. Первичными источниками редкометальной минерализации в формациях докембрия были прежде всего верхняя мантия, а затем кора литосферы.

Д. В. Полферов (СЗТГУ)

ОСОБЕННОСТИ ГЛОБАЛЬНОГО СТРУКТУРНОГО ПОЛОЖЕНИЯ НИКЕЛЕНОСНЫХ РЕГИОНОВ

1. Основные — ультраосновные массивы с промышленным медно-никелевым сульфидным оруденением приурочены либо к краевым частям докембрийских щитов и платформ, либо к зонам сочленения архейских — нижнепротерозойских структур со среднепротерозайскими.

2. Характерной особенностью глубинного строения наиболее крупных никеленосных провинций и районов является наличие куполовидных поднятий поверхности Мохоровичча или Конрада, т. е. большая близость к современному эрозионному срезу верхней мантии — материнской субстанции никеленосных магм.

3. Общая структурная особенность никеленосных массивов — их приуроченность к зонам глубинных разломов, что следует рассматривать как конкретное проявление общепланетарной взаимосвязи базит-гипербазитовых формаций с указанным типом дизъюнктивных дислокаций земной коры.

4. Рассмотренные структурные особенности являются дополнительным доказательством в пользу гипотезы о собственно магматической природе медно-никелевых сульфидных руд.

Часть вторая
РЕГИОНАЛЬНАЯ
МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

БАЛТИЙСКИЙ ЩИТ

*Т. В. Билибина, Л. В. Григорьева, В. Е. Попов,
Д. В. Рундквист, А. А. Смыслов, К. Д. Беляев,
М. А. Корсакова, В. З. Негруца, Д. В. Полферов,
Ю. И. Рабинович (ВСЕГЕИ, СЗТГУ)*

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

1. Металлогенические исследования в восточной части Балтийского щита базировались на дальнейшем развитии принципов регионального металлогенического анализа применительно к сложнопостроенным и длительно развивающимся докембрийским складчатым областям. Новыми аспектами металлогенического анализа явились реконструкция глубинного строения щита и установление связи металлогенеза этого региона с развитием оболочек земной коры, а также изучение взаимосвязи процессов рудообразования и геохимических закономерностей миграции рудных элементов, обусловленной эволюцией земной коры в докембрии.

Совершенствование принципов и методов научного прогнозирования при составлении металлогенических карт показало необходимость сосредоточения геологической, геофизической и геохимической информации в комплекте специализированных предметных карт. Синтезирование взаимозависимых данных прогнозного характера позволило резко повысить достоверность типовых признаков и структурного положения металлогенических зон и перспективных площадей.

2. Своеобразие геологического строения Балтийского щита, выраженное в многократном наложении метаморфизма различных термодинамических ступеней, разновозрастных проявлениях тектоно-магматической активизации, контрастных неотектонических движениях и мощной ледниковой экзарации, потребовало составления полного набора прогнозных карт, включающего наряду с геологической и геологоформационной также карты глубинного строения, метаморфизма, геохимическую, геоморфологическую, неотектоническую и, как итог всех исследований, металлогеническую.

3. На основании научных разработок в докембрии щита определяются четыре структурно-формационных комплекса: архейский, ранне-, средне- и позднепротерозойский, отражающие про- и протогеосинклинальное развитие земной коры, смену ихprotoорогенным режимом и, позднее, тектоно-магматической активизацией и платформой. Последдокембрийская история региона характеризуется проявлением каледонской и герцинской эпох активизации и длительными циклами эрозии.

4. Положение структурно-формационных комплексов находится в закономерной связи с блочным строением земной коры, предопределяющим ассоциации геологических формаций, метаморфизм и ультраметаморфизм, а также формы проявления сводово-глыбовых движений и связанных с ними процессов активизации. Восточная часть Балтий-

ского щита представляет собой совокупность Кольского, Беломорского, Карельского, Ботнического мегаблоков и блоков более высоких порядков; мощность коры составляет 30—35, 35—38 и 38—43 км.

5. Каждый структурно-формационный комплекс характеризуется определенными чертами металлогенеза и прежде всего типами рудных формаций и металлогенических зон; размещение металлогенических зон и рудных районов определяется геоблоками, в строении которых участвуют геологические формации, благоприятные для накопления рудных концентраций; развиты соответствующие фации метаморфизма и элементы структурного и литологического контроля.

В блоках с максимальной мощностью гранитного слоя наблюдается преимущественная концентрация железа, редких металлов и полиметаллов, а в блоках с регенерированным базальтовым слоем—никеля, меди, золота и кобальта. Многократное наложение эндогенных и экзогенных рудообразующих и рудоподготавливающих процессов приводит к образованию крупных концентраций металлов и неметаллических полезных ископаемых; в соответствии с этим для поисков месторождений особенно благоприятны места пересечения металлогенических зон различных типов. Намечается приуроченность ряда металлогенических зон, вмещающих и эндогенную и экзогенную минерализацию, к местам разграничения блоков, представленных в ряде случаев системами мощных глубинных разломов.

В зависимости от особенностей геологического строения и развития региона, закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых и геохимической зональности выделяются различные типы металлогенических зон.

6. Для структурно-формационного комплекса раннего протерозоя характерны: а) железорудные зоны, соответствующие положению рудоносных толщ джеспилитовой формации с месторождениями железистых кварцитов, обычно преобразованных под влиянием процессов гранитизации (Костомушская, Оленегорская); б) зоны мусковитовых и керамических пегматитов, локализующиеся в блоках археид и связанные с областями развития метаморфизма дистен-амфиболитовой и ставролит-мусковит-кварцевой субфаций и системами разнонаправленных разломов; для локализации редкометальных пегматитов благоприятны межблоковые разломы, которым сопутствуют натриевые граниты (Чупино-Лоухская, Енская); в) зоны медно- и серноколчеданных месторождений, соответствующие положению рудоносных толщ кератофир-спилитовой формации, контролируются вулкано-тектоническими структурами и внутриблоковыми разломами (Хаутавара-Паандровская, Ялонварская).

7. К среднепротерозойскому структурно-формационному комплексу относятся:

а) Медно-никелевые зоны в областях сочленения блоков с различной мощностью и строением земной коры. Положение зон определяется магматическим и структурным контролем, обусловленным размещением рудоносных базит-гипербазитовых интрузий, разломов и др. (Печенга-Мончегорская, Ловозерская).

б) Комплексные золото-меднорудные зоны, располагающиеся преимущественно в областях сочленения блоков; вмещают рудоносные конгломераты и другие осадочные породы различных геологических формаций в грабен-синклиналях, а также эндогенные проявления золото-медно-полиметаллической минерализации в разломах (Онежско-Янгозерская, Куолаярви-Выгозерская).

Рудоносность вулканогенно-осадочных формаций среднего протерозоя, несущих следы редуцированного развития, возрастает в восточ-

ном направлении, где увеличивается возможность выявления стратифицированных медных (в песчаниках и типа Верхнего озера), свинцово-цинковых (в черных сланцах) и золоторудных (в конгломератах) рудопроявлений. Зоны этих двух типов обычно тесно сопряжены пространственно.

в) Комплексные полиметаллически-редкометальные зоны в краевых частях мегаблоков, характеризующиеся сочетанием разнотипных осадочных и осадочно-вулканогенных формаций, и ряд аллохтонных гранитоидных формаций, которые контролируют оруденение наряду с системами разнонаправленных разломов и литологическими факторами (Северо-Ладожская). Системы разломов, блоков высших порядков и поздние гранитные интрузии относятся здесь к проявлениям тектономагматической активизации.

8. Металлогенические зоны областей позднепротерозойской и палеозойской тектономагматической активизации принадлежат к редкометально-железорудному с флогопитом и редкометально-нефелин-апатитовому типам; положение зон определяется блоками с реликтами континентальных осадочно-вулканогенных толщ, щелочно-ультраосновными с карбонатитами и щелочными интрузиями, а также разнопорядковыми разломами (Контозеро-Хибинская, Хибино-Куолаярвинская).

9. По геохимическим признакам металлогенические зоны всех перечисленных типов обособляются в две группы: а) наиболее древние зоны, преимущественно сидерофильного и халькофильного профиля, совпадающие с общим простиранием метаморфических толщ; б) металлогенические зоны, преимущественно литофильного профиля, секущие по отношению к складчатым сооружениям и связанные с областями активизации.

10. Металлогеническая специализация всего Балтийского щита в целом характеризуется большим разнообразием металлов и неметаллических полезных ископаемых, но крупные концентрации здесь образуют только никель, кобальт, свинец и железо, составляющие соответственно 7,1; 3,0; 0,2; 2,2% мировых запасов. Исключительной особенностью щита является присутствие богатейших концентраций фосфора в ассоциации с редкими металлами в магматических породах, связанных с палеозойской активизацией. В качестве обычных спутников следует отметить титан, ванадий, серебро. Комплексное изучение щита с использованием информации по его глубинному строению, геохимической специализации геологических формаций, данных высотных съемок и всего набора поисковых признаков позволяет высоко оценить перспективы этого региона по никелю, меди, золоту, олову, свинцу, цинку и кобальту. Обмен опытом и совместные советско-финляндские исследования позволяют выделить ряд металлогенических зон, прослеживающихся через весь щит (Ладожско-Ботническая, Южно-Финляндская, Финляндско-Карельская, Хибино-Ботническая, Норвежско-Мурманской).

*К. О. Кратц, В. А. Глебовицкий, В. Б. Дагелайский,
М. Е. Салье, Ю. М. Соколов, С. И. Турченко
(ИГГД АН СССР)*

МЕТАЛЛОГЕНИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОЯСОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

1. Металлогеническая специализация метаморфических поясов докембрия при благоприятном сочетании литолого-стратиграфического и тектономагматического факторов определяется в основном геодина-

мическим и термодинамическим режимами процессов регионального метаморфизма.

2. Анализ карты метаморфических поясов восточной части Балтийского щита показывает, что в развитии докембрийских комплексов этого региона четко выделяются три главных мегацикла:

а) архейский, характеризующийся многократным проявлением высокотемпературного и глубинного метаморфизма, тепловыми потоками умеренной интенсивности, отсутствием значительных градиентов температуры и явно выраженной горизонтальной зональности, слабо проявленной регressiveвой стадией метаморфического процесса;

б) раннепротерозойский, отличающийся существенным изменением тектонического режима подвижных областей, возникновением внутри них отчетливой структурно-формационной зональности, изменением геотермического режима земной коры в сторону дифференциации температурного поля и формирования зональных метаморфических комплексов, что свидетельствует о значительных латеральных изменениях плотности тепловых потоков. Важно подчеркнуть, что с проявлением заметных градиентов температуры в обрамлении реоморфических гранитоидов и особенно вблизи нижнепротерозойских супракрустальных толщ, испытавших в это время прогressiveвой метаморфизм, связано широкое развитие метасоматических процессов регressiveвой этапа метаморфизма;

в) среднепротерозойский, в течение которого сохраняется тенденция к дифференциации тектонического и геотермического режимов подвижных областей, что находит отражение в формировании примерно синхронных, но резко отличающихся друг от друга геотермическим режимом зональных метаморфических поясов — Беломорско-Лапландского и Свекофенинского. Установлен изобарический характер зональности в обоих поясах, свидетельствующий о латеральном изменении плотности теплового потока и о появлении в земной коре значительных термических аномалий.

3. В металлогеническом отношении архейский период характеризуется преимущественной специализацией на железные руды прометаморфического класса (кольская серия, Оленегорское месторождение, Приимандровский район), образованием титановых руд — ильменит-магнетитовых и титаномагнетитовых того же класса (Кольвицкий, Сальнатундровский районы). В раннеархейских железных рудах почти не наблюдается образования богатых переотложенных залежей, что связано со слабой выраженностью регressiveвой стадии метаморфизма. В архейский период фиксируется лишь ограниченное развитие бедной сульфидной минерализации (пирротиновая вкрапленность в некоторых гнейсах и сланцах кольской и беломорской серий) и образование непромышленных мусковитовых пегматитов (Кольско-Рамзэрский район).

4. Металлогеническая специализация раннепротерозойского периода, отражающая изменение геотермического режима метаморфизма, выражается прежде всего в появлении месторождений реометаморфического и ортометаморфического классов. Возникновение реометаморфических месторождений в результате метасоматических преобразований прометаморфических пирротиновых и пиритовых руд на регressiveном этапе метаморфизма типично для Карелии (Ялонвара, Хаутавара, Парандово). Ортометаморфические, палингенно-метасоматические образования раннепротерозойского этапа представлены редкометальной минерализацией в пегматитах Кольского полуострова (редкометальная и мусковит-редкометальная формации). В то же время в этот период

возникают и прометаморфические железорудные месторождения гимольской серии.

5. Характерными чертами металлогении среднепротерозойского периода при всех прочих равных условиях являются отчетливо выраженная изофацевальность метаморфической и металлогенической зональности и широкое развитие месторождений рео- и ортометаморфического классов. Конформность металлогенической и метаморфической зональности особенно наглядно иллюстрируется приуроченностью пегматитов мусковитовой и редкометальной формаций к метаморфическим поясам дистен-силиманитовой (Беломорско-Лапландский) и андалузит-силиманитовой (Свекофенский) фациальных серий, а также развитием пегматитов мусковит-редкометальной формации в зонах неоднократного, последовательного проявления метаморфизма разных фациальных серий. Увеличение значения метаморфического фактора металлогенического контроля проявляется и в локализации и разнообразии сульфидных месторождений. В пределах Свекофенского метаморфического пояса специализация южной (полиметаллические месторождения Айала, Ориярви, Метасоменту, Фалун, Оммеберг и др.) и северной (колчеданно-полиметаллические месторождения районов Шеллефтео, Виханти-Пюхясалми, медноколчеданные месторождения и рудопроявления Оутокумпу, северного побережья Ладожского озера) металлогенических зон определяется различным характером метасоматических процессов регressiveвой стадии метаморфизма. Специфика метаморфизма и характер вулканогенно-осадочных и магматических формаций в разных частях Беломорско-Лапландского пояса определяют появление: медно-никелевых и медноколчеданных руд зоны лапландских глубинных разломов, медно-никелевых месторождений Печенской группы, медноколчеданных, богатых пирротиновых руд и полиметаллических рудопроявлений юго-западной окраины Беломорско-Лапландского пояса.

6. Таким образом, основные тенденции в эволюции метаморфогенного рудообразования состоят в направленном изменении генетического типа месторождения, в изменении в связи с этим характера полезного ископаемого (от рудной триады Fe—Mn—Al к полиметаллам, редким металлам и неметаллам), в увеличении разнообразия генетических и формационных типов месторождений и в усилении значения метаморфического фактора металлогенического контроля, что важно учитывать при прогнозировании различных видов минерального сырья.

Г. А. Поротова, О. С. Белоглазова, Р. В. Былинский,
Г. А. Завинская, М. Я. Цибульникова
(Зап. геофиз. трест)

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЯХ В ДОКЕМБРИИ (НА ПРИМЕРЕ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА)

1. Региональные и детальные геофизические исследования, выполненные Западным геофизическим трестом в достаточно больших объемах на территории восточной части Балтийского щита, дают богатейший материал для познания особенностей глубинного геологического строения региона, металлогенической специализации его отдельных блоков и структурных зон, а также широко используются при составлении металлогенических карт на различных стадиях прогнозирования.

2. В результате анализа и районирования гравитационного поля всего Балтийского щита в региональном плане по наблюденным и

трансформированным значениям с большим радиусом осреднения (130, 100 км) отчетливо выявляется линейная крупноблоковая структура тектоносферы.

На всех более высоких уровнях, вплоть до дневной поверхности, устанавливается в общих чертах унаследованность глубинных структур и основных шовных зон, отмечается постепенное усложнение общего структурного плана и его отдельных элементов.

3. На территории восточной части Балтийского щита по региональным гравиметрическим аномалиям различного знака и морфологии, а также с учетом сейсмических данных выделяется ряд крупных вертикальных мегаблоков земной коры различной мощности, разного состава и металлогенической специализации. Области их сочленения являются зонами глубинных разломов, нередко активизированными в процессе развития и представляющими несомненный интерес для металлогенических построений. Они прослеживаются на большие расстояния и достаточно отчетливо проявляются в физических полях.

4. Выделяются мегаблоки двух типов. В мегаблоках первого типа (Беломорский, Ладожский) отмечается уменьшение мощности коры, сопровождаемое вздыблением глубинных горизонтов. Металлогеническая специализация блоков этого типа в основном обусловлена широким проявлением более поздних процессов активизации с присущей им редкометальной, полиметаллической и оловянной минерализацией.

5. В мегаблоках второго типа (Выборгский, Карельский, Кольский, Ботнический) земная кора утолщена (прогнута) и разуплотнена. Металлогеническая специализация их определяется широким развитием гранитоидов (редкие металлы, молибден) и проявлением основного магматизма в верхнем структурном этаже (медь, железо, титан, частично кобальт и никель).

6. Области сопряжения мегаблоков земной коры щита являются главнейшими металлогеническими зонами региона. Они представляют собой тектонически активные швы, контролирующие заложение основных структурных зон карелид, проявление основного и кислого магматизма, что и определило приуроченность к ним эндогенных месторождений иrudopроявлений региона (никеля, кобальта, меди, хрома, молибдена, золота и других металлов).

Особо следует отметить приуроченность к стыку различных блоков коры уникальной медно-никелевой провинции (Печенга и Мончегорск), а также каледонских щелочно-основных и ультраосновных интрузий и герцинских щелочных массивов с их специфической металлогенией (редкие металлы, железо, титан, апатит и др.).

Зоны сочленения геоблоков земной коры, как основныерудоконтролирующие структуры, заслуживают специального изучения и опоискования.

7. Очевидно, существенное влияние на формирование структурного плана верхней части разреза земной коры рассматриваемого региона оказали процессы позднедокембрийского рифтогенеза, о чем можно судить по результатам сейсмических работ и дешифрированию космических снимков над акваторией Белого моря. Это выразилось в одноплановом строении крупных структур ранних и поздних карелид, симметрично-встречном расположении ограничивающих их чешуйчатых надвигов с падением к оси Белого моря.

Это положение представляется также существенно важным при оценке перспектив рудоносности зон карелид; оно доказано на примере Печенгской структурной зоны и должно быть использовано в практике поисковых работ.

8. На стадии среднемасштабного структурного районирования и прогнозирования (м-ба 1 : 200 000—1 : 50 000) по комплексу геохимических и геофизических методов (гравиразведка, аэромагнитная съемка, частично аэроэлектроразведка) в пределах мегаблоков выделяются блоки более высоких порядков, отвечающие структурно-формационным зонам карелид и их фундамента. Как правило, они четко ограничены внутрикоровыми разломами различной глубины заложения и в случае унаследованности — глубинными шовными зонами, разделяющими мегаблоки.

На этом этапе по указанному комплексу методов, на базе имеющихся геологических карт, определяется структурный, металлогенический и магматический контроль размещения различных видов минерального сырья и конкретная металлогеническая специализация отдельных зон и блоков.

По результатам среднемасштабного прогнозирования намечаются площади, участки и аномальные зоны для проведения детальных поисковых геофизических работ м-ба 1 : 10 000—1 : 25 000, которые выполняются широким комплексом наземных геофизических методов (электроразведка в различных модификациях, магниторазведка и гравиразведка) в сочетании с геохимическими исследованиями.

На стадии детальных исследований прослеживаются отдельные горизонты, изучается внутренняя структура и морфология массивов, оконтуриваются и прослеживаются рудные тела.

Результаты работ этого этапа, заверенные небольшим количеством скважин, используются для прогнозной оценки выявленного оруденения и составления прогнозных карт рудных полей ряда месторождений. Так, в частности, прогнозируются по данным детальной магниторазведки запасы железных руд в районе Костомукшского и других месторождений, запасы сульфидного никеля, меди, колчеданов по данным электроразведки (МПП, ДИП) в Каменоозерской зоне никеленосных массивов района Ветреного Пояса и в районе Ялонварского месторождения серного колчедана. Выдаются рекомендации для постановки поисково-разведочного бурения.

*А. И. Богачев, А. И. Кайряк, В. Д. Слюсарев,
С. А. Морозов, Е. М. Михайлук, В. С. Куликов
(Геол. ин-т Карельского фил. АН СССР, СЭТГУ)*

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СУЛЬФИДНЫХ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КАРЕЛИИ

1. Решение проблемы закономерностей размещения сульфидных медно-никелевых месторождений в докембрии Карелии требует комплексного подхода при ведущей роли следующих факторов:

а) никеленосные металлогенические эпохи докембрая Балтийского щита, размещение магматических формаций;

б) роль магматического фактора;

в) роль метаморфического фактора;

г) источники рудного вещества;

д) роль тектонического фактора.

2. По возрасту магматических формаций в Карело-Кольском регионе можно выделить три никеленосные металлогенические эпохи: ранненижнепротерозойскую, поздненижнепротерозойскую и среднепротерозойскую. К ранненижнепротерозойской эпохе относятся месторождения иrudопроявления, связанные с гипербазитовой (Рыбозерский,

Аллареченский районы) и габбро-перидотитовой (Ловнозерский район) формациями, с поздненижнепротерозойской — связанные с габбро-перидотитовой (Хюрсюльский район) и перидотит-габбро-норитовой (Олонгская группа интрузий, Мончегорский pluton) формациями, со среднепротерозойской — связанные с габбро-перидотитовой формацией (Печенгский район).

3. Первичная металлогеническая специализация никеленосных магматических комплексов, выраженная в наличии сингенетического сульфидного оруденения, находит свое отражение и в их вещественном составе. По магматическому фактору в Карелии не удалось выделить перспективные площади для обнаружения сульфидных медно-никелевых месторождений в структурах подвижных областей, контролирующих размещение тел гипербазитовой и габбро-перидотитовой формаций. Это обстоятельство, отражающее различие в проявлении магматизма Карелии и Кольского полуострова, по-видимому, в значительной степени определило и специфику последующего сульфидного рудообразования этих двух областей.

Инtrузии перидотит-габбро-норитовой формации в петролого-петрохимическом отношении идентичны для всего Карело-Кольского региона, что позволяет их считать потенциально никеленосными и для Карелии. Для никеленосных массивов данной формации характерно наличие жильных эпигенетических руд, возникших на заключительных стадиях их формирования после жильной и дайковой серии пород (или одновременно с ними). Сами породы массивов не содержат промышленных концентраций сульфидного никеля. Намечается зависимость масштабов сульфидного оруденения от степени дифференцированности массивов и их размеров.

4. Для сульфидных медно-никелевых месторождений подвижных поясов Карело-Кольского региона большинством исследователей признается метаморфогенное происхождение эпигенетических руд, составляющих подавляющую массу промышленных запасов. Инtrузии этих месторождений претерпели метаморфизм прогрессивной и регрессивной стадий, рудный метаморфизм происходил в регрессивную стадию.

На процессы рудного регрессивного метаморфизма накладываются ограничения, связанные с его физико-химическими условиями. Эти условия создаются в основном при переходе от кислотной к позднешелочной стадии регрессивного метаморфизма.

5. Для сульфидных медно-никелевых месторождений иrudопроявлений, связанных с инtrузиями перидотит-габбро-норитовой формации, источником рудного вещества служат исходные магмы. Рудные компоненты концентрируются в поздних производных массивов. Для метаморфогенных эпигенетических руд, связанных с телами гипербазитовой и габбро-перидотитовой формаций, проблема рудного вещества расщепляется на вопросы об источниках никеля, меди и серы. Источником никеля преимущественно служит силикатный никель ультраосновных пород. Источники меди неясны. Потенциальным источником серы могут быть пояса колчеданной минерализации.

6. Роль тектонического фактора четко вырисовывается на примереrudопроявления Каменных озер, где пентландит-пирротиновые руды приурочены к зонам милонитизации, тонкого рассланцевания апоги-пербазитов, имеющим северо-восточное и субмеридиональное направление. К ним же приурочена серия жильных тел гипербазитов, замещенных преимущественно тремолитом и актинолитом.

7. При прогнозировании метаморфогенных эпигенетических сульфидных медно-никелевых руд, связанных с гипербазитовой и габбро-перидотитовой формациями, ведущими факторами являются:

- а) наличие рудопроявлений;
- б) выделение поясов развития гипербазитовой и габбро-перидотитовой формаций;
- в) совмещение в пределах поясов зон сульфидной (колчеданной) минерализации с зонами развития регressiveного метаморфизма;
- г) наличие на благоприятных площадях перспективных геофизических аномалий.

8. На основе этих положений разработана программа поисковых работ на никель в Карелии. Первая очередь работ будет сосредоточена в Восточно-Карельской зоне. В пределах этой зоны наиболее перспективными являются Каменоозерский пояс массивов габбро-перидотитовой формации, Рыбозерский участок развития тел гипербазитовой формации, Бураковско-Аганозерский массив перидотит-габбро-норитовой формационной принадлежности. В последующие этапы планируется проведение поисковых работ в Юго-Западном Приладожье, Западно- и Восточно-Карельской структурных зонах, Онежско-Сегозерской мульде, лерцолит-норитовом комплексе Беломорского блока.

*А. П. Светов, А. И. Голубев (Геол. ин-т
Карельского фил. АН СССР)*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОРУДЕНЕНИЯ НА ПЛОЩАДЯХ РАЗВИТИЯ ПЛАТФОРМЕННЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ КАРЕЛИИ

1. В связи с проведением в последние годы региональных металлогенических исследований на территории Карелии важное значение приобретают основы прогнозирования рудных месторождений в разновозрастных докембрийских образованиях.

Опыт исследований платформенных вулканогенных образований Карелии свидетельствует, что при прогнозировании оруденения различного вещественного состава и различных генетических типов в процессе проведения металлогенических исследований должны учитываться результаты: а) палеовулканологического изучения разновозрастных комплексов изверженных пород, включающего: расчленение эфузивно-пирокластических толщ, оконтуривание лавовых полей, фациальное расчленение вулканогенных образований с определением особенностей их пространственного размещения, установление эпицентров вулканической деятельности или оконтуривания районов их предполагаемого расположения, выяснение динамики вулканической деятельности и установление периодов межпароксизмальных перерывов, районирование областей проявления вулканической деятельности с выделением наиболее активных вулканических зон; б) литолого-фациального анализа вулканогенно-осадочных отложений, включающего оконтуривание областей вулканогенно-осадочного литогенеза, изучение вещественного состава сформированных вулканогенно-осадочных пород и выяснение фациальных обстановок и условий породообразования; в) сравнительного петрологического, петрохимического и геохимического изучения пород разновозрастных вулканических комплексов, заключающегося в выяснении особенностей эволюции химического состава изверженных пород во времени и по латерали, выявлении геохимической специализации вулканических комплексов; г) комплексных геолого-геофизических работ, включающих изучение морфологии и условий залегания субвулканических интрузивных и жерловых образований, в том числе и скрытых под чехлом рыхлых четвертичных отложений, выявление и прослеживание зон глубинных разломов; д) рассмотрения формацион-

ной принадлежности пород последовательно формировавшихся вулканических комплексов; е) анализа степени и характера метаморфических преобразований вулканогенных пород; ж) анализа площадного распространения известных к настоящему времени разнообразных минералопроявлений, рудопроявлений и месторождений и их пространственной приуроченности к породам конкретных фаций вулканических комплексов.

2. Платформенный этап геотектонического развития Карелии характеризовался многократным проявлением вулканической деятельности в течение среднего (ятулий, суйсарий, вепсий) и верхнего (гиперборей) протерозоя, в результате которой были сформированы мощные эффиузивно-вулканокластические толщи и разнообразные по составу комагматичные и интрузивные образования, содержащие различные типы оруденения. Известна связь с вулканогенными породами ятулийского и заонежско-лижемского вулканических комплексов медносульфидной серебро- и золотосодержащей минерализации различных генетических типов, рудопроявлений титаномагнетита, барита, месторождений гематитсодержащих рудных сланцев. Вулканогенные и интрузивные образования суйсарского вулканического комплекса в настоящее время рассматриваются как перспективные на медно-никелевое и, вероятно, хромитовое оруденение. Субвулканические образования вепсского вулканического комплекса характеризуются титаномагнетитовой минерализацией. Остается неизученной рудоносность вулканогенных образований салминского вулканического комплекса.

3. В результате начатых металлогенических исследований платформенных образований Карелии установлено, в частности, что наибольшей степенью меденосности характеризуются вулканогенные и хемогенно-осадочные образования ятулийского и заонежско-лижемского вулканических комплексов. Медь в них концентрируется в лавовых потоках среднеятулийской фазы вулканизма первой и второй стадий излияния, а также в силлах габбро-диабазов верхнеятулийской фазы вулканизма ятулийского и габбро-диабазах заонежско-лижемского вулканического комплексов. Как меденосные лавовые потоки, так и силлы габбро-диабазов пространственно сопряжены, с одной стороны, с зонами магмоконтролирующих разломов, с другой — с центрами вулканической деятельности. Палеовулканологическими исследованиями выявлены эруптивные брекчии подводящих каналов ятулийского и суйсарского вулканизма, а геохимическим изучением показана их повышенная меденосность. Формирование медносодержащих вулканогенно-осадочных отложений осуществлялось главным образом в благоприятных фациальных условиях на небольшом удалении от центров извержений в результате активной поствулканической фумарольно-гидросольфатарной деятельности в течение межпароксизмальных перерывов и в завершающие стадии вулканизма. В то же время на фланговых окончаниях лавовых полей существенно среднеятулийской фазы вулканизма на территории Южной Карелии осуществлялось формирование месторождений гематитсодержащих рудных сланцев. Время образования силлов габбро-диабазов с промышленной титаномагнетитовой минерализацией относится к завершающей стадии верхнеятулийской фазы вулканизма ятулийского вулканического комплекса.

4. Проведение металлогенических исследований на вышеуказанной основе дает возможность оценить степень перспективности каждого из рассматриваемых вулканических комплексов в рудообразующем отношении и рекомендовать конкретные участки для постановки поисковых и поисково-разведочных работ.

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СУЛЬФИДНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ В ПОДВИЖНЫХ ПОЯСАХ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

1. Разработка эволюции тектонического развития, петрологии и геологии процессов регионального метаморфизма, а также установление геохронологических рубежей в подвижных поясах Балтийского щита, нашедшие отражение в Тектонической карте фундамента и Карте метаморфических поясов территории СССР, составленных в ИГГД АН СССР, позволяют наметить металлогеническую модель сульфидного рудообразования Балтийского щита.

2. По минеральным ассоциациям, представленным в сульфидных месторождениях и рудопроявлениях Балтийского щита, выделяются следующие сульфиднорудные формации: серноколчеданная, медноколчеданная, медно-цинковоколчеданная, колчеданно-полиметаллическая, медно-никелевая, свинцово-цинковая, железо-полиметаллическая и молибденитовая.

3. Геодинамический и термодинамический режим архейского мегацикла (древнее 2700 млн. лет) благоприятствовал созданию первичных ареальных рассеянных концентраций рудогенных элементов в породах, что привело к формированию лишь прометаморфической серноколчеданной минерализации в метавулканогенно-осадочных породах (кольская серия, низы беломорской серии).

4. Начиная с раннего протерозоя и особенно в среднем протерозое в тектоническом режиме Балтийского щита произошли существенные изменения, проявившиеся в формировании на первичной континентальной коре подвижных поясов с отчетливой структурной зональностью (эв- и миогеосинклинальных зон), которая характеризуется областями с проявлением базитового и ультрабазитового магматизма, наложением осадочно-вулканогенных формаций геосинклинального ряда и развитием гранитоидного магматизма. Одновременно с этим произошло изменение геотермического режима, выразившееся в дифференциации термодинамических параметров на разных стадиях развития подвижных поясов. Это нашло отражение в соответствующем им поэтапном проявлении процессов регионального метаморфизма. Совокупное действие этих факторов привело к появлению всего набора генетических групп сульфиднорудных формаций: магматической, вулканогенно-осадочной, прометаморфической, метаморфогенно-гидротермальной (реометаморфической).

5. Начальным стадиям развития ранне- и среднепротерозойских подвижных поясов на территории Балтийского щита соответствует формирование линейных зон глубинных разломов, сопровождаемых внедрением интрузий базит-гипербазитового состава, тел эклогитов и формированием узких зон метаморфизма повышенного давления (зон Беньофа). Проявление метаморфизма такого типа зафиксировано лишь в пределах Лапландской зоны глубинных разломов (Сальные Тундры — Порья губа). В остальных зонах с проявлением гипербазитового магматизма метаморфизм такого типа не отмечен, так как затушеван последующими тектоническими и метаморфическими процессами. Железистые дифференциаты гипербазитовых магм здесь являются потенциально никеленосными и при достаточно высоких содержаниях в них серы могут приводить к формированию ликвационного сульфидного медно-никелевого оруденения (Алларечка, Печенга, Ловно, Коталахти, Хитура).

6. На ранних стадиях развития подвижных поясов доорогенные никеленосные гипербазитовые тела под действием метаморфизма погружения претерпевали либо перекристаллизацию (гранулитовая фация — Ловно, Порья губа, Хитура, Коталахти), либо амфиболизацию (амфиболитовая фация — Алларечка, Хюрсюля, Хаутавара) или серпентинизацию (пренит-пумпеллитовая и зеленосланцевая фации — Печенга), что приводило к перераспределению рудных компонентов и образованию рассеянной медно-никелевой минерализации прометаморфического генезиса.

С базит-ультрабазитовым вулканизмом ранней стадии развития в эвгеосинклинальных зонах связано формирование спилит-диабазового комплекса пород, с которым ассоциирует рассеянное стратиформное серноколчеданное, медноколчеданное, медно-цинковоколчеданное и отчасти медно-никелевое оруденение вулканогенно-осадочного и магматического генезиса. В терригенных формациях миогеосинклинальных зон происходит первичное накопление свинца и цинка. Однородный метаморфизм погружения в зависимости от термодинамического режима приводит либо к амфиболизации основных вулканитов (амфиболитовая фация), либо к зеленокаменному их перерождению (зеленосланцевая фация). Именно с этим этапом метаморфизма связана перекристаллизация первичного вулканогенно-осадочного колчеданного оруденения и образование пластовых прометаморфических сульфидных руд (например, мелкозернистые пиритовые руды в центральных частях крупных рудных тел раннепротерозойских месторождений Паандово, Хаутавара, Ялонвара, Улялеги).

7. В зрелую (позднюю) стадию развития подвижных поясов возникает метаморфическая зональность, накладывающаяся на все структурные зоны подвижных поясов. Она сопровождается линейной изоклинальной складчатостью, метаморфической дифференциацией, мобилизацией рудных элементов и растворов. Эти процессы приводят к преобразованию первоначально пластовых колчеданных рудных тел и тел никеленосных гипербазитов в ряд линзовидных, эшелонированных, интенсивно дислоцированных и будинированных рудных тел с крутыми падениями, сложенных перекристаллизованными минеральными парагенезисами первичных руд (крупнозернистые и брекчевые пиритовые и пирит-пирротиновые руды серноколчеданных месторождений Карелии). Мобилизация и перекристаллизация приводят к концентрации сульфидов в экономически выгодные реометаморфические руды с высокими содержаниями меди, никеля, цинка, свинца (Оутокумпу, Хаммаслахти, Печенга, Пюхясалми, Фалун). Одновременно с этим возникает металлогеническая зональность, конформная с метаморфической зональностью, выражаясь в последовательной смене серноколчеданного оруденения медноколчеданным, медно-цинковоколчеданным, колчеданно-полиметаллическим и свинцово-цинковым по мере удаления от зоны ультраметаморфизма (Северное Приладожье, Шеллефтео, Оммеберг), причем наиболее благоприятным в этом случае является режим метаморфизма низких давлений.

8. С конечным этапом регионального метаморфизма, а особенно с ультраметаморфизмом и телами реоморфических гранитоидов связан регressiveный метаморфизм, выражающийся при благоприятных тектонических факторах в метасоматических преобразованиях (кислотное выщелачивание, магнезиальный метасоматоз). Эти преобразования при определенных окислительно-восстановительных условиях и режиме кислотности—щелочности благоприятствуют мобилизации рассеянных металлов и отложению их в реометаморфические, медноколчеданные, колчеданно-полиметаллические, медно-никелевые жильные руды (Хаутавара, Хюрсюля).

тавара, Ялонвара, Печенга, Виханти, Хаммаслахти). Вместе с тем происходит доращивание рудных тел, являющихся геохимическими барьерами, образование скарнового железо-полиметаллического оруденения (Питкяранта, Виртасалмии) в карбонатных породах и молибденового оруденения в апогранитах. Термодинамический режим регressiveного этапа метаморфизма оказывает существенное влияние на характер оруденения — благоприятным для формирования полиметаллического оруденения является режим низких давлений, который определяет поведение воды и углекислоты.

9. Формирование сульфидного оруденения на Балтийском щите не закончилось образованием метаморфогенно-гидротермальных реометаморфических рудных тел. Процессы тектоно-магматической активизации дальсландской эпохи (1300—900 млн. лет), обладающие своими специфическими металлогеническими чертами (олово, вольфрам, редкие земли, флюорит), нашли отражение также и в образовании гидротермальных жил с сульфидной минерализацией как в ранее существовавших месторождениях (пентландит-пирротиновые жилы Печенги), так и среди пород разного возраста (галенит-сфалеритовые баритовые, кварц-карбонатные жилы Базарной губы и Порьей губы Кольского полуострова).

М. Л. Сахновский, М. Б. Рыбаков (ВСЕГЕИ)

О КОМПЛЕКСНОМ КОЛИЧЕСТВЕННОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОБЛАСТЯХ ДОКЕМБРИЙСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

1. Анализ геологических, геофизических и геохимических данных по промышленно-никеленосным районам Кольского полуострова и сопоставление их с материалами по другим районам восточной части Балтийского щита показывают, что комплекс прогнозных критериев медно-никелевого оруденения, применяемый в настоящее время при металлогенических исследованиях разных масштабов, может быть существенно усилен.

2. При мелко- и среднемасштабном прогнозировании количественный анализ особенностей гравитационного и магнитного полей позволяет получить объективную, не зависящую от обнаженности и степени геологической изученности информацию, характеризующую такие особенности геологического строения, как интенсивность проявлений основного — ультраосновного магmatизма, наличие глубинных магматических очагов и разломов глубокого заложения.

Условие для выделения площади в качестве перспективной может быть сформулировано в следующем виде:

$$(a V_{\Delta g} + b V_{\Delta T} \geq c) \cap (A_{\Delta T} \geq d),$$

где $V_{\Delta g}$ и $V_{\Delta T}$ — характеристики изменчивости гравитационного и магнитного полей; $A_{\Delta T}$ — характеристика средней интенсивности магнитного поля; a , b , c и d — постоянные, зависящие от площади прогнозной ячейки и детальности геофизических карт.

Указанное условие позволяет выделить $\sim 20\%$ площадей, «похожих» на никеленосные площади, а $\sim 70\%$ изучаемых территорий с высокой степенью надежности отбраковать как бесперспективные.

3. При средне- и крупномасштабном прогнозировании возможно использование генетической и пространственной связи между медно-никелевым и пирротиновым оруденением, так как ареал пирротиновых

проявлений вокруг промышленных рудных полей может иметь протяженность до десятков километров. В идеальном случае наблюдается следующая трехчленная зональность:

зона А — внутренняя, представленная промышленными залежами медно-никелевых руд. Могут встречаться непромышленные залежи медно-никелевых руд и, как правило, пирротиновые залежи;

зона В — промежуточная, представленная непромышленными проявлениями медно-никелевых руд и, как правило, пирротиновыми залежами;

зона С — внешняя. Преимущественное распространение имеют пирротиновые залежи. В резко подчиненном количестве могут встречаться медно-никелевые рудопроявления.

Хотя такая зональность не всегда выражена полно, приведенная закономерность может оказаться полезной как при выявлении новых перспективных площадей, так и непосредственно в процессе поисковых работ.

Карттирование пирротиновых залежей в значительной мере облегчается тем, что они легко обнаруживаются электроразведочными, литеохимическими и гидрохимическими методами.

Наиболее надежными признаками, позволяющими отличить рассматриваемые пирротиновые руды от образований сходного минерального состава, но иного генезиса, широко развитых в пределах Карело-Кольского региона, являются:

а) приуроченность к разрывным нарушениям (иногда в пределах массивов основных — ультраосновных пород или вблизи от них);

б) сравнительно постоянная величина отношения содержаний Ni и Co: $1 < \frac{\text{Ni}}{\text{Co}} < 10$;

в) высокое значение отношений стандартных отклонений величин $\frac{S}{\text{Ni}}$ и $\frac{\text{Ni}}{\text{Co}} : \frac{\sigma_{\text{Ni}}}{\sigma_{\text{Co}}} > 10$, иногда до $n \cdot 10^2$.

При использовании двух последних признаков из рассмотрения должны исключаться разности, сильно обогащенные халькопиритом ($\frac{\text{Cu}}{\text{Ni}} \geq 10$), а также слабоуроденелые разности ($S < 0,5\%$).

4. При крупномасштабном прогнозировании наряду с другими прогнозными критериями большая роль принадлежит геохимическим критериям потенциальной никеленосности основных — ультраосновных интрузивов.

С учетом опыта других исследователей нами разработана система геохимических критериев никеленосности, представляющих собой эмпирические функции от содержаний (в вес. %) рудогенных и петрогенных элементов, не зависящие от петрографического состава пород в пределах ряда дунит (оливинит) — перидотит — пироксенит — габбро (норит). Предлагаемые критерии имеют вид:

$$K_1 = \ln(S/\text{P}_2\text{O}_5),$$

$$K_2 = \ln \left[\frac{10^4 \text{NiO}}{36 \text{MgO} - 23 \text{SiO}_2 + 1375} \right],$$

$$K_3 = \ln [\text{CuO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3^{0,35}] + 5,75,$$

$$K_4 = \ln (\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{O}^{-1,2}) + 1,4,$$

$$K_5 = \ln (\text{TiO}_2^{1,19} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3) + 4,0.$$

Значения всех пяти критериев подчиняются нормальному закону распределения как для совокупности рудоносных интрузивов, так и для совокупности безрудных. Статистические параметры распределения для класса промышленно-рудоносных интрузивных массивов и для класса массивов, не несущих промышленного оруденения (при условии, что каждый из массивов охарактеризован не менее чем пятью анализами), приведены в таблице.

Критерии	Интрузивы без промышленного медно-никелевого оруденения		Промышленно-никеленосные интрузивы	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
K_1	-0,72	0,80	+2,04	0,84
K_2	+0,04	0,19	+0,68	0,28
K_3	0	0,70	+2,37	1,12
K_4	0	0,98	+0,71	0,70
K_5	-3,22	0,72	-1,62	2,2

Корреляционные связи между значениями критериев слабые, и приведенные в таблице признаки могут рассматриваться как статистически независимые. Поэтому результирующий критерий (K_p) для каждого конкретного интрузива может быть вычислен из значений отдельных критериев по формуле

$$K_p = \sum_{i=1}^{i=5} \ln \left(\frac{Z_{K_i}}{\bar{Z}_{K_i}} \right),$$

где Z_{K_i} и \bar{Z}_{K_i} — плотности вероятности нормированного распределения для наблюденного значения признака K_i соответственно для класса промышленно-рудоносных интрузивов и для класса интрузивов без промышленных месторождений.

Интрузивные массивы со значениями $K_p > 0$ относятся к потенциально никеленосным и по значениям K_p могут быть ранжированы по их относительной перспективности.

*К. В. Ковалева, Н. Н. Колесник, В. И. Опарин,
Л. Н. Рудник (ВСЕГЕИ)*

СТРУКТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ МЕТАМОРФОГЕННОМ РУДООБРАЗОВАНИИ (НА ПРИМЕРЕ КАРЕЛО-КОЛЬСКОГО РЕГИОНА)

1. Изучение металлогении Карело-Кольского региона показало, что относительно крупные метаморфогенные концентрации рудных элементов локализуются в зонах разломов глубокого заложения и длительного развития, которые характеризуются большими масштабами, сложным строением, наличием разновозрастных и разнообразных тектонитов и глубокими метасоматическими преобразованиями пород. Специфика строения зон разломов и их внутреннего выполнения обнаживает зависимость от особенностей геологического строения и развития различных участков земной коры (блоков).

2. Блоки с наибольшими для региона мощностями земной коры и «гранитного слоя», с интенсивно и широко проявленными процессами регионального прогрессивного метаморфизма, ультраметаморфизма и гранитообразования (Пяозерский блок в Северной Карелии, Косто-

мукшско-Гимольский и Суоярвинский блоки в Западной Карелии, Вуоксинский блок в Южной Карелии) характеризуются развитием протяженных мощных зон бластомилонитов, бластокатаклазитов, кациритов и брекчий, насыщенных различными по составу анатектическими и метасоматическими жильными образованиями с рудной минерализацией. Возникновение жильного материала обнаруживает прямую связь с различными этапами ультраметаморфизма и регressiveного метаморфизма.

С ультраметаморфизмом связано образование жильных тел кварц-олигоклазового состава с редкоземельно-редкометальной минерализацией, кварц-микроклиновых пород с повышенными концентрациями редких металлов (молибдена) и биотит-кварцевых метасоматитов с высокими содержаниями сульфидов железа (пирита, пирротина). Регressiveный метаморфизм и сопутствующие ему метасоматические процессы находят свое выражение в диафторических изменениях пород и образовании натриевых (альбитовых) и кварцевых метасоматитов с сульфидным оруденением. С ранними стадиями регressiveного метаморфизма связано образование колчеданных залежей в брекчированных породах, наиболее поздние низкотемпературные кварцевые метасоматиты сопровождаются мелкими рудопроявлениями полиметаллов.

3. В блоках с наименьшей мощностью земной коры, широким распространением кератофир-спилитовых формаций и проявлением амфиболитовой фации метаморфизма при отсутствии широких процессов ультраметаморфизма (Шомбозерско-Кожозерский, Бергаульско-Хаутаварский, Ялонварский блоки) глубинные разломы выражены мощными зонами рассланцевания, интенсивной трещиноватости, брекчирования пород и характеризуются развитием кварцевых метасоматитов, несущих колчеданное и полиметаллическое оруденение. Метасоматические и анатектические жильные образования со специфическим редкоземельным оруденением здесь, как правило, отсутствуют.

4. В пределах Сортавальско-Питкярантского блока (Ладожский синклиниорий), где ультраметаморфизм проявился преимущественно в куполах, а развитые в межкуполльных пространствах вулканогенно-осадочные толщи изменены в условиях низких ступеней амфиболитовой и зеленосланцевой фаций метаморфизма, разломы, несущие метаморфогенное оруденение, приурочены в основном к периферическим частям купольных структур. Разломы выражены зонами рассланцевания, милонитизации, брекчирования и характеризуются проявлением многостадийных метасоматических преобразований пород, в результате которых последовательно сформировались скарноиды, кварц-полевошпатовые, высоко- и низкотемпературные кварцевые метасоматиты. Формирование скарноидов сопровождалось концентрацией редких элементов: вольфрама, молибдена. С низкотемпературным кварцевым метасоматозом связано образование полиметаллических рудопроявлений. Поскольку кварц-полевошпатовые метасоматиты накладываются на скарноиды и тесно ассоциируют с высокотемпературными кварцевыми метасоматитами, все эти образования можно рассматривать как результат метасоматоза, связанного с ультраметаморфизмом в центральных частях куполов. Низкотемпературные кварцевые метасоматиты сформировались на стадии регressiveного метаморфизма.

5. Таким образом, важная роль разломов в локализации метаморфогенной рудной минерализации выступает достаточно четко. Это касается как производных ультраметаморфического цикла, так и метасоматических образований периода регressiveного метаморфизма. Наиболее ранние анатектические образования кварц-олигоклазового состава с редкоземельно-редкометальной минерализацией, образованные

в результате метаморфической дифференциации, скапливались в зонах разломов, поскольку последние являлись областями пониженного давления. Те же разломы служили путями перемещения анатектических расплавов и растворов, поступавших главным образом из более глубоких частей земной коры и обусловивших формирование жильных пород кварц-микроклинового и биотит-кварцевого состава с молибденовой и колчеданной минерализацией. Интенсивные метасоматические преобразования пород, проявившиеся в период регressiveного метаморфизма, осуществлялись под влиянием значительных порций водных растворов, поступавших извне. Фильтрация этих растворов контролировалась ослабленными зонами в условиях хрупких деформаций. Источником растворов служили, по-видимому, горизонты дегидратации в глубоких сечениях земной коры и, возможно, амфиболит-эклогитовые ассоциации, подвергшиеся фазовым превращениям в верхней мантии.

*В. И. Робонен, С. И. Рыбаков (Геол. ин-т
Карельского фил. АН СССР)*

МЕТАМОРФИЧЕСКАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРЕЛИИ И ФИНЛЯНДИИ

1. С генетических позиций были изучены соотношения процессов вулканизма, осадкообразования и метаморфизма в образовании колчеданных месторождений Карелии и Финляндии. По ряду признаков установлено, что серноколчеданные месторождения Карелии (Хаутаварское, Паандовское и др.), медноколчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения Финляндии (Оутокумпу, Вуонас, Пюхасалми, Виханти и др.) имеют полигенный генезис. В их формировании устанавливаются два этапа: вулканогенно-осадочный и метаморфогенный.

2. Первый этап связан с накоплением осадочно-вулканогенных формаций на ранней стадии протогеосинклинального развития Балтийского щита (не позднее 2500 ± 200 млн. лет).

Второй, метаморфогенный этап проходил в условиях, изменяющихся от низких ступеней эпидот-амфиболитовой до высоких ступеней амфиболитовой фации регионального метаморфизма преимущественно умеренных давлений. В карельских рудах, состоящих первоначально из тонко- и скрытокристаллического пирита, прогressiveная стадия метаморфизма выразилась в интенсивной их перекристаллизации без существенного пространственного перемещения вещества. Возникли различные метаморфические структуры (грано-, гетеробластические и др.) и текстуры (сланцевато-полосчатые, прожилково-полосчатые, линзовидно-полосчатые и др.) руд. Вместе с тем хорошо сохранились реликты первичных текстур: оолитовые, слоистые, колломорфные.

3. В колчеданных рудах Финляндии устанавливается более интенсивная степень перекристаллизации. Наличие халькопирита, сфалерита, галенита, легче переотлагавшихся, чем пирит, придало рудам гидротермальный облик. Однако иногда встречаются реликты тонкослоистых текстур (Оутокумпу).

4. Чрезвычайно характерно для карельских и финских колчеданных месторождений широкое развитие в них пирротиновой минерализации. В Карелии устанавливается наложение ее на перекристаллизованные пиритовые руды. Образование пирротина связано с широкой регенерацией колчеданных месторождений на регressiveной стадии регионального метаморфизма, благодаря растворению пиритовых руд метаморфическими растворами и переотложению их в форме пирроти-

на. Некоторые небольшие рудопроявления были полностью регенерированы. Образование пирротина сопровождается регрессивными околоврудными изменениями вмещающих пород. Температура кристаллизации пирротина не превышает 300—360°С. Представляется, что процессы железо-магний-кальциевого метасоматоза, сопровождающие колчеданное оруденение в Финляндии, явились результатом извлечения железа, магния, кальция, хрома и некоторых других элементов из прослоев доломитов и интрузивных тел основного—ультраосновного состава. Извлечение некоторых рудогенных элементов из вмещающих пород (Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As и др.) и вынос серы из колчеданных залежей привели в ряде случаев к формированию зон вкрапленных руд и образованию рудопроявлений метаморфенно-гидротермального генезиса. Примером может являться медно-никелевое оруденение в ультраосновных породах и вмещающих сланцах у контакта с колчеданными рудами в Оутокумпу (Финляндия) и Хаутаваре (Карелия).

А. И. Кайряк, В. З. Негруца, Ю. К. Гуменный
(СЗТГУ)

К ПРОБЛЕМЕ ЗОЛОТОНОСНОСТИ КАРЕЛИД

1. Литогенез карельского комплекса Балтийского щита аналогичен литогенезу докембрийских формаций, вмещающих известные стратиграфические месторождения золота кварцево-конгломератового типа. Высокие содержания золота в терригенных образованиях карельского комплекса установлены более чем в 30 пунктах. Присутствие золота в виде единичных знаков (от 1 до 40 золотин на пробу весом в первые килограммы) является одной из минералогических особенностей карелид. Золото встречается во всех основных разновидностях метаосадочных пород, но наиболее характерно для кварцевых конгломератов.

2. Выделяются две группы золотоносных кварцевых конгломератов — сульфидная и магнетит-маргит-гематитовая. Сульфидные кварцевые конгломераты характеризуют две нижние предъятулийские серии карельского комплекса — тунгудско-надвоицкую и сариолийскую, магнетит-маргит-гематитовые — ятулийские и эпиятулийские серии. Первые по комплексу литогенетических признаков тождественны золоторудным конгломератам витватерсрандского типа, вторые — конгломератам тарквинского типа. Сульфидные конгломераты имеют ограниченное развитие — они установлены только в пределах Северо-Восточной зоны карелид; магнетит-маргит-гематитовые конгломераты распространены на всей площади Карелии. Первые слагают сравнительно мало мощные пласты (до нескольких метров) и локализуются в ограниченном интервале разреза, вторые могут образовывать пачки мощностью до нескольких сот метров и наблюдаются на разных стратиграфических уровнях. И те и другие фиксируют начало или конец осадочных ритмов и отмечают собой этапы наиболее интенсивных тектонических подвижек в областях сноса. Оба типа конгломератов сформированы за счет продуктов кор выветривания химического типа на гранитоидах и отчасти формациях колчеданного и джеспилитового типов; кварц в них заимствован из пегматитовых и кварцевых жил гранитов, частью из кварцевых жил, пересекающих сланцево-метабазитовые толщи лопского комплекса.

3. Сульфидные кварцевые конгломераты преимущественно прибрежно-бассейнового типа. Они хорошо отсортированы, гравийные, мелко-, реже крупногалечные, с высоким коэффициентом упаковки галек. Образуют слои мощностью от нескольких сантиметров до не-

скольких метров среди гравелитов и мономинеральных кварцитов, вместе с которыми слагают протяженные пачки выдержанной мощности.

Среди магнетит-мартит-гематитовых конгломератов различаются фации типа временных потоков, русел и дельт, обширных прибрежных равнин и пляжей. Они весьма разнообразны как по текстуре и структуре, так и по морфологии слагаемых ими тел. Устанавливаются все переходы от крупногалечно-валунных до гравийных и от хорошо отсортированных и плотно упакованных до совершенно неотсортированных и редкогалечных. Золото присутствует во всех перечисленных разновидностях конгломератов, но наиболее характерно для дельтовых и прибрежно-бассейновых типов. С этими конгломератами связаны наиболее значительные из известных сейчас проявлений золота. При этом в сульфидных конгломератах металл присутствует в виде редких и весьма мелких золотин типично аутигенного облика, часто связанного с пиритом. В магнетит-мартит-гематитовых конгломератах наряду с аутигенным золотом присутствуют золотины достоверно аллотигенного происхождения. Золотины здесь заметно более крупных размеров (до 2 мм). Поведение золота внутри отдельных пластов конгломератов еще далеко не ясно. Для магнетит-мартит-гематитовых конгломератов в ряде случаев получены данные, свидетельствующие о «струйчатом» характере распределения повышенных концентраций металла. Золото локализуется в пределах узких полос, вытянутых параллельно направлению течения палеопотоков. Они ориентированы как поперек береговой линии палеобассейнов, так и под углом к ней. То же можно предположить и для сульфидных конгломератов. В этом случае, однако, золото отличается более равномерным распределением по пласту. В обоих случаях наиболее обогащены металлом нижние или верхние части конгломератовых пластов. Наибольшее содержание золота во всех случаях связано с зонами максимального обогащения конгломератов аутигенными рудными компонентами (пиритом, гематитом).

4. Сходство в составе, генезисе и палеогеографических условиях формирования кварцевых конгломератов Карелии с золоторудными конгломератами аналогичного возраста других регионов мира, данные о региональной зараженности конгломератов Карелии и прямые находки значительных рудных концентраций металла в них являются убедительным доказательством перспективности Карелии в отношении месторождений золота кварцево-конгломератового типа. Комплексный анализ литолого-фациально-палеогеографических и минералого-geoхимических данных с учетом состава области сноса в период формирования золотоносных конгломератов и сравнительное сопоставление этих данных с аналогичными данными по золотопромышленным конгломератам мировых эталонов (Витватерсранд, Тарква и др.) дают основание выдвигать в качестве первоочередных объектов для детальных поисков участки распространения сульфидных конгломератов в пределах Выгозерско-Шомбозерской зоны и магнетит-мартит-гематитовых конгломератов западного и северного обрамления Онежской структуры и Янгозерской структуры. При проведении поисковых работ и оценке полученных результатов необходимо учесть опыт эксплуатации месторождений районов Витватерсранд и Тарква. Известно, что наиболее богатые концентрации золота в пределах рудных полей локализуются в конгломератах чаще всего в виде полос — «струй», ширина которых от нескольких метров до сотен метров, редко больше километра, при мощности рудных прослоев от нескольких сантиметров до метра, редко больше. За пределами этих «струй» содержание золота в конгломератах обычно не превышает 1—2 г/т.

5. Зоны повышенного метаморфизма и гидротермальной проработки карелид могут представить интерес в отношении золота, связанного с кварцевыми жилами. Последние локализуются среди первично обогащенных золотом метаглинисто-карбонатных отложений в покровах вулканитов основного состава. В этом плане наибольший интерес представляют Куолаярвинская и Кукасозерская структуры, область Ветреного Пояса и Ладожский синклиниорий.

Т. П. Жаднова, А. Д. Даин (ЦНИГРИ, СЗТГУ)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ФОРМАЦИЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

1. Геологическая позиция Кольского полуострова, представляющего северо-восточную часть Балтийского щита, предопределила специфику его металлогенеза (никель, медь, железо, титан, слюда и др.), характерную во многих чертах для известных зарубежных крупнейших золоторудных провинций древних щитов. Узкие «трогообразные» шовные структуры, широкие синклиниории, выполненные протерозойскими метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами и обрамленные глубинными зонами разломов, к которым приурочены разнообразные комплексы интрузивных пород, являются наиболее благоприятными для золотого оруденения структурами.

В них известна золотая минерализация стратиформного типа (в грубообломочных толщах среднего протерозоя и железистых кварцитах нижнего протерозоя), типа жил, жильных и вкрапленных зон.

2. Вкрапленная золоторудная минерализация приурочена к узкой (2—4 км) протяженной (до 100 км) шовного типа структуре, ограниченной глубинными разломами и выполненной нижнепротерозойскими метаморфизованными (в амфиболитовой фации) вулканогенно-осадочными породами, интрудированными согласными и секущими жилами метабазитов и небольшими штоками турмалиновых гранитов; к бортам структуры тяготеют мелкие тела плагиомикроклиновых и микроклиновых гранитов. Золотое оруденение приурочено к дайкам метадиабазов, залегающим согласно с общим простиранием вмещающих их амфиболовых плагиосланцев, андалузит-ставролит-гранатовых и гранат-кордиеритовых кристаллических сланцев. Метадиабазы будинированы, в зонах интенсивного рассланцевания наблюдаются наиболее значительные гидротермальные преобразования пород и рудная минерализация.

3. Золотое оруденение сопровождается различной интенсивностью вкрапленностью арсенопирита и прожилковой и прожилково-вкрапленной пирротиновой минерализацией; в резко подчиненном количестве среди рудных минералов присутствуют пирит, магнетит, ильменит, халькопирит, пентландит, никелин, леллингит, саффлорит, шеелит, молибденит. Золото наиболее тесно пространственно (возможно, и генетически) ассоциирует с арсенопиритом, к участкам с интенсивной арсенопиритовой вкрапленностью приурочивается наиболее интенсивная золотая минерализации; сравнение данных по золотоносности арсенопирита и пирротина показало резкую (в 80—100 раз большую) обогащенность золотом арсенопирита.

Золото — двух разновидностей: 1) резко преобладает (90%) низкопробное (проба 715—770), обнаруживающее наиболее тесные связи с арсенопиритом; 2) высокопробное золото (проба 875—895) несколько

разобщено с арсенопиритом, но пространственно связано с шеелитом. По морфологии золото относится к комковидно-пластинчатому типу с преобладанием изометрических форм, большая часть золотин представлена монокристаллами и их сростками, часто имеющими хорошую огранку в виде ромбоэдров, октаэдров и комбинаций последних с кубами. Преобладающий размер золотин менее 0,3 мм. Для низкопробного золота характерны срастания с арсенопиритом и кварцем, высокопробное золото встречено в срастании с роговой обманкой.

Окорудные изменения вмещающих пород выражены в диопсидизации, биотитизации, серicitизации и альбитизации.

4. Золотосодержащие кварцевые жилы приурочены к зоне глубинного ралома, сочленяющего беломориды с карелидами. Полоса сосредоточения золото-кварцевых жил располагается на восточном, осложненном дизъюнктивами крыле широкого синклиниория, выполненного среднепротерозойскими вулканогенно-осадочными породами. С зонами разрывов связаны различной крупности тела основных и ультраосновных пород, а также небольшое тело микроклиновых гранитов, расположено вблизи характеризуемой полосы.

Кварцевые жилы имеют большую протяженность (до 800 м), по простирианию они образуют четкообразные пережимы и раздувы мощностью до 7 м. Преобладающее простижение их субмеридиональное (северо-восточное 20—30°) при крутом (80—85°) северо-западном падении. Золотая минерализация приурочивается к жилам, расположенным по контакту даек tremolитизированных пироксенитов с покровами метадиабазов (часто миндалекаменных). Кварц, слагающий золотосодержащие жилы, крупнозернистый, стекловатый, белый, местами пятнисто-окрашенный в серовато-бурые тона. В отдельных участках интенсивно гранулирован, приобретает «сахаристый» облик. Обычно рудная минерализация (особенно халькопирит) располагается в пятнисто-окрашенном кварце (сером или буром).

Основным рудным минералом является халькопирит, которому подчинены галенит и сфалерит, в виде редких включений встречаются пирротин, алтант, тетрадимит и золото; в единичных зернах отмечен пирит и валлерийт.

Рудные минералы распределяются по жиле неравномерно, но в общем их количество невелико, так как данные жилы относятся к классу малосульфидных.

Золото крупное (до 5 мм), пробность его колеблется в довольно широких пределах — от 820 до 960. Обычно мелкое золото более высокопробное и имеет более правильные форм-кристаллы, изометрические, часто с выпуклыми гранями и слаженными ребрами; различаются октаэдры, тетраэдры, ромбоэдры, пентагонодекаэдры, ромбододекаэдры. Встречаются шаровидные золотины (с выпуклыми гранями и слабо намеченными ребрами) и дробевидные (с гладкой поверхностью). Простота кристаллических форм выделений свидетельствует о медленной смене термодинамических условий при кристаллизации золота, обычно присущей достаточно глубинным месторождениям.

5. Окорудные изменения вмещающих жил метадиабазов выражаются в интенсивном калиевом метасоматозе — широкой зоне биотитизации (до 4 м) и образовании в экзоконтакте оторочек крупного радиально-лучистого актинолита.

6. Приведенные особенности двух типов золотой минерализации Кольского полуострова имеют много общих черт с известными зарубежными золоторудными месторождениями, расположенными в пределах докембрийских щитов (Колар, Индия; Калгурули, Австралия и др.).

Ж. Д. Никольская, Л. И. Гордиенко,
А. М. Ларин (ВСЕГЕИ)

ОСОБЕННОСТИ ПЕТРОЛОГИИ И МЕТАЛЛОГЕНИИ ГРАНИТОИДНЫХ ФОРМАЦИЙ КАРЕЛИИ

1. В истории геологического развития Карелии выделяется восемь структурно-формационных комплексов: беломорский (AR) прогеосинклинальный; раннекарельские (PR₁) геосинклинальные (нижний и верхний); позднекарельские (PR₂) геосинклинальный, орогенный, по-здеорогенный (нижний, средний, верхний); посткарельские (PR₃) платформенные (нижний, верхний).

2. Для протерозойского гранитоидного магматизма рассматриваемого региона характерна отчетливо выраженная цикличность, обусловленная разновременным развитием различных тектонических структур единой геосинклинальной области Карелии.

В настоящее время могут быть выделены три цикла гранитообразования: первый раннекарельский (PR₁¹), второй раннекарельский (PR₁²) и позднекарельский (PR₂), в пределах которых выявляются определенные группы (серии) гранитоидных формаций (принадлежащие к соответствующим структурно-формационным комплексам), закономерно сменяющие друг друга во времени. К первому циклу относятся: 1) чарнокитовая, 2) плагиогранит-мигматитовая и 3) гранит-мигматитовая формации, развитые преимущественно в Карельской структурно-формационной зоне; ко второму: 4) диорит-плагиогранитовая, 5) мигматит-гранитовая и 6) гранитовая формации, локализующиеся главным образом в Куола-Выгозерской структурно-формационной зоне и примыкающих к ней частях Беломорской и Карельской зон; к третьему: 7) габбро-плагиогранитовая, 8) мигматит-плагиогранитовая, 9) мигматит-гранитовая, 10) лейкогранит-гранитовая, 11) гранитов рапакиви и 12) гранит-лейкогранитовая формации, развитые исключительно в Ладожской структурно-формационной зоне.

3. Перечисленные формации отнесены к двум генетическим типам гранитоидов: I тип — метасоматические, анатектические и реоморфические (1, 3, 4, 5, 8, 9); II тип — магматические (1, 6, 7, 10, 11, 12). Для гранитоидов I типа характерна тесная связь с процессами регионального метаморфизма и ультраметаморфизма, неэвтектический и анхиэвтектический состав, обедненность редкими элементами. Гранитоиды II типа — интрузивные, состав их эвтектический, глубина становления, по-видимому, незначительная. Эти гранитоиды (кроме чарнокитовой и габбро-плагиогранитовой формаций) обогащены редкими элементами (W, Sn, Nb, Pb, Rb, Cs и др.).

4. Металлогеническая специализация на редкие элементы свойственна только магматическим гранитоидам, являющимся наиболее поздними членами гранитоидных серий каждого цикла. При этом от древних к молодым в формациях растет спектр элементов, участвующих в рудообразовании, увеличивается количество генетических типов оруденения, возрастает масштаб последнего и сменяется профирирующий металлы (Mo — W — Sn).

Рудоносными редкометальными являются три формации: гранитовая (PR₁²), лейкогранит-гранитовая (PR₂) и гранит-лейкогранитовая (PR₂). Наиболее перспективной представляется наиболее поздняя, гранит-лейкогранитовая формация среднего протерозоя. С нею связано редкометальное оруденение полигенных и полихронных полиметаллических

ческо-редкометальных месторождений (в частности, Кительского и Питкярантского рудных полей).

5. Перспективными для поисков редкометального оруденения, связанного с гранитоидными формациями, в Карелии являются Ладожская, Куола-Выгозерская структурно-формационные зоны, а также примыкающие к ним краевые части Беломорской и Карельской зон. В последней (Центральная Карелия) перспективны также территории развития гранитов и метасоматитов, приуроченные к крупным зонам дизъюнктивных нарушений.

Л. В. Григорьева, Н. Н. Колесник,
Н. Ф. Шинкарев (ВСЕГЕИ, ЛГУ)

ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ НА БАЛТИЙСКОМ ЩИТЕ, ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНЕЗА

1. С процессами тектономагматической активизации на щитах связаны месторождения разнообразных полезных ископаемых, играющие важную роль в балансе запасов таких металлов, как олово, вольфрам, редкие земли, свинец, цинк, медь, молибден, висмут и др. На Балтийском щите процессы активизации долгое время не отмечались, однако в последние годы рядом исследователей был поставлен вопрос о проявлении в регионе верхнепротерозойской и палеозойской тектономагматической активизации, обусловившей возникновение комплекса «нетипичных» для докембрия месторождений и рудопоявлений флюорита, барита, олова, вольфрама и др.

2. Новейшие данные о геологическом строении и развитии Балтийского щита и его глубинной структуре позволяют выделить две эпохи активизации: верхнепротерозойскую, проявившуюся в интервале времени 1700—900 млн. лет, и палеозойскую с возрастом 500—290 млн. лет. Верхнепротерозойская активизация является автономной; характер палеозойской активизации, синхронной с развитием складчатого пояса норвежских каледонид, пока неясен; возможно, ее следует рассматривать как отраженную.

3. Верхнепротерозойская тектономагматическая активизация обнаруживает связь с мощными мантийными процессами, которые выражались в подъеме поверхности М и нижних горизонтов земной коры, а также в формировании специфических магматических и вулканогенно-осадочных комплексов, таких, как субиотнийские порфиры серии Дала, рапакиви, граниты Бохус и др. По-видимому, можно наметить две стадии активизации, первая из которых с возрастом 1700—1400 млн. лет сопровождалась формированием субиотийских вулканогенно-осадочных отложений и комплекса рапакиви, а вторая с возрастом 1300—900 млн. лет привела к образованию иотнийских впадин и гранитов Бохус.

4. Интенсивные мантийные процессы, выразившиеся в подъеме поверхности М и нижних горизонтов земной коры, отмечаются в Приладожье, Прионежье, в акваториях Белого и Балтийского морей, в южной части Ботнического залива и на прилегающих территориях, а также в некоторых районах Кольского полуострова.

В Приладожье к области подъема мантии и гранулито-базитового слоя приурочены интрузии комплекса рапакиви, диабазы о-ва Валаам, дациты оз. Янис-ярви и наложенные впадины, выполненные отложениями приозерской и салминской свит. Представляется, что синхронными с комплексом рапакиви являются кварцевые габбро и трахитоид-

ные граниты типа Путсари, а также многофазные массивы Кааламо, Велимяки и др.

В Прионежье верхнепротерозойские образования пока не отмечались, однако, по устному сообщению М. Я. Цирульниковой и Р. С. Сокол, геофизические поля в южной части Онежского озера могут соответствовать гранитам рапакиви. Не исключено, что верхнепротерозойскими являются Бураковский и Аганозерский массивы основных пород, а также граниты Телекинского, Карташовского массивов и некоторые другие.

В акватории Белого моря к глубинному сводовому поднятию нижних горизонтов земной коры приурочен Онежский рифейский грабен, представляющий зону рифта, и трубы взрыва, выполненные кимберлитоподобными породами. На северном побережье Белого моря известны рапакивиподобные граниты умбинского комплекса.

В районах, прилегающих к Балтийскому морю и южной части Ботнического залива, распространены интрузии комплекса рапакиви, субитийские и иотнийские вулканогенно-осадочные образования и граниты Бохус.

5. Области верхнепротерозойской тектономагматической активизации характеризуются специфической металлогенией, что выражается в появлении месторождений и рудопроявлений молибдена, олова, вольфрама, редких металлов, полиметаллов. Это хорошо видно на примере Приладожья, поскольку среднепротерозойская металлогеническая зона с медно-никелевым и полиметаллическим оруденением, расположенная в краевой части Свекофеннского складчатого пояса, прослеживается от Ладожского озера до Ботнического залива, тогда как рудопроявления олова, вольфрама, молибдена и некоторых редких металлов тяготеют только к ее юго-восточной части и к южной части Карельского блока. Молибденовые рудопроявления известны в Прионежье. Молибденовая минерализация характерна также для рапакивиподобных ара и поррьяс гранитов Кольского полуострова. В Южной Финляндии, Центральной и Южной Швеции, Южной Норвегии известны месторождения и рудопроявления молибдена, вольфрама, серебра, золота, полиметаллов. В железорудных месторождениях Центральной Швеции известны настурансодержащие жилы с возрастом 1585 млн. лет.

6. Общие закономерности пространственного размещения месторождений, связанных с эпохой верхнепротерозойской автономной активизации, не изучены. Представляется, однако, что рудоконцентрирующими являются разломы широтного направления, существенно влияющие на размещение верхнепротерозойских интрузивных и вулканогенно-осадочных образований. Роль рудораспределяющих и рудолокализующих структур, по-видимому, играли разломы северо-западного и северо-восточного направлений. Примером может служить Элисенваарский разлом, к южной части которого тяготеют полиметаллические жилы, секущие рапакиви, к центральной — рудопроявления вольфрама, молибдена, полиметаллов, барита и на северном продолжении которого в пределах Карельского блока известны проявления редкометальной, молибденовой и вольфрамовой минерализации.

7. Процессы палеозойской тектономагматической активизации проявились на Кольском полуострове и нашли свое выражение в формировании многочисленных интрузий щелочно-ультраосновных пород с карбонатитами и более поздних массивов нефелиновых сиенитов. С щелочно-ультраосновными интрузиями связано железо-титановое и редкоземельное оруденение, с нефелиновыми сиенитами — месторождения апатита, редких металлов и редких земель. Массивы обоих типов контролируются разломами широтного и северо-восточного направле-

ний, металлогенические особенности которых остаются неизученными. Процессы палеозойской, а возможно, и более молодой тектонической активизации отмечаются в районе Белого моря, на побережье которого известны палеозойские дайки щелочных пород; имеются данные о современной сейсмической активизации Беломорья. С процессами палеозойской или более молодой активизации связаны, по-видимому, флюоритовые рудопроявления Терского берега и сурьмяная минерализация Тикшозера.

8. Установление в регионе процессов верхнепротерозойской и палеозойской тектоно-магматической активизации позволяет по-новому оценить перспективы многих районов восточной части Балтийского щита. Месторождения, связанные с эпохой верхнепротерозойской активизации, могут быть обнаружены, помимо Приладожья, в южной части Карельского блока, в Прионежье, на западе Кольского полуострова и, возможно, в Беломорье. Месторождения, сформированные в эпоху палеозойской активизации, по-видимому, локализуются на Кольском полуострове. Задачей ближайшего будущего является изучение и оценка интенсивности рудных процессов, связанных с верхнепротерозойской активизацией, и определение главных закономерностей локализации месторождений и рудопроявлений, сформированных в результате верхнепротерозойской и палеозойской тектоно-магматической активизации.

*Ю. И. Рабинович, В. Е. Попов, В. З. Негруца,
А. И. Кайряк, О. С. Белоглазова, А. М. Тараканков,
И. П. Рачинская, Г. Д. Толстова, В. А. Коровкин
(СЗТГУ, ВСЕГЕИ, Зап. геофиз. трест)*

ЭТАПЫ ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ И ФОРМАЦИОННАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ РУД ЗОЛОТА, МЕДИ И ПОЛИМЕТАЛЛОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

1. Анализ фактического материала при составлении прогнозно-металлогенических карт восточной части Балтийского щита на золото, медь, полиметаллы и серный колчедан позволил выявить формационную принадлежность этих полезных ископаемых и установить приуроченность важнейших рудных формаций к основным этапам тектоно-магматического цикла.

2. Архейская прогеосинклинальная эпоха относительно бедна полезными ископаемыми. Здесь условно выделена лишь одна формация — серноколчеданная с кобальтом в гнейсах и амфиболитах (фальбанд) со слабо изученной генетической природой.

3. Для нижнепротерозойской протогеосинклинальной эпохи характерны медно- и серноколчеданная рудные формации в рассланцеванных вулканитах (месторождения Ялонвара, Парандово, Хаутавара и др.). Отмечается тесная генетическая связь колчеданного оруденения с вулканитами кератофир-спилитовой формации. Кислый и средний магматизм на завершающей стадии протогеосинклинальной эпохи сопровождался минерализацией, относящейся к золото-мышьяковой формации в зонах рассланцевания (Олененское месторождение).

4. Среднепротерозойскаяprotoорогенная эпоха эндогенного оруденения является одной из важнейших. К осадочной части разреза ятуийских грабен-синклиналей приурочены золотая и медная минерализации стратиформного типа, относящиеся к формациям: золоторудной в конгломератах и песчаниках (Койкарь), меднорудной в песчаниках (Воро-

нов Бор, Майм-ярви, Кукас-озеро), кобальт-меднорудной в углеродистых сланцах (Заонежский полуостров). Широко развитые основные вулканиты содержат рудопроявления, относимые к формации меднорудной в диабазах.

5. Завершениеprotoорогенной эпохи и последующая тектономагматическая активизация характеризуются разнообразием эндогенного оруденения. С этим периодом связано возникновение месторождений, относимых к формациям: железо-медно-цинковой с оловом в скарнах (Северное Приладожье), сульфидной медно-никелевой в базитах и гипербазитах (эпигенетические руды Печенги, Аллареченского рудного узла, Ветреного Пояса и др.), серноколчеданной в зонах разлома (безникелевые пирит-пирротиновые руды в месторождениях Кировского района, Южно-Аллареченской, Лоттинской и других зонах), золото-сульфидной в кварцевых жилах (Куолаярви-Выгозерская зона).

6. К каледонской тектономагматической активизации относятся формации высокосеребристых руд — цинково-свинцовая и барит-кварцево-кальцитовых жил (месторождение Базарной губы и др.) и меднорудная в карбонатитах щелочно-ультраосновной магматической формации (Себльярв, Ковдор и др.).

7. Платформенный этап оруденения выражен слабо и представлен одиночным рудопроявлением меднорудной формации в известняках (о-в Кильдин) и небольшими концентрациями золота среди ледниковых и современных аллювиальных отложений.

8. Наиболее практически интересные рудные объекты характеризуются наложением оруденения различных формационных типов.

9. Перспективные скопления полезной минерализации приурочиваются к местам пересечения и сочленения разновозрастных металлогенических зон различной рудной минерализации.

*О. А. Анищенкова, А. Н. Берковский, Д. И. Гарбар,
В. Х. Петерсилье, В. А. Пуура, С. Н. Тихомиров
(СЗТГУ, Упр. геол. СМ ЭССР, ВСЕГЕИ, ИГГД АН СССР)*

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЮЖНОГО И ЮГО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНОВ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

1. В течение 1958—1973 гг. на склонах Балтийского щита (от Восточного Прионежья до Западной Эстонии) произведены геологосъемочные работы, выполнен большой объем геофизических исследований и пробурено с различными целями несколько сот глубоких скважин. Одним из важнейших результатов этих работ явилось картирование погребенного фундамента (до глубины 500—800 м), выполнявшееся СЗТГУ, ЗГТ, Управлением геологии СМ ЭССР, ВСЕГЕИ и ИГГД, в результате чего получена огромная новая информация о его строении и металлогении.

2. На склонах щита по характерным чертам магнитного и гравитационного полей и сходству образований докембрия, вскрытых скважинами, выделяется несколько обособленных зон. Некоторые из них соответствуют погребенным частям основных структур Балтийского щита. Под осадочным чехлом устанавливается продолжение Карельского массива, Восточно-Финляндской и Центрально-Карельской зон карелид. К югу от Финского залива выделяются относимые к свекофеннидам Ижорская зона, зона Таллин — Локса и Новгородский гранитоидный массив. К юго-западу от области свекофеннид располагается Латвийско-Эстонская зона архейских гранулитов, претерпевшая, по-видимому, переработку в протерозое, а к юго-востоку — такая же Крестецко-Великолукская зона.

Наибольшим распространением среди пород фундамента пользуются свекофенниеские образования дискуссионного возраста (поздний архей или ранний — средний протерозой), представленные главным образом чередованием значительно мигматизированных биотитовых и глиноземистых гнейсов и слагающие всю область между Новгородским массивом и Латвийско-Эстонской зоной (на юге) и Центрально-Финляндским массивом (на севере). Амфибол-пироксеновые разности гнейсов и интрузии основного состава более характерны для Латвийско-Эстонской зоны. Повсеместно широко развиты протерозойские микроклиновые граниты, которым значительно уступают остальные гранитоиды. На территории Эстонии, помимо крупнейшего Рижского plutона и Лужского массива, выявлен ряд мелких массивов рапакиви.

3. К востоку от Ленинграда в современном структурном плане зона сочленения Балтийского щита с Русской плитой имеет резко выраженное блоковое строение и представляет собой систему чередующихся горстов и грабенов, среди которых можно выделить Восточно-Прионежский (Водлозерский) горст, грабен Онежского озера, Онежско-Ладожский горст, Ладожский грабен, Финско-Ладожский горст (в пределах Карельского перешейка). Эти структуры унаследованы от раннеплатформенного (а иногда и доплатформенного) этапа развития, причем грабены нередко контролируют размещение ранне-, среднепротерозойских, ютийских и рифейских образований.

4. В металлогеническом отношении наиболее интересны зоны долгоживущих разломов, разделяющие разновозрастные тектонические структуры и отдельные блоки. Так, Маткалахтинская и Южно-Волошовская зоны, ограничивающие Восточно-Прионежский блок, перспективны на черные и цветные металлы, связанные с интрузиями основного состава. Благоприятна для поисков редкometального и полиметаллического оруденения область развития пород сортавальской серии в Юго-Восточном Приладожье, где встречены скарновые ассоциации, характерные для Северного Приладожья. На Карельском перешейке отмечены проявления цветных металлов, редких и рассеянных элементов. Магнетитовое оруденение, связанное с архейскими кварцитами и габброидами, выявлено в пределах Йыхвиской и Сланцевской аномальных зон. Титано-магнетитовая минерализация характерна для Сигулаского массива габбро (Северная Эстония). Широко развиты в Эстонии также колчеданное и полиметаллическое рудопроявления, отмечающиеся как в фундаменте, так и в осадочном чехле и зачастую тяготеющие к локальным тектоническим структурам (Ульясте, Палукюла, о-в Гогланд), причем иногда отмечается телескопированное наложение более молодого полиметаллического оруденения на более древнее — пирит-пирротиновое.

B. E. Попов, Ю. И. Рабинович, A. M. Таракенков,
L. P. Харченко (ВСЕГЕИ, СЗТГУ)

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА И СВЯЗЬ С НИМ ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ

1. Новые данные о глубинном строении Карело-Кольского региона и Финляндии получены в результате построения мелкомасштабных схем поверхностей М и К по методике Е. Пенттилы. Выделены три типа блоков с мощностью земной коры 38—41, 35—37 и 30—35 км. Основой для выделения типов земной коры послужил пересчет гравиметрических данных в аномалиях Фая (материалы Западного геофизического треста и

Геологической службы Финляндии) с учетом 55 сейсмических профилей, проведенных на территории Балтийского щита.

2. Преобладающим типом земной коры в восточной части Балтийского щита является тип с $H_m = 35 \div 37$ км. Он отвечает срединным массивам, сложенным архейскими образованиями, перекрытым протогеосинклинальными отложениями PR₁ и субплатформенными отложениями PR₂ (Кольский, Карельский, Северо- и Центрально-Финляндский блоки). Металлогенический профиль блоков определяют колчеданные и железорудные месторождения, приуроченные к зонам глубинных разломов AR—PR₁.

3. Блоки с типом земной коры с $H_m = 30 \div 35$ км (Свекофенский, Беломорский, Кеми-Рованиеми) отвечают зонам, прошедшим в AR—PR₁ полный цикл про- и протогеосинклинального развития, в том числе с метаморфизмом слагающих их образований: а) до амфиболитовой и б) до гранулитовой фации. Металлогенический профиль этих блоков определяется развитием как колчеданно-полиметаллической, так и редкометальново-редкоземельной минерализации, иногда совмещенных.

4. Блоки с мощностью земной коры 38—41 км совпадают с крупными прогибами PR₂, выполненными осадочно-вулканогенными толщами субплатформенного характера (Печенгский, Имандра-Варзугский, Куопио-Панаярвинский, Поккала-Култала, Гайкольский, Онежский). Среднемасштабные схемы глубинного строения, впервые составленные для этих блоков, позволяют показать, что по морфологии подошвы базальтового слоя они относятся к типичным структурам растяжения, ограниченным линейными расколами, с резким трогообразным понижением поверхности M по краям блока и локальными поднятиями поверхности M в центральной ее части. Металлогенический профиль этих структур определяется приуроченностью медно-никелевых, железо-титановых и синвулканических медных месторождений и рудопроявлений к краевым частям и обрамлению прогибов, а вулканогенно-осадочных кобальто-médных — к центральной части прогибов, где их распределение также фиксируется уступами в поверхности M.

5. По комплексу геолого-геофизических данных выделены глубинные разломы, отмеченные уступами поверхности M, в том числе: а) фиксирующие структуры и интрузивные образования AR—PR₁, б) фиксирующие структуры и ультраметагенные образования PR₂, в) отвечающие зонам верхнепротерозойской и более поздней тектоно-магматической активизации. Для некоторых типов месторождений можно отметить тяготение к глубинным разломам без четкой зависимости от блокового строения земной коры. Так, золоторудные проявления тяготеют к глубинным разломам PR₂, редкометальные — к разломам PR₃—PZ.

*Н. К. Булин, Л. В. Григорьева, К. В. Ковалёва,
Н. Н. Колесник (ВСЕГЕИ)*

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ОБЛАСТИ ПОЗДНЕПРОТЕРОЗОЙСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

1. Территория Южной Карелии, охватывающая Приладожье, прилегающие районы Карельского массива и Прионежье, по совокупности геологических и геофизических данных может рассматриваться как область позднепротерозойской тектоно-магматической активизации. Наиболее четко процессы активизации проявились в Приладожье.

2. Приладожье представляет собой фрагмент Свекофеннского складчатого пояса, который в среднем протерозое завершил свое геосинклинальное развитие и превратился в консолидированную область. Процессы активизации проявились в Приладожье в верхнем протерозое. В это время здесь возобновились интенсивные движения по глубинным межблоковым и внутриблоковым разломам, сформировался сложный комплекс рапакиви с возрастом 1650—1420 млн. лет, возникли наложенные впадины: Салминская, Приозерская мульды, Пашский прогиб, вероятно, Янисярвинская структура, и образовались интрузии валаамского комплекса, а также, по-видимому, массивы основных пород и гранитоидов типа Путсари, параллелизуемые В. В. Ждановым с комплексом о.ва Валаам.

3. Глубинное строение земной коры в Приладожье обнаруживает специфические особенности, присущие областям автономной активизации. Этот район характеризуется пониженней мощностью земной коры и гранитного «слоя», а также сложным сочетанием интенсивных положительных и отрицательных гравиметровых аномалий, что является отражением его мозаичной блоковой структуры.

4. Приладожье характеризуется многообразной эндогенной минерализацией. Здесь известны месторождения и рудопроявления олова, железа, вольфрама, молибдена, цинка, свинца, меди, ниобия, тантала. Работами последних лет доказана связь железорудной и оловянной минерализации со II и III фазами гранитов рапакиви (1530 и 1450—1420 млн. лет). Кварцево-сульфидная минерализация является более поздней. Таким образом, эндогенное оруденение в Приладожье в главной своей массе связано с эпохой позднепротерозойской активизации.

5. Общеизвестна важная роль литологического контроля в размещении рудной минерализации Приладожья; рядом исследователей отмечается большое значение структурного контроля. В то же время наиболее крупные концентрации железных, оловянных и полиметаллических руд тяготеют к контакту рапакиви, что затрудняет общую оценку перспектив области активизации, поскольку массивы рапакиви имеют локальное развитие. Изучение глубинного строения Приладожья методом обменных волн землетрясений (МОВЗ) позволило наметить новые критерии для оценки района и выделить перспективные территории.

6. Исследованиями МОВЗ, которые были проведены ВСЕГЕИ в 1965 и 1967 гг. по профилям Выборг — Сортавала — Суоярви — Спасская губа (350 км) и Кисталахти — оз. Рики-ярви (80 км), зафиксировано слоистое строение земной коры и верхней части мантии до глубины 150—200 км, установлено блоковое строение территории и определены глубины региональных межблоковых разломов, достигающие иногда 100—120 км. В земной коре прослежено до 5—8 субгоризонтальных сейсмических горизонтов, которые залегают, как правило, согласно с поверхностью М.

На этом фоне выявлены два блока с аномальным строением земной коры. Первый из них, Сортавальско-Кирьявалахтинский, характеризуется сокращенной мощностью земной коры и дисконформным залеганием сейсмических горизонтов коры с поверхностью М. Второй блок, Латвасюрский, характеризуется увеличенной мощностью земной коры, дисконформным положением сейсмических горизонтов и поверхности М, а также, что весьма существенно, высокой степенью расчлененности средней части коры и крутыми углами наклона сейсмических горизонтов, падающих на юго-запад. В пределах блока отмечено также региональное погружение горизонтов верхней мантии под углами 20—30° в направлении СВ 0—20°. С северо-востока блок ограничен Сортавальской системой

разломов, глубина которых достигает 80 км, с юго-востока и юго-запада он также ограничен глубинными разломами, а в северо-западном направлении продолжается, возможно, на территорию Финляндии.

7. Латвасюрский и Сортавальско-Кирьявалахтинский блоки по особенностям своего глубинного строения являются уникальными на территории Приладожья и южной части Карельского массива. Вместе с тем они имеют аналоги в других регионах СССР, претерпевших тектономагматическую активизацию, например в Забайкалье и Алдано-Становой области. Так, по морфологии сейсмических границ упомянутые блоки Приладожья обнаруживают близкое сходство с Бигуринской и Сулхаринской зонами Центрального Забайкалья, с Северо-Становой структурно-металлогенической зоной, с главным золото-молибденовым поясом Приамурья, с Кличкинской полиметаллической зоной и Еравнинским рудным узлом. Все перечисленные зоны характеризуются широким спектром эндогенных полезных ископаемых; здесь известны месторождения железа, золота, молибдена, полиметаллов ($\text{Cu}-\text{Pb}-\text{Zn}$), сурьмы и ртути, причем наиболее типична эптермальная минерализация.

8. Металлогенез Латвасюрского и Сортавальско-Кирьявалахтинского блоков определяется сочетанием вольфрамового, молибденового, tantal-ниобиевого и полиметаллического оруденения. Вольфрамовое, молибденовое и tantal-ниобиевое оруденение локализуется в скарноидах питкярантской свиты и обнаруживает тесную связь с процессами кварцево-полевошпатового метасоматоза, которые проявились в зонах разломов по периферии гранито-гнейсовых куполов. Полиметаллическая минерализация ($\text{Cu}-\text{Pb}-\text{Zn}$) является более поздней и располагается в зонах окварцевания или в локальных зонах диафтореза. Рудопроявления этого типа характеризуются широким распространением; обычно они тяготеют также к скарноидам, но иногда располагаются в амфиболитах и роговообманковых сланцах. Оруденение в ряде случаев ассоциирует с флюоритом, баритом и карбонатами.

По степени интенсивности высокотемпературных и особенно низкотемпературных гидротермальных процессов Латвасюрский и Сортавальско-Кирьявалахтинский блоки заметно отличаются от большинства районов Приладожья и могут быть сопоставлены только с зоной экзоконтакта Салминского массива рапакиви. К сожалению, данных по глубинному строению этой зоны не имеется, поскольку наблюдения МОВЗ здесь не проводились. В то же время имеются данные об аномальном строении земной коры в экзоконтакте Выборгского массива рапакиви.

9. Таким образом, особенности глубинного строения и металлогенеза Латвасюрского и Сортавальско-Кирьявалахтинского блоков в сопоставлении с рудными районами и зонами других областей активизации позволяют выделить в Северо-Западном Приладожье территорию, перспективную на целый комплекс полезных ископаемых: вольфрам, молибден, полиметаллы. По аналогии с упомянутыми рудными районами Забайкалья и Алдано-Становой области эту территорию можно рассматривать как наиболее благоприятную для проявления эптермального оруденения, в первую очередь полиметаллического. Учитывая, что в Финляндии известно низкотемпературное гидротермальное сурьмянное (с золотом) месторождение Сейнайоки, формирование которого А. Д. Щеглов связывает с эпохой тектономагматической активизации, представляется возможным выявление в Северо-Западном Приладожье также других типов эптермальной минерализации. Вместе с тем следует иметь в виду, что сравнительное изучение металлогенических особенностей блоков с аномальным строением земной коры в пределах областей активизации только начинается и эта проблема требует дальнейшего анализа и разработки.

А. В. Савицкий, Г. О. Гукасян (МГ СССР)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЯВЛЕНИЯ ТИПСМОРФНОЙ АССОЦИАЦИИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

1. Кольский полуостров принадлежит к числу крупнейших редкometальных провинций. Для него характерна типоморфная минеральная ассоциация: ниобий — тантал — редкие земли.

Эндогенные месторождения ниobia, тантала и редких земель формировались в позднекарельскую (1750—1800 млн. лет), каледонскую (380—410 млн. лет) и герцинскую (290—310 млн. лет) металлогенические эпохи. Эти эпохи протекали в обстановке тектоно-магматической активизации региона. Масштабность процессов рудообразования нарастала от позднекарельской металлогенической эпохи к герцинской. Герцинская эпоха характеризуется наибольшим разнообразием генетических типов месторождений ниobia, тантала и редких земель.

2. Устанавливается тесная связь процессов редкometального рудообразования со щелочным магматизмом, мощно проявленным на протяжении геологической истории Кольского полуострова от среднего протерозоя до среднего палеозоя. Среднепротерозойские редкometальные месторождения связаны с магматическими комплексами щелочно-гранитовой формации, нижнепалеозойские — с магматическими комплексами нефелин-сиенитовой формации.

3. Щелочным магматическим комплексам свойственна четко выраженная натровая специализация, что, очевидно, обусловлено натровой тенденцией родоначальной глубинной магмы. Завершающие стадии магматических процессов характеризуются калиевой тенденцией. Аналогичная картина устанавливается при изучении метасоматических процессов.

4. В месторождениях, связанных с разнообразными по составу, специализированными на натрий щелочными интрузивными породами и натровыми метасоматитами, соотношения тантала и ниobia варьируют в незначительных пределах, среди редкоземельных элементов резко преобладают элементы цериевой группы. Редкometальная минерализация, связанная с существенно калиевыми щелочными интрузивными и метасоматическими породами, характеризуется резким возрастанием роли ниobia и редкоземельных элементов иттриевой группы.

В. П. Малышев, Г. А. Назарко (СЗТГУ)

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЖЕЛЕЗИСТО-КРЕМНИСТЫХ ФОРМАЦИЙ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

В докембрии на территории восточной части Балтийского щита выделяются три разновозрастных комплекса железисто-кремнистых формаций.

1. Железисто-кремнистая формация первого архейского структурного яруса развита в центральной и северо-западной частях Кольского полуострова в ассоциации с супракrustальными породами, рассматриваемыми в составе гнейсов кольской серии. Железисто-кремнистые образования картируются в виде узких линейно-вытянутых полос, протягивающихся с перерывами на значительные расстояния, подвергнуты интенсивной гранитизации и воздействию олигоклазовых гранитов. Среди супракrustальных толщ преобладают биотитовые, лептитовые, гранат-биотитовые, биотит-амфиболовые гнейсы и амфиболиты, в подчиненном

количестве присутствуют высокоглиноземистые гнейсы с гранатом, силлиманитом, дистеном и кордиеритом.

Железистые кварциты парагенетически связаны с породами лептилового ряда и образуют месторождения мелких и средних масштабов (Заимандровский район). К этому структурному этажу условно могут быть отнесены многочисленные рудопроявления железистых кварцитов так называемой тундровой серии, залегающих среди сланцеватых амфиболитов в северной части района (район рек Уры, Большой Лицы, Кеулика и др.).

2. Ко второму структурному этажу отнесена железисто-кремнистая формация Западно-Карельской структурно-фациальной зоны, выделенная в гимольскую серию в составе лопского комплекса. Породы гимольской серии залегают на кристаллическом основании архея, образуют разобщенные синклинальные структуры субмеридионального простириания, по своему происхождению подразделяются на первично-осадочные и вулканогенные. Железистые кварциты образуют крупные по размерам рудные залежи, тесно ассоциирующие с лептитами (Костомукшское месторождение).

3. В третьем структурном этаже отмечаются мелкие, не имеющие промышленного значения месторождения и рудопроявления гематитовых руд, связанные с яшмовидными силицитами и карбонатно-кремнистыми туфогенами средней части ятулийского разреза в Суоярвской и Туломозерской структурах Южной Карелии. Аналогичный тип рудопроявлений выделен на Кольском полуострове в составе третьего осадочного горизонта в Печенгской структуре.

Е. Д. Чалых, Ю. И. Рабинович, Н. И. Колпаков,
А. Н. Спиро (СЗТГУ)

НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ КОНТРОЛЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ РУД В ПЕЧЕНГСКО- АЛЛАРЕЧЕНСКОМ РАЙОНЕ

Рассмотрена формационная принадлежность интрузий основных и ультраосновных пород, вмещающих медно-никелевые эпигенетические руды в Печенгско-Аллареченском районе Кольского полуострова. Указана независимость геолого-морфологического характера оруденения от формационной принадлежности интрузий. Приведены признаки метаморфогенного происхождения эпигенетических руд. Выделена система рудо контролирующих разрывных нарушений, возникшая в ранние этапы постконсолидационной активизации тектономагматического цикла.

Приведены примеры тектонических разрывов, контролирующих размещение эпигенетических руд на площадях Печенгского и Аллареченского рудных узлов.

С. А. Сидоренко (ВИМС)

СВЯЗЬ СУЛЬФИДОНОСНЫХ ИНТРУЗИЙ ОСНОВНОГО И УЛЬТРАОСНОВНОГО СОСТАВА С СИСТЕМОЙ РАЗЛОМОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОМ АЭРОМЕТОДОВ НА ЗАПАДЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Дешифрирование аэрофотоматериалов масштаба 1 : 1700—1 : 50 000, фотосхем, материалов радарной съемки и аэрогеофизических наблюдений северного контакта гранулитового комплекса Кольского полуострова

с породами кольской и беломорской серий показало, что сульфиноносные интрузии основного и ультраосновного состава, расположенные вблизи этого контакта, залегают в местах пересечения его с глубинным разломом и разломами северо-восточного и меридионального направления. Такая связь обусловлена, вероятно, длительным существованием разломов, служивших в раннем докембрии подводящими каналами для основных и ультраосновных магм.

С. И. Зак, А. И. Богачев, В. Д. Слюсарев,
И. В. Давиденко, Л. Л. Гродницкий (Геол. ин-т
Кольского фил. АН СССР, Геол. ин-т
Карельского фил. АН СССР)

К ПРОБЛЕМЕ СТРУКТУРНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КАРЕЛО-КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Различные типы земной коры в архее предопределили металлогеническую специфику восточной части Балтийского щита. Выделяются три типа структурно-металлогенических районов: 1) геосинклинальные протерозойские прогибы, заложенные на коре субокеанического типа. Они характеризуются развитием магматогенных месторождений никеля, кобальта, меди и хрома, а также колчеданной минерализации; 2) геоструктуры (антиклиниории, сиалические синклиниории), заложенные на коре континентального типа. Им свойственны месторождения железа, титана, молибдена, полиметаллов, пегматитов мусковито-редкометальной формации, оловянно-вольфрамовая минерализация; 3) автономные пояса активизации верхнепротерозойского и палеозойского возраста. С ними связаны оловянно-вольфрамовые рудопроявления, редкоземельные и редкometальные пегматиты PR_3 , а также месторождения фосфора, железа, титана, редких металлов, флогопита в щелочно-ультраосновных и нефелин-сиенитовых массивах (PZ).

Ю. Б. Богданов, А. С. Воинов (ВСЕГЕИ, ЛГУ)

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСАДОЧНЫХ И ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫХ ФОРМАЦИЙ РАННЕГО ДОКЕМБРИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Архейские образования восточной части Балтийского щита принадлежат к трем формационным комплексам: гнейсовому, метабазитовому, гнейсо-метабазитовому — и отличаются весьма слабой рудоносностью. Только с комплексами стабильных областей связаны концентрации железа. В составе нижнего протерозоя выделяется шесть формаций: 1) глинистая кварцево-песчаниковая, с которой связаны высокоглиноземистые пелиты; 2) протосланцево-граувакковая; 3) протоспилито-диабазовая; 4) протокератофиро-спилито-диабазовая с железоколчеданными рудами, иногда с золотом и серебром; 5) кварцевых кератофиров с джеспилитами; 6) диабазовых и андезитовых порфиритов с проявлениями золота и меди. Таким образом, с течением времени устанавливается возрастание металлоносности осадочно-вулканогенных формаций раннего докембра.

В. В. Чупров (ВИРГ)

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-КОЛЬСКОЙ ГЛУБИННОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВИЗАЦИИ

К глубинным зонам длительной активизации автор относит платформенные краевые тектонические структуры внегеосинклинального типа, приуроченные к областям сочленения резко различных по времени консолидации мегаблоков и характеризующиеся длительным развитием в течение неоднократных тектонических циклов, отчетливо выраженным очертаниями, значительной протяженностью и типом металлогенеза.

Характерным примером является Центрально-Кольская глубинная зона длительной активизации, приуроченная к полосе сочленения областей катархейской и беломорской орогении и отличающаяся контрастным положительным гравитационным полем, резкой сменой регионального магнитного поля и линейными положительными магнитными аномалиями. В строении зоны принимают участие породы разнообразных осадочно-вулканогенных и интрузивных комплексов, сформированных в течение многократных тектонических циклов от раннего архея до среднего палеозоя.

В распределении рудных месторождений Центрально-Кольской зоны наблюдается асимметричная зональность — с юга на север сменяются пояса с медно-никелевым, редкоземельно-железо-титановым и далее титановым оруденением. Такая зональность тесно связана с неоднородным строением ее фундамента.

Л. П. Свириденко (Геол. ин-т
Карельского фил. АН СССР)

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ГЛАВНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ ГРАНИТОИДОВ КАРЕЛИИ И ЕЕ МЕТАЛЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

1. Среди гранитоидов Карелии выделяются два главных типа — гранитоиды плагиогранитной серии и граниты нормального ряда, различающиеся как по генезису, так и по геохимической специализации.

2. Общей особенностью геохимической специализации гранитоидов плагиогранитной серии является относительная обогащенность их ванадием, никелем, хромом и пониженная концентрация некоторых редких металлов, иттрия, скандия. Участвуя в нижнепротерозойской складчатости, архейские плагиогранитоиды обедняются перечисленными элементами и, таким образом, служат их потенциальным источником для рудообразующих растворов.

3. Металлоносность орогенических гранитов нормального ряда определяется термодинамическим режимом метаморфизма, в период которого они образуются. Не зафиксированы какие-либо постмагматические процессы и рудные образования, связанные с гранитами дистен-силикиманитового метаморфизма. Граниты нормального ряда, формирующиеся при метаморфизме андалузит-силикиманитового типа, образуются в результате кристаллизации водонасыщенного анатектического расплава с широким развитием постмагматических процессов, с которыми в отдельных случаях связана редкометальная или редкоземельная минерализация. При этом редкометальная минерализация связана с гранитами, формирующими в орогенный этап развития геосинклиналии, а редкоземельная — с одновозрастными гранитами зон активизации стабильных областей.

*М. И. Бураков, А. С. Воинов, Н. Н. Еляков,
Ю. С. Полеховский, А. С. Сергеев, И. П. Тарасова (ЛГУ)*

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИТОВ ЗОН РАЗЛОМОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Авторами проведено исследование вещественного состава и геохимических особенностей пород ряда региональных зон разломов Карелии и Кольского полуострова. Полученные материалы указывают на существование определенной связи металлогенических особенностей докембрийских тектонических зон, характеризующихся длительным полициклическим развитием, высокотемпературными прогрессивными метаморфическими и регressiveными метасоматическими преобразованиями, с геохимической специализацией пород, участвующих в строении этих зон. Породы тектонических зон отличаются повышенным фоном и значительной дисперсией молибдена, свинца, цинка, некоторых редких металлов, олова, циркония, редких земель, концентрация которых определяется перераспределением при ультраметаморфизме и последующем щелочном и кварцевом метасоматозе с термодинамическим режимом андалузит-силimanитовой фациальной серии.

В. В. Сиваев, В. А. Попова (СЗТГУ)

О СТРУКТУРНОМ КОНТРОЛЕ В РАЗМЕЩЕНИИ ПЕГМАТИТОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО БЕЛОМОРЬЯ

1. В Юго-Западном Беломорье — известной пегматитовой провинции — выделяются два разновременных и качественно различных структурных этажа: раннебеломорский (керетская, хетоламбинская свиты) и поздние беломориды — ранние карелиды (енская глиноземистая и пебозерская эфузивная свиты), которые различаются также характером структурных форм.

2. Пегматиты нижнего структурного этажа в основном керамические. Расположение кустов жил контролируется складками второго и третьего порядков. Пегматиты выполняют радиальные и концентрические трещины. Все известные наиболее крупные месторождения мусковитовых и редкометально-мусковитовых пегматитов залегают среди поздних беломорид в зоне сочленения их с карелидами, причем структурами, контролирующими их размещение, являются купольные и сводовые антиклинали третьего порядка, особенно их периклинальные замыкания.

*В. М. Чернов, В. Я. Горьковец (Геол. ин-т
Карельского фил. АН СССР)*

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ЖЕЛЕЗИСТО- КРЕМНИСТЫХ ФОРМАЦИЙ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

В раннем докембрии Балтийского щита выделяются два ряда железисто-кремнистых формаций: спилито-диабазовый и лепито-порфировый. Они характеризуются специфическим набором элементов-примесей, отдельные из которых могут представлять практический интерес. В железисто-кремнистых формациях спилито-диабазового ряда отмечаются повышенные концентрации Mn, Ti, Co, Ni, Cr, V, Y, Ge Zn, Sr, Ga, Mo, которые присутствуют в рудах, минералах руд и вмещающих породах.

В формациях лептито-порфирового ряда в повышенных концентрациях встречаются марганец и германий. Контрастное распределение элементов в породах железисто-кремнистых формаций связано, вероятно, с различным генезисом магм. Вулканиты спилито-диабазового ряда имеют мантийное происхождение, лептито-порфирового — коровое.

Г. Ф. Кадыров, А. И. Кайряк, Ю. В. Александров
(СЗТГУ)

ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ЗАПАСОВ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ В ЗАПАДНОЙ КАРЕЛИИ

1. В итоге многолетних исследований и поисково-разведочных работ коллективом СЗТГУ выявлены Западно-Карельская провинция железистых кварцитов, где выделяются Костомушский, Гимольский, Маньгинский бассейны и намечается рудоносная зона Янис-ярви.

2. Наиболее перспективно Костомушское рудное поле, где в пределах нижнего структурного этажа выделяется продуктивная толща гимольской серии, представленная осадочно-вулканогенными породами и железистыми кварцитами. Костомушское рудное поле представляет собой межкупольную синклиналь, которая является типичной структурной формой Западно-Карельской провинции. Рудная толща в этой структуре по периметру прослежена на 60 км, глубина залегания по геофизическим данным 1,5 км. Костомушское месторождение является лишь частью восточного крыла этой структуры.

3. Учитывая четкие структурно-тектонический и литолого-стратиграфический факторы размещения железистых кварцитов, степень описанности и характер магнитных полей, можно ожидать в Западной Карелии выявление новых месторождений железистых кварцитов, особенно в пределах Костомушского рудного поля.

А. И. Ивлиев, В. И. Пожиленко (Геол. ин-т
Кольского филиала АН СССР)

МАРГАНЦЕВО-ЖЕЛЕЗИСТЫЕ СИЛИКАТНЫЕ ПОРОДЫ В РАННЕДОКЕМБРИЙСКИХ ОБРАЗОВАНИЯХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ И МАРГАНЦЕВЫХ РУД

В пределах гранулитового пояса Кольского полуострова обнаружены пластиообразные тела гранат-пироксеновых сланцев с высоким содержанием окиси марганца (4—8%) при 20—30% закисного железа и 0,0004—0,0006% германия. По химическому составу они не имеют аналогов среди раннедокембрийских образований Кольского полуострова и близки к марганцево-графитовым осадочным породам Индии, Бразилии, Норвегии. Возможно выявление промышленных марганцевых залежей.

М. В. Денисова (ВСЕГЕИ)

ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ СУЛЬФИДНОГО НИКЕЛЯ В КОЛЬСКОМ МЕГАБЛОКЕ (НА ПРИМЕРЕ АЛЛАРЕЧЕНСКОГО, МОНЧЕГОРСКОГО И ПЕЧЕНГСКОГО РУДНЫХ ПОЛЕЙ)

Особенности металлогенеза сульфидного никеля на Кольском полуострове определяются связью месторождений с интрузиями ультрабазит-базитовых продуктивных комплексов нижнего и среднего протерозоя: ал-

лареченского (гарцбургит, бронзит), мончегорского (гарцбургит, бронзит, норит) и печенгского (перидотит, пироксенит, габбро). Руды преимущественно пирротино-пентландитовые с высоким содержанием никеля и обширной группой элементов-примесей (Au, Ag, Pt, Pd, Se, Te). Они образованы в результате многостадийного рудного процесса. Масштаб месторождений находится в прямой зависимости от количества и интенсивности проявления стадий рудообразования. Ведущее значение имеет пентландит-пирротиновая стадия.

В. В. Проскуряков (СЗТГУ)

ОСОБЕННОСТИ ДОКЕМБРИЙСКОГО БАЗИТ-ГИПЕРБАЗИТОВОГО МАГМАТИЗМА ПЕЧЕНГСКО-АЛЛАРЕЧЕНСКОЙ НИКЕЛЕНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ (СЕВЕРО-ЗАПАД КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА)

1. В раннедокембрийской истории Печенгско-Аллареченской никеленосной провинции установлены два основных цикла базит-гипербазитового магматизма — архейский (раннепротерозойский?) и среднепротерозойский. Древние базит-гипербазитовые комплексы зафиксированы в Аллареченском районе и представлены недифференцированными телами оливинит-гарцбургитового состава, претерпевшими высокотемпературный метаморфизм и складчатые деформации. Они отличаются пониженной магнезиальностью и повышенным содержанием железа, титана, хрома, меди и серы. Среднепротерозойский цикл проявлен в Печенгском районе и представлен никеленосными дифференцированными верлитовыми массивами, отличающимися пониженными содержаниями железа, титана и хрома, и недифференцированными телами более основного состава, характеризующимися такими же геохимическими особенностями, как и тела Аллареченского района.

2. Таким образом, наряду с эволюцией во времени состава базит-гипербазитовых магм от железистых к магнезиальным сохраняется геохимическое родство магматизма обоих циклов, выражющееся в общем повышенном содержании серы, меди и железа, что связано со своеобразием древнего магматизма вообще и провинциальными особенностями мантийного слоя. Геохимические особенности базит-гипербазитовой магмы данной провинции играют решающую роль в обогащении тел медью и никелем, но в то же время формирование богатых медно-никелевых руд обязано метаморфическим факторам.

К. Д. Беляев, А. В. Синицын (СЗТГУ)

О ЗАКОНОМЕРНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ЗОЛОТОРУДНЫХ ФОРМАЦИЙ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

На территории Балтийского щита золоторудные проявления представлены тремя главными типами формаций: 1) нижнепротерозойская жильная золото-сульфидная (с арсенидами) и кварц-золото-сульфидная формация, генетически связанная с зонами регионального окварцевания и альбитизации, накладывающимися на метабазиты в зонах глубинных разломов (южный борт Восточно-Карельской синклиниорной зоны); 2) среднепротерозойская формация золотоносных кварцевых конгломератов, отвечающих образованиям поздних моласс и формировавшихся за счет разрушения горных сооружений ранних карелид с золотосодержащими жилами (ятулийские структуры Центральной и Южной Карелии); 3) формация четвертичных золотоносных песков, приуроченная к депрес-

сиям, которые тяготеют к зонам развития нижнепротерозойской жильной кварц-золото-сульфидной формации (Даниловская и Выгозерская зоны).

Зональность золоторудных формаций выражается в закономерном возникновении седиментогенных скоплений золота среднепротерозойской и современной аккумуляции вблизи нижнепротерозойских метабазитов, служивших геохимическим источником золота, причем наиболее перспективными являются ятулийские структуры.

В. З. Негруца, Т. Ф. Негруца (СЗТГУ, ЛГУ)

РОЛЬ ЛИТОГЕНЕЗА В МЕТАЛЛОГЕНИИ КАРЕЛИД И ИХ ФОРМАЦИОННЫХ АНАЛОГОВ

Карельский комплекс Балтийского щита и его аналоги в других регионах знаменуют одну из наиболее интересных металлогенических эпох в истории Земли. С карельским этапом литогенеза связано формирование уникальных по масштабам месторождений стратиформного типа урана, золота, железа, меди, ванадия и др. Все они имеют первично-седиментационное начало, а сложный генетический характер месторождений обусловлен многостадийным характером литогенеза вмещающих комплексов. Осадконакопление происходило в условиях высокой степени разложения пород области сноса при большой тектонической активности территории, сопровождавшейся интенсивным вулканизмом. Впоследствии под влиянием метаморфизма происходило перераспределение рудогенных элементов и формирование месторождений редких металлов, золота и др.

*Ю. Б. Богданов, А. С. Воинов, Е. В. Леманов,
Т. Ф. Негруца (ВСЕГЕИ, ЛГУ)*

БЛОКОВОЕ СТРОЕНИЕ ДОКЕМБРИЯ КАРЕЛИИ И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ

На территории Карелии по геологическим и геофизическим данным выделяются два типа структур первого порядка — геоблоки и пояса глубинных разломов. К первым отнесены Беломорский, Центрально-Карельский, Онежский и Выборгский блоки. Пояса глубинных разломов: Куола-Выгозерский, Ладожский и Маньга-Выгозерский — характеризуются резко дифференцированным гравитационным и магнитным полями.

Протерозойские образования, развитые в пределах поясов, отличаются наиболее полными и мощными разрезами. Повышение контрастности осадочно-вулканогенных толщ ведет к контрастности в распределении рудных компонентов. Металлогенический анализ показывает преимущественную приуроченность редких месторождений к поясам глубинных разломов. Намеченные по геологическим и геофизическим данным структуры первого порядка обладают разной металлогенией.

Я. Н. Белевцев, С. Т. Борисенко, Л. С. Галецкий,
Г. И. Каляев, А. И. Стрыгин (ИГФМ АН УССР)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ УКРАИНСКОГО ЩИТА

1. Отсутствие общепринятых положений по металлогеническому анализу и составлению металлогенических карт докембрийских платформенных областей потребовало специальной разработки этих вопросов. Были выдвинуты следующие положения: рудообразование в докембрии в значительной мере связано с процессами метаморфизма; раскрытие истории геологического развития докембрийских подвижных зон возможно на основе «снятия» метаморфизма и выделения осадочно-вулканогенных формаций как первичных эквивалентов метаморфических и ультраметаморфических пород; металлогеническое районирование осуществляется на основе этапности и стадийности исторического развития региона с учетом природы рудообразования в докембрии; в платформенный этап значительную роль в перестройке древних складчатых структур и формировании продуктивного оруденения играли наложенные процессы активизации. Металлогения Украинского щита разработана на геолого-тектонической (структурно-формационной) основе исходя из геолого-исторического принципа металлогенических исследований.

2. Выделены главные металлогенические эпохи: архейская (железо, никель, кобальт, медь, золото), архей-раннепротерозойская (железо, хромиты, никель, графит, корунд, силлиманит), раннепротерозойская (железо, золото, титан, медь, никель, кобальт, графит, талькомагнезиты, молибден, свинец, цинк, редкие металлы), позднепротерозойская (титан, никель, редкие металлы, пьезокварц, молибден, вольфрам, свинец, цинк, флюорит, топаз, апатит, дистен), рифей-вендская (меди, свинец, цинк, флюорит, фосфориты). Наиболее продуктивные эпохи — раннепротерозойская и позднепротерозойская, отличающиеся развитием крупных месторождений железа, а также оруденения цветных и редких металлов, флюорита.

3. Металлогеническая провинция Украинского щита разделена на металлогенические области и зоны: Волынскую, Подольскую, Белоцерковско-Одессскую, Кировоградскую, Криворожско-Кременчугскую, Днепровскую, Орехово-Павлоградскую, Приазовскую. Они подразделены на металлогенические районы и подзоны. Показаны рудные узлы и поля. Выделены области активизации щита и рудоконцентрирующие зоны.

4. Разработана система рудных формаций. Наиболее продуктивными из них являются: железисто-кварцитовая, железорудная метасоматическая

ческая, железорудная в коре выветривания, железисто-никелевая в коре выветривания, медно-никелевая эндотермальная, редкометальных пегматитов, хрустально-морионовая пегматитовая, редкометальная апогранитовая, редкометальных щелочных полевошпатовых метасоматитов, флюоритовая метасоматическая, высокоглиноземистая гнейсовая, графитовая гнейсовая.

5. Устанавливается определенная тенденция развития во времени рудных формаций: осадочно-метаморфизованные, метаморфические, ультраметаморфические и магматические, пегматитовые, метасоматические, гидротермальные и осадочные. В этом же направлении меняется и состав рудных формаций: от профирирующих черных (железо, хром, титан, золото) и цветных металлов (никель, кобальт, медь) до редких металлов и флюорита. При этом происходит усложнение состава руд, увеличение степени концентрации редких и рассеянных элементов, локализация рудообразующих процессов.

6. Процессы рудообразования в докембрии тесно связаны с начальными и ранними этапами развития подвижных зон; первичные концентрации металлов возникали при раннем эффузивном магматизме или же в нижних терригенных формациях, а последующее обогащение, вплоть до промышленных скоплений, происходило в средние складчато-метаморфические этапы — в эпохи мощного гранитоидного магматизма и ультраметаморфизма. Ведущая роль в докембрийском рудообразовании принадлежит процессам метаморфизма и особенно метасоматоза. Рудообразование связано с развитием интенсивных метаморфических, ультраметаморфических и метасоматических процессов в локальных обстановках (зоны глубинных разломов, глыбово-сводовые сооружения, приподнятые блоки, геосинклинальные впадины, блоковые структуры и др.) при поступлении щелочей, кремнезема, летучих компонентов.

7. Для средне-позднепротерозойской эпохи характерно развитие качественно новой формы тектонических движений — активизации платформенных сооружений, оказывающей определяющее влияние на появление оруденения цветных и редких металлов, флюорита. В этот период происходит формирование крупных линейных зон глубинных разломов, очаговых структур и наложенных впадин. Появляются специфические геологические формации: порфировидных микроклиновых гранитов, аортозитовая, рапакиви, гранитоидная щелочная, трахиандезитовая, терригенная.

8. Развитие представлений о процессах активизации докембрийских структур позволило дать принципиально новую прогнозную оценку Украинского щита. При этом были выявлены новые типы пневматолито-гидротермального редкометального оруденения — апограниты, щелочные полевошпатовые метасоматиты, грязены, ранее считавшиеся несвойственными докембрийским образованиям. В пределах областей активизации выделены рудоконцентрирующие зоны, в границах которых локализуются рудные поля.

9. Таким образом, развитие рудообразующих процессов в докембрии определяется следующими основными моментами: а) первичным накоплением рудного вещества в определенных участках щита, характерного в основном для ранних эпох (осадочно-вулканогенное накопление железа, никеля, титана, алюминия, магния); б) процессами метаморфизма, обусловливающими перераспределение и концентрацию вещества; в) особенностями дифференциации вещества земной коры и мантии на отдельных участках, что имеет наибольшее значение для поздних эпох, например появление в верхнем протерозое специфических рудоносных формаций — аортозитовой, рапакиви, гранитоидной щелочной.

ЭПОХИ РУДООБРАЗОВАНИЯ В ДОКЕМБРИИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

1. Минералого-геохимические исследования позволяют выделить в докембрии Украинского щита около 10 геохимических эпох и 20 рудных геохимических провинций. В пределах геологических эпох и провинций развиты рудные формации и комплексы.

2. Ранняя и поздняя эпохи второго мегацикла (2700—2300, 2300—2000 млн. лет) характеризуются самой широкой распространенностью рудных формаций: железорудной,вольфрамово-молибденовой, никель-кобальтовой, редкометальной. Менее разнообразны рудные формации ранней и поздней эпох пятого докембрийского мегацикла (1700—1500, 1500—1200 млн. лет).

3. Приводятся геологические и радиологические критерии выделения геохимических эпох. В настоящее время не все геохимические эпохи в докембрии Украинского щита изучены в одинаковой степени. Возрастные границы одних геохимических эпох установлены достоверно, а время проявления других эпох — пока неоднозначно.

Н. П. Семененко (ИГФМ АН УССР)

ТИПЫ МЕТАСОМАТОЗА УКРАИНСКОГО ЩИТА И ИХ МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ

1. Изучение метасоматических (пневматолитических и гидротермальных) процессов и связи с ними металлоносности представляет одно из важнейших направлений прогноза месторождений. Широкое развитие этих разнообразных процессов на Украине позволило разработать общую теорию метасоматоза. Важнейшее значение в метасоматозе играет протон-водород, обладающий большей силой связи с кислородом ($H-O$), чем ряд породообразующих катионов.

2. Как установлено, на Украинском щите потенциалы породообразующих катионов — основных компонентов K_2O , Na_2O , CaO , (Mg , Fe) O , а также BaO — резко меняются в различных породах, в связи с чем идет дифференциация и образуются следующие ряды метасоматических процессов: ряд калиевого и натрового щелочного метасоматоза с образованием фенитов, пертозитов, альбититов и метасоматоза натриево-железисто-магнезиальной ветви — эгиринатов, рибекитов; ряд кальций-магнезиально-железистого метасоматоза — скарноидов, скаполититов и анортозитов; ряд калиевого метасоматоза и выщелачивания, представленный грейзенами, слюдитами, алюмокварцитами. Внутри каждого ряда метасоматических процессов происходит их расщепление и скрещивание ветвей.

3. Ряды метасоматических пород характеризуются своей типичной рудной специализацией. С щелочными калиевыми метасоматитами — фенитами — связана редкометальная минерализация с флюоритом и проявлениями редких земель, ниobia, tantalа. С натровым щелочным метасоматозом и его переходами к гидротермальным этапам ассоциирует редкометальная минерализация, иногда с проявлениями золота, меди, возникающими при скрещивании сульфидного метасоматоза с натровым.

С альбитовым метасоматозом связана ниобиево-танталовая минерализация с пирохлором; с грейзеновыми процессами выщелачивания

и окварцевания — вольфрамовые и молибденовые проявления с висмутом, а также рубидиевая и цезиевая минерализация, проявления олова, ниобия и тантала в колумбите и танталите.

С гидротермальными процессами березитизации, пропилитизации, лиственитизации и окварцевания связаны в разных породах процессы сульфидного и мышьякового метасоматоза с проявлениями золота, никеля, кобальта, меди, рубидия, цинка, сурьмы.

Я. Н. Белевцев, Ю. П. Мельник, М. А. Ярощук
(ИГФМ АН УССР)

О ВОЗМОЖНОЙ СВЯЗИ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ БОГАТЫХ МАРТИТОВЫХ РУД КРИВОРОЖЬЯ С ЭВОЛЮЦИЕЙ МЕТАМОРФОГЕННЫХ РАСТВОРОВ

1. Процессы прогрессивного метаморфизма в Криворожской подвижной зоне определили развитие сложной метаморфической зональности, проявленной как по горизонтали, так и по вертикали. Породы фации зеленых сланцев, развитые в Центральном Криворожье, по простиранию к северу и югу сменяются породами эпидот-амфиболитовой фации. В последние годы получен новый материал, свидетельствующий о том, что в Центральном Криворожье породы фации зеленых сланцев на глубине сменяются породами эпидот-амфиболитовой фации.

2. Изучение состава железисто-кремнистых пород фации зеленых сланцев показало широкое развитие среди них карбонатов, представленных преимущественно магнезиально-железистыми разностями. Среднее содержание CO_2 в породах составляет 4,13% в железистых горизонтах и 4,06% — в сланцевых. С глубиной, в связи с диссоциацией карбонатов в условиях эпидот-амфиболитовой фации, содержание CO_2 в породах резко падает. В Центральном Криворожье карбонатно-магнетитовые кварциты фации зеленых сланцев содержат в среднем 10,59% CO_2 ; в куммингтонит-магнетитовых кварцитах эпидот-амфиболитовой фации содержание CO_2 составляет в среднем 1,84%. Аналогичная потеря CO_2 от 10,22 до 1,0% установлена и при переходе карбонатно-хлоритовых сланцев в гранат-куммингтонитовые.

Содержание воды в кварцево-слюдистых и карбонатно-хлоритовых сланцах фации зеленых сланцев составляет 6,04%, при переходе их в гранат-биотит-амфиболовые разности количество воды уменьшается до 2,71%.

3. Таким образом, метаморфизм пород железисто-кремнистой формации в условиях эпидот-амфиболитовой фации характеризовался широким развитием процессов декарбонатизации и дегидратации. Эти процессы сопровождались уменьшением объема твердых фаз и относительным обогащением пород железом. При этом формировались метаморфические растворы, которые были обогащены углекислотой (отношение $\text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O}$ в пределах 0,5—3). На основании изучения минеральных преобразований (разложение сидероплезита и хлорита, устойчивость куммингтонита и гранатов, появление роговой обманки), термодинамического анализа и экспериментальных исследований установлены следующие физико-химические параметры этих процессов: $T = 500 \div 550^\circ\text{C}$ при $P_f = 3 \div 5$ кбар.

4. Основной причиной удаления растворов из зоны эпидот-амфиболитовой фации явились градиенты флюидного давления, возникавшие вследствие разности P_f в поровых пространствах метаморфизующихся

пород ($P_f = \text{const} = 3 \div 5$ кбар) и в трещинных участках, где P_f варьировало в широких пределах, достигая минимума в областях открытой циркуляции ($P_f = 0,5 \div 1,0$ кбар).

Достаточно высокие градиенты на границах трещинных участков существовали длительное время вследствие буферного эффекта моновариантных метаморфических реакций в изотермических условиях ($P_{\text{H}_2\text{O}} = \text{const}$ и $P_{\text{CO}_2} = \text{const}$ при $T = \text{const}$), что обеспечивало непрерывное движение этих растворов. Таким образом, движение метаморфогенных растворов, образовавшихся в зоне высоких фаций метаморфизма, ограничивалось складчато-трещинными участками.

5. Градиенты температуры определили эволюцию состава и свойств метаморфогенных растворов по пути их движения при переходе из зоны регионального метаморфизма эпидот-амфиболитовой фации в породы фации зеленых сланцев. Эволюция растворов привела в свою очередь к возникновению двух зон: переходной зоны и зоны рудообразования.

В переходной зоне при $T = 450 \div 500^\circ\text{C}$ и P_f до 1 кбар предполагается изменение состава флюида и вследствие этого переотложение некоторых породообразующих компонентов: в частности, в результате изменения растворимостей SiO_2 от 0,6% в зоне высокого метаморфизма до 0,2% в переходной зоне в последней происходит переотложение кварца с образованием жил альпийского типа.

В дальнейшем на фоне общего снижения температуры содержание SiO_2 в растворе продолжает падать, снижаясь до 0,05—0,1% при 400—440°C и $P_f = 300 \div 500$ атм. Понижение температуры до 330—370°C при этих давлениях приведет к обратному явлению — повышению растворимости SiO_2 до 0,10—0,15%. Таким образом, в результате закономерной эволюции метаморфогенных растворов при миграции их из эпидот-амфиболитовой фации в фацию зеленых сланцев возникает возможность гидротермально-метаморфогенного выноса кремнезема из железисто-кремнистых пород с образованием богатых железных руд.

6. В тех же термодинамических условиях теоретически возможен процесс мартитизации в результате взаимодействия углекислых растворов с магнетитом по реакции



При интенсивном выносе кварца и новообразованного карбоната в складчато-трещинных зонах становится возможным образование богатых пористых мартитовых руд. В тех участках, где карбонат не удаляется либо переотложен, возникали сидерит-мартитовые руды, встречающиеся в некоторых участках среди пористых мартитовых руд. Развитие мартитовых руд, сцементированных гематитом и гетитом, можно представить в результате окисления FeCO_3 (или Fe^{2+} в растворе) при взаимодействии термальных и вадозных вод с удалением CO_2 и переотложением железа на месте в виде гетита и гематита.

7. Изложенные данные могут рассматриваться как одна из возможных моделей гипогенного генезиса богатых мартитовых руд Криворожья.

8. Геологическим подтверждением изложенной точки зрения является: а) распространение мартитовых руд именно в породах фации зеленых сланцев вблизи границ ее с породами эпидот-амфиболитовой фации; б) распространение мартитовых руд Криворожья на глубинах до 3000 м, что устанавливается по данным разведочных скважин; в) широкое развитие в мартитовых рудах эпигенетических минералов, образовавшихся в гидротермальных гипогенных условиях ($T = 100 \div 150^\circ\text{C}$).

РОЛЬ ПРОЦЕССОВ УЛЬТРАМЕТАМОРФИЗМА В ФОРМИРОВАНИИ ЗОН НАТРИЕВОГО МЕТАСОМАТОЗА И ИХ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ В ДОКЕМБРИИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

1. Важную роль в формировании зон дислокационного метаморфизма и локализации натриевых метасоматитов в докембрийских образованиях Украинского щита играет формация существенно калиевых микроклиновых гранитов, образовавшихся в поздние этапы развития раннедокембрийской геосинклинали описываемого региона.

Гранитами сложен ряд крупных массивов, которые в структурном отношении представляют собой антиклинальные поднятия, купола и валы. В большинстве случаев граниты являются автохтонными и залегают согласно с вмещающими породами. С формированием и становлением гранитов данной формации связано возникновение многочисленной группы разрывных нарушений, в пределах которых локализуются тела натриевых метасоматитов. Они приурочиваются к экзо- и эндоконтактам массивов калиевых гранитов и имеют простиранье, согласное с вмещающей мигматито-гнейсовой толщей, внутренней структурой и контактами гранитных тел.

2. Морфологически такие разрывные нарушения определяются на-ми как своеобразные тектоно-метасоматические зоны, сложенные различными по составу и структурно-текстурным особенностям тектонитами, диафторитами и натриевыми метасоматитами. Они могут рассматриваться как широкие и протяженные полосы диафторитов и натриевых метасоматитов, образовавшихся в условиях зеленосланцевой фации метаморфизма. Возникновение и развитие таких зон ограничивается временем формирования существенно калиевых микроклиновых гранитов, вернее конечной стадией становления массивов этих гранитов.

3. Образование массивов калиевых гранитов связано с процессами ультраметаморфизма, имевшими место в заключительные этапы развития раннедокембрийской геосинклинали на территории Украинского щита. Становление этих массивов, как бы завершающих процессы ультраметаморфизма, определило формирование складчатых и разрывных структур описываемого региона. Повсеместно наблюдается пространственная и генетическая связь тектоно-метасоматических зон с массивами калиевых гранитов.

4. Тела натриевых метасоматитов, группирующиеся по разрывным нарушениям в экзо- и эндоконтактах гранитных массивов, возникали в постмагматическую стадию процессов ультраметаморфизма. В связи с тем что процесс гранитизации происходил с привносом больших количеств калия, натрий, высвобождающийся при этом процессе из пород первичного субстрата, накапливался в остаточных растворах. Последние на конечных этапах становления массивов поступали в возникшие зоны повышенной трещиноватости и образовывали мощные ореолы диафторитов и натриевых метасоматитов. Об этом свидетельствует со-поставление содержаний щелочей в различных гнейсах (субстрат) и микроклиновых гранитах. В первых преобладает натрий, а калий играет подчиненную роль или они находятся в равных количествах. При увеличении степени метаморфизма количество калия возрастает. Натрий начинает выноситься из пород мигматизированного субстрата; образующиеся порфибластические и равномерно-зернистые граниты становятся по содержанию щелочей натрий-калиевыми. Особенно значительную активность приобретает калий на заключительном этапе

процессов ультраметаморфизма, в стадию регионального калиевого метасоматоза, который выразился в интенсивном микроклиновом порфиробластезе. Калий, как более активный элемент при этом процессе, вытесняет натрий из всех пород района. На этом этапе образуются существенно калиевые микроклиновые граниты, часто порфиробластические.

5. Вынос натрия из пород, подвергшихся региональному калиевому метасоматозу, привел к обогащению им гидротермальных растворов, которые поступали в зоны трещиноватости, образовавшиеся при становлении гранитоидных массивов, и вызывали локальный натриевый метасоматоз. При этом интенсивность проявления натриевого метасоматоза в зонах разломов, располагающихся в непосредственной близости от гранитных массивов, находится в прямой зависимости от интенсивности проявления конечных этапов процессов ультраметаморфизма с образованием массивов существенно калиевых микроклиновых гранитов.

6. Образование формации калиевых гранитов происходило в условиях амфиболитовой фации в пределах сиалического слоя земной коры, а диафториты и натриевые метасоматиты возникали в условиях низкотемпературной зеленосланцевой фации метаморфизма. Такое кажущееся на первый взгляд несоответствие объясняется тем, что метасоматиты возникали после поднятия гранитоидных массивов и их застывания, связанного с воздыманием в целом всего региона в завершающие этапы развития раннедокембрийской геосинклиналии Украинского щита.

7. Процессы ультраметаморфизма в значительной степени определили металлогеническую специализацию зон натриевого метасоматоза. При гранитизации гнейсового субстрата и образовании существенно калиевых микроклиновых гранитов четко устанавливается значительная мобилизация большинства элементов и миграция их в зоны натриевого метасоматоза. Однако рудные концентрации в пределах этих зон образуют чаще всего редкие элементы, а сидерофильные в большинстве случаев являются лишь элементами-индикаторами редкометального оруденения.

Г. И. Князев, Л. И. Федоровская
(Ин-т минер. ресурсов МГ УССР)

ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ КВАРЦЕВО-МАГНЕТИТОВЫХ МЕТАСОМАТИТОВ ПРАВОБЕРЕЖНОГО РАЙОНА КРИВБАССА

1. Петровское месторождение железистых кварцитов и другие аналогичные ему месторождения западной полосы Правобережного района — Артемовская, Ореховская, Пролетарская магнитные аномалии — локализованы в останцах пироксенитов, высокожелезистых ультрабазитов и их метаморфических аналогов среди гранито-мигматитов и гнейсов. Железистые кварциты залегают в виде моноклинально крутопадающих на запад псевдопластов мощностью от 20—30 до 170—300 м и контролируются зонами рассланцевания близмеридионального простирания.

Ультрабазиты — наиболее древние (архейские) породы. В позднем архее — раннем протерозое (1900—1980 млн. лет) они подверглись гранитизации и мигматизации. Исключительная свежесть оливина ($Fa = 63—80\%$) в метаморфизованных железистых перidotитах, структура и условия залегания этих пород подтверждают их интрузивное происхождение.

2. Ультрабазиты подразделены на две группы: ультрафербазиты ($M/F=3-4$) и железистые перидотиты (аналоги каменных метеоритов, с $M/F=0,2-1,7$). Общая последовательность процессов метаморфизма комплексаrudовмещающих пород намечается в таком виде.

Первозданные ультрафербазиты и высокожелезистые вебстериты, верлиты, гиперстениты подверглись высокотемпературному метаморфизму в условиях амфиболитовой фации, что соответствует, по данным В. С. Соболева, фации B_2 ; продукты метаморфизма этого этапа — рого-вообманковые и куммингтонитовые породы.

Более поздние тектонические напряжения в зонах рассланцевания сопровождались регрессивным метаморфизмом, приведшим к образованию существенно биотитовых (фация B_3) и тальк-тремолито-актинолитовых (фация B_4) сланцев.

Регрессивный метаморфизм, в сущности, соответствует началу гранитизации и мигматизации пород докембрийского субстрата. Гранитизация ультрабазитов и их метаморфических аналогов проявилась широким фронтом с резким преобладанием процессов окварцевания по рассланцованным зонам.

3. Для железистых пород характерны такие минеральные ассоциации (в возрастной последовательности):

Исходные метаультрабазиты

- I. Моноклинный пироксен → обыкновенная роговая обманка →
→биотит
- II. Ромбический пироксен → куммингтонит → биотит
- III. Пироксены → амфиболы → биотит → кварц → магнетит

Железистые кварциты или кварц-магнетитовые метасоматиты

- I. Пироксены
+
амфиболы
+
биотит } → кварц → магнетит
- II. Пироксены
+
амфиболы } → щелочные пироксен
+
амфибол } → кварц → магнетит
- III. Кварц → магнетит → гематит

4. Выделение высвободившегося из ультрабазитов железа в виде магнетита в процессе их гранитизации происходило еще в дорудный этап, но в незначительном масштабе. Этот процесс можно считать начальной стадией образования железистых кварцитов. Вслед за ним очень мощно проявился собственно рудный метасоматоз с привносом главной массы железа.

Подсчет баланса вещества при формировании окорудной симметричной метасоматической зональности в процессе превращения метаультрабазитов в железистые кварциты показывает интенсивный привнос железа и в незначительных количествах кремнезема и титана; выносились же все петрогенные компоненты исходных пород. Кварц выделяется большей частью в результате разложения силикатов, чем и объясняется относительная инертность кремнезема при рудообразующих процессах.

5. Метасоматическое происхождение железистых кварцитов подтверждают следующие особенности:

а) развитие кварц-магнетитовых метасоматитов в зонах рассланцевания по различным вмещающим их ортосланцам, производным метаморфизма и гранитизации ультрабазитов;

- б) наличие постепенных переходов от вмещающих пород к железистым метасоматитам; резких контактов между ними не наблюдается;
- в) широкое развитие структур замещения (метасоматических) кварцем и магнетитом силикатов, наличие в магнетите и кварце реликтов пироксенов, амфиболов, биотита, корродированные контакты рудных минералов с кварцем и темноцветными силикатами, реакционное замещение кварцем силикатов;
- г) полосчатость железистых кварцитов, наследующая сланцеватость исходных ортосланцев;
- д) идентичность состава темноцветных силикатов железистых кварцитов и вмещающих ортопород;
- е) сходство элементов-примесей железистых кварцитов и вмещающих пород (хром, никель, кобальт, титан, галлий), а также наличие и в тех и в других акцессорного апатита;
- ж) относительная температура формирования минералов железистых кварцитов (определенная методом декриптизации газово-жидких включений), °С: гематит — 270—325, магнетит — 360—600, пирротин — 400—540, кварц — 500—620.

Г. В. Жуков, С. Т. Борисенко, А. И. Зарицкий
(ИГФМ АН УССР)

ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА (ПРИАЗОВСКИЙ БЛОК)

1. Приазовский блок представляет собой юго-восточную окраину Украинского щита, отделенную от остальной части Орехово-Павлоградским глубинным разломом. С северо-востока Приазовский блок граничит с Днепровско-Донецкой герцинской впадиной, а с юго-востока — с Причерноморской впадиной альпийского возраста. Блок сложен архейскими и протерозойскими образованиями. В истории его развития выделяются доплатформенный (архей — нижний протерозой) и платформенный (начиная со среднего протерозоя) периоды.

2. В доплатформенный период происходило накопление большой (более 20 км) толщи осадков, интенсивный основной вулканизм, складчатость, метаморфизм (вплоть до гранулитовой фации) и гранитизация. Возникновение метаморфизованного вулканогенно-осадочного комплекса связано с двумя циклами осадконакопления — архейским (2860—2600 млн. лет) и нижнепротерозойским (2500—2300 млн. лет). Перерыв между циклами обусловлен складчатостью, происходившей в конце архея, и частичной эрозией отложений. Вторая эпоха складчатости относится к нижнему протерозою.

В результате указанных процессов возникли два структурных яруса — архейский и нижнепротерозойский, каждый со своим набором формаций и планом деформаций. В архейском ярусе выделяются две толщи. Нижняя, видимой мощностью 8—9 км, представляет собой осадочно-вулканогенную песчано-глинисто-базальтовую формацию. Она сложена главным образом пироксеновыми сланцами, амфиболитовыми (вулканогенные породы) и первично-осадочными образованиями, представленными биотитовыми гнейсами с подчиненными пачками глиноземистых пород (силлиманитовые и ставролитовые сланцы), а также пачками безрудных и железистых кварцитов. Верхняя часть архейского структурного яруса, видимой мощностью около километра, сложена глиноземистыми гнейсами, железистыми кварцитами, биотитовыми и

сериците-кварцевыми сланцами и метапесчаниками. Она рассматривается как железисто-кремнисто-сланцевая формация. В верхнем, протерозойском ярусе, так же как и в архейском, выделяются две формации. Нижняя формация, мощностью до 6 км, существенно терригенная. Она представляет собой пеструю ритмично-слоистую толщу (биотитовые, силлманит-биотитовые, графито-биотитовые гнейсы, полевошпатовые, гранато-пироксеновые и пироксено-магнетитовые кварциты, кристаллические известняки и кальцифиры). Разрез заканчивает вулканогенно-осадочная формация видимой мощностью 4 км, представленная амфиболитами, пироксеновыми сланцами, биотитовыми гнейсами, железистыми кварцитами и мраморами.

В осадочно-вулканогенных формациях обоих ярусов встречаются небольшие тела (силлы) ультрабазитов. Формации нижнего яруса обнажены главным образом в средней части блока в складках северо-западного направления, а также на крайнем западе и востоке региона. Отложения верхнего яруса сохранились в наложенных синклиналях (Орехово-Павлоградской и Центрально-Приазовской), имеющих долгое простижение. В нижнем протерозое после регионального метаморфизма (2500—2400 млн. лет) комплекс подвергся интенсивной гранитизации (2300—2200 млн. лет), в результате которой большая его часть превратилась в мигматиты и небольшие, главным образом автохтонные массивы анатектических гранитоидов непостоянного состава. На заключительном этапе гранитизации возникли разломы, в которых локализовались жилы аплита, пегматита и кварца.

3. С метаморфическим комплексом связаны многочисленные месторождения первично-осадочных железных руд, представленных железистыми кварцитами, и месторождения графита. Эти образования встречаются на разных стратиграфических уровнях, но в общем вполне определенно тяготеют к терригенным формациям, а в вулканогенно-осадочных формациях — к их верхним, более терригенным частям. Там они ассоциируют с безрудными обломочными кварцитами, биотитовыми и глиноземистыми гнейсами, графитсодержащими породами и кристаллическими известняками. Скопления графита, представляющие практический интерес, приурочены к верхнему (протерозойскому) структурному ярусу, где наблюдаются в нижней терригенной формации. Эндогенная рудная минерализация доплатформенного периода сравнительно бедна и однородна. Важное значение имеют только пегматиты, связанные с гранодиоритовым комплексом. В них развита тантал-ниобиевая минерализация (колумбит, реже танталит, пирохлор, самарскит).

4. В платформенный период в Приазовском блоке неоднократно возникали разломы и возобновлялась магматическая деятельность. Наиболее интенсивная тектоно-магматическая активизация происходила в восточной части территории в среднем протерозое. В этот период там возник граносиенитовый комплекс (формация). В его составе выделяются подформации: сиенитовая главной фазы, образующая все крупные массивы; гранитная малых интрузий, с которой связаны небольшие тела, обрамляющие сиенитовые массивы; подформация щелочных и нефелиновых сиенитов, большей частью метасоматических, развивающихся по различным породам. С граносиенитовым комплексом, в основном с гранитоидной и щелочной подформациями, связаны поля пегматитовых, кварцевых и кварцево-карбонатных жил, зоны грейзенизации, а также зоны щелочных и карбонатных метасоматитов (карбонатитов). Зоны эти контролируются субдолготными разломами. Эндогенная рудная минерализация, связанная с указанными образованиями, довольно разнообразна. В зоне активного контакта сиенитов с

габбро в последних, а также в образовавшихся гибридных породах и сиенит-пегматитах возникла обильная вкрапленность ильменита. Метасоматические и магматические (дайки) тела нефелиновых сиенитов разведаны в качестве руд для получения глинозема и пятиокиси ниobia. В альбитизированных и грейзеновых сиенитах и гранитах концентрируются циркон, колумбит, молибденит. Месторождение меди (халькопирит) связано с кварцево-карбонатными жилами. В сложной субдолготной тектонометасоматической зоне (Черниговский разлом) с широко проявленным щелочным и карбонатным метасоматозом в настоящее время выявлен новый для Украинского щита тип рудной минерализации, представленный карбонатитами с высоким (до 25—30%) содержанием апатита. В указанных образованиях этой зоны присутствуют также молибденит, пирохлор и циркон.

5. В палеозое на границе с Донбассом в Приазовье проявился еще один (щелочно-основной) магматический комплекс и связанная с ним металлогения. Однако палеозойской истории мы не касаемся.

*А. И. Стрыйгин, А. Н. Комаров, Л. Р. Казаков,
Г. Х. Димитров, В. А. Белоус (ИГФМ АН УССР)*

АЛЬБИТИТЫ УКРАИНСКОГО ЩИТА, ИХ СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ

1. К альбититам нами относятся гидротермально измененные в послемагматическую стадию породы, в которых полевой шпат представлен исключительно альбитом и составляет не менее 50%; содержание других минералов (кварца, темноцветных и рудных) колеблется и определяется составом первичных пород и характером воздействовавших растворов. Текстурно-структурные признаки альбититов разнообразны и обусловливаются в существенной мере текстурно-структурными свойствами замещаемых пород.

Альбититы известны во всех регионах Украинского щита.

2. По вещественному составу и строению они весьма разнообразны. На основе текстурно-структурных признаков среди альбититов можно выделить две группы: а) альбититы с крупнозернистыми порфиривидными бластокаталястическими структурами и массивными или почти массивными текстурами; б) альбититы с мелкозернистыми гранобластовыми структурами и гнейсовидными, сланцевыми и полосчатыми текстурами. По характеристикам вещественного состава альбититы могут быть подразделены в зависимости от содержания кварца на бескварцевые и кварцсодержащие (от 5 до 30%). По количеству темноцветных минералов возможно выделение лейко-, мезо и меланократовых разностей, при этом преобладающее распространение имеют лейкократовые альбититы. По ассоциациям темноцветных минералов выделяются: эгириин-рибекитовые, эпидот-хлоритовые, гидрослюдистые, карбонатные, сульфидно-магнетитовые и другие разности. Образование всех указанных разновидностей альбититов обусловлено, с одной стороны, разнообразием вещественного состава первичных пород и, с другой стороны, характером воздействовавших гидротермальных растворов. Черты унаследованности состава и строения альбититов от исходных, материнских пород позволяют выделять апосиенитовые, апогранитовые, апогнейевые, апосланцевые и другие разности.

3. В геолого-структурном отношении альбититы приурочиваются к разрывным нарушениям поздних и конечных этапов развития раннедокембрийской геосинклинали Украинского щита. Разрывные наруше-

ния представлены зонами милонитизации, катаклаза и брекчирования, в пределах которых широко и интенсивно проявлены процессы регressive метаморфизма в условиях зеленосланцевой фации. Зеленокаменные изменения, как правило, выражаются в хлоритизации и эпидотизации пород, ореолы которых имеют мощности сотни метров, а иногда даже километры. Приуроченность альбититов, а также хлоритизированных, эпидотизированных, иногда окварцованных пород к единым тектоно-метасоматическим зонам связана, вероятно, с единым гидротермальным процессом. Залегая среди диафторированных пород, альбититы имеют мощности от первых метров до десятков метров.

4. В пространственном размещении тектоно-метасоматических зон наблюдается четкая закономерность: они располагаются в экзо- и эндоконтактах массивов микроклиновых гранитов повышенной щелочности. Образование тектоно-метасоматических зон связано с формированием и становлением массивов указанных гранитов в завершающие этапы развития раннедокембрийской геосинклинали.

5. Сопоставительный анализ распределения концентраций микроэлементов в альбититах и неизмененных породах показывает устойчивую тенденцию в процессе альбитизации к повышению содержания ванадия, никеля, бериллия (не более 0,003%) и к понижению содержания свинца, бария и стронция. Концентрации молибдена, олова, фосфора, иттрия, иттербия, кобальта не изменяются. Ряд элементов — титан, хром, галлий, цирконий, марганец, медь — ведут себя по-разному, соподчинено составу вмещающих пород. Так, в апогранитовых альбититах содержание меди по сравнению с содержанием ее в гранитах сохраняется неизменным, галлия и циркония — уменьшается, а хрома — увеличивается; в апогнейсовых альбититах наблюдается снижение концентраций хрома при повышении содержания марганца, галлия, циркония и меди. Сопоставление средних содержаний элементов в апогнейсовых и апогранитовых альбититах показывает, что барий, титан, никель и кобальт имеют более высокие содержания в апогранитовых альбититах, в то время как в апогнейсовых большую концентрацию имеет ванадий. В отдельных зонах в альбититах содержатся резко повышенные концентрации свинца, титана, марганца, галлия, никеля, иттрия, стронция и циркония, из которых свинец, иттрий, стронций и цирконий, согласно проведенному корреляционному анализу, являются индикаторами редкометального оруденения.

6. В альбититах, обогащенных теми или иными минералами редких земель или редких металлов, в отдельных случаях выявляются промышленно важные месторождения. Однако до настоящего времени не решены вопросы генезиса рудных альбититов, не установлено, почему рудные альбититы размещены на одних участках и отсутствуют на других, не определены признаки прогноза рудных альбититов.

7. Как показывает анализ литературных материалов, рудные элементы в альбититах могут быть представлены золотом, цирконием, ниобием, tantalом, фосфором и др.

Масштабы оруденения колеблются в широких пределах, значительная часть метасоматитов оказывается безрудной. Из этого можно сделать вывод, что для формирования месторождений альбитизация необходима, но недостаточна. Для того чтобы альбититы были рудоносными, необходимы, вероятно, дополнительные благоприятные факторы. Из практики геологических работ известно, что прямой связи между формированием альбититов и их рудной минерализацией нет и что альбититы, вполне тождественные по составу и строению, встречаясь в одном и том же участке, обычно существенно различаются по содержанию рудных компонентов. Сопоставляя подобные факты, можно сделать

вывод: в разных зонах (в различных геологических условиях) и в различное время развития гидротермальных процессов генерировались растворы с различной рудной минерализацией.

8. Материалы исследований показывают, что вещественный состав и рудоносность метасоматитов находятся в прямой связи с составом тех геологических формаций, в которых они размещаются. Альбититы, вероятно, не являются исключением из этой закономерности. Образование альбититов пространственно и генетически связано со становлением пород сиенито-гранитоидного ряда. Принимая их генезис палингенным, следует полагать, что геохимическая специализация пород этого ряда и рудная специализация связанных с ними альбититов в существенной мере предопределены геохимической характеристикой домагматических вулканогенно-осадочных формаций.

C. V. Металиди (Трест «Киевгеология»)

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ ГРАНИТОВ СУЩАНО- ПЕРЖАНСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

1. Сущано-Пержанская тектоническая зона — глубинный разлом крайней северо-западной части Украинского щита, простирающийся с юго-запада на северо-восток более чем на 200 км. Зона фиксируется наличием взаимно пересекающихся разрывных структур высокого порядка, развитием катаклизированных, милонитизированных и брекчированных пород и наложенных метасоматических изменений.

Позиция Сущано-Пержанской зоны в системе Украинского щита, геологическое строение, условия формирования пород и металлогения этой площади позволяют рассматривать ее как область активизации щита по А. Д. Щеглову и область преобладающего дифференцированного поднятия по В. Н. Козеренко. Формирование зоны происходило на протяжении четвертого докембрийского цикла развития Украинского щита.

2. Высокая тектоническая активность зоны создала благоприятные условия для развития магматических, палингенных и метасоматических процессов и формирования пород субщелочной формации.

В результате метасоматоза пород субстрата (эфузивов кислого и среднего состава, мигматитов, плагиоклазовых гранитов) образовались лейкоратовые граниты и биотит-полевошпатовые метасоматиты с редкометальной минерализацией.

В проявлении метасоматических процессов установлена четкая горизонтальная зональность: от периферии Сущано-Пержанской зоны к ее центру степень метасоматического изменения увеличивается.

Эта зональность является отражением повторяющихся стадий процессов калишпатизации, альбитизации и грязенизации.

3. Установлена редкометальная специализация пород. В метасоматических образованиях зоны в повышенных количествах зафиксировано более 60 элементов, из них ведущую роль играют олово, бериллий, редкие земли, цирконий, литий, рубидий, цезий, ниобий, tantal, вольфрам, молибден, цинк, свинец, рассеянные элементы и фтор. Содержания бериллия в метасоматически измененных породах колеблются от 0,0005 до 0,0021%; олова — от 0,0006 до 0,0072%; редких земель — от 0,024 до 0,096%; циркония — от 0,022 до 0,055%; лития — от 0,0025 до 0,02%; рубидия — от 0,014 до 0,07%; пятиокиси tantalа — от 0,0003 до

0,0025%; пятиокиси ниobia — от 0,003 до 0,018%; фтора — от 0,048 до 0,44%.

Отмечается прямая связь между степенью метасоматического изменения, содержанием фтора и рудных элементов.

Обогащенные фтором граниты отличаются высокими концентрациями этих элементов.

По степени увеличения концентрации суммы редких элементов породы зоны располагаются в ряд, соответствующий степени метасоматического изменения: граниты неизмененные — 0,0346—0,0774%, граниты слабо измененные — 0,167—0,276%, граниты интенсивно переработанные — 0,3—0,403%, метасоматиты полевошпатовые — от 0,531% до рудных концентраций.

4. С метасоматитами кварц-биотит-полевошпатового состава связаны месторождения и рудопроявления редких металлов, причем устанавливается четкая зональность в размещении различных форм оруденения.

В осевой части зоны в интенсивно метасоматически измененных гранитах локализуется оруденение одной минеральной природы, по периферии в менее преобразованных гранитах — оруденение другой минеральной природы.

В ассоциации с основным элементом в полевошпатовых метасоматитах зафиксированы рудопроявления цинка, олова, свинца, меди, вольфрама и кадмия в форме сфалерита, виллемита, кассiterита, галенита, борнита, вольфрамита.

5. С лейкократовыми сиенитами и грейзенами мусковит-кварцевого, кварц-мусковитового состава связана фтор-цирконий-редкоземельная минерализация.

6. С корой выветривания метасоматически измененных гранитов связана тантал-ниобиевая и оловянная минерализация.

7. Редкометальная металлогеническая специализация Сущано-Пержинской зоны и зональность оруденения в ней обусловлены накоплением рудных элементов в процессе метасоматического изменения пород.

А. О. Шмидт, В. К. Титов, Н. Г. Топоркова,
В. Е. Бурьяннов (ВСЕГЕИ, Ин-т геофизики АН УССР)

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЕГО МЕТАЛЛОГЕНИИ

1. Комплексное изучение глубинного строения Украинского щита, основанное на совместной интерпретации сейсмических, гравиметрических и других материалов структурной геофизики, позволило уточнить данные о блоковом строении региона, что имеет большое значение для выяснения общих критериев размещения металлогенических зон эндогенного оруденения.

2. Блоковое строение Украинского щита и его склонов отчетливо фиксируется региональными неоднородностями структуры гравитационного и магнитного полей и подтверждается всеми имеющимися геологическими данными и ГСЗ. Наиболее крупные блоки коры площадью от 30 до 1000 тыс. км² обособляются одной или несколькими региональными аномалиями близкой формы и одного знака и различаются средним уровнем и строением аномальных геофизических полей, мощностью коры и ее глубинным разрезом, физическими свойствами слагающих их геологических формаций, формой или направлением складчатых структур.

Так, блоки разделяются региональными зонами высоких градиентов поля силы тяжести и линейно-полосовых дифференцированных магнитных аномалий, прослеживаемых на многие сотни километров. Эти межблоковые зоны, отвечающие положению долгоживущих разломов раннедокембрийского заложения, совпадают с устанавливаемыми на сейсмических разрезах резкими изменениями структуры коры и глубины залегания раздела Мохо.

3. Среди выделенных блоков одни характеризуются нормальной или средней для древних платформ глубиной залегания поверхности Мохоровичича (40—45 км), другие — максимальной (50—70 км) или сокращенной (30—35 км) мощностью коры.

4. Для Украинского щита в целом устанавливается двухслойный разрез земной коры, осложненный неповсеместно выявляемыми сейсмически контрастными горизонтами как в «гранитном», так и в «базальтовом» слоях. Соотношения между основными слоями коры и характер перехода между ними для разных блоков различны.

«Гранитный» слой, по составу гранито-метаморфический, рассматривается нами в качестве верхнего структурного слоя консолидированной коры. Это вытекает из установленной связи всех региональных и локальных аномалий Δg Буге с гравитирующими плотностными неоднородностями этого слоя (до глубин 7—20 км) и согласуется с другими имеющимися геофизическими и геологическими данными, и в том числе с характером скоростного разреза. В реальной модели разреза земной коры щитов до глубины залегания раздела Конрада, по-видимому, осуществляется выравнивание основных латеральных неоднородностей вышележащего слоя. Поверхность Конрада представляет собой в различной степени контрастный для разных блоков сейсмический раздел, залегающий на Украинском щите на глубинах от 8 до 20 км.

«Базальтовый» слой на Украинском щите характеризуется скоростями продольных упругих волн от 6,6—7,1 км/сек в его верхней части до 7,8—7,9 км/сек в нижних частях разреза и полого-слоистой структурой с отсутствием резких градиентов свойств вещества по латерали, но с переменными градиентами по вертикали.

5. Различие состава и структуры «гранитного» слоя в разных блоках связано и, видимо, определяется степенью дифференцированности их коры в целом. Степень дифференцированности отдельных участков земной коры понимается нами как контрастность состава и свойств вещества ее основных слоев.

Другой существенной характеристикой «гранитного» слоя является степень неоднородности его структуры. Наибольшей неоднородностью, выражаящейся в повышенной сейсмической «мутности» разреза «гранитного» слоя, отличаются периферические области блоков с наиболее дифференцированной корой и межблоковые зоны.

6. Между указанными ранее основными геофизическими характеристиками блоков и степенью дифференцированности коры в их пределах устанавливаются определенные соотношения и связь этих параметров с геологическим строением.

Для блоков с относительно низким уровнем гравитационного поля и минимальными значениями средней плотности кристаллических пород докембрая, составляющими 2,60—2,64 г/см³, характерно преобладание мигматит-гранитовых формаций калиевого ряда. Сейсмическими данными для этих блоков устанавливаются большие глубины залегания поверхности Мохо (от 52 до 70 км), относительно большая мощность (до 20 км и более) «гранитного» слоя. Инвариантным свойством моделируемых разрезов их коры является скоростная (для Гайсинского,

Криворожского блоков) или скоростная и плотностная (в Кировоградском, Шепетовском блоках) контрастность раздела Конрада. «Гранитный» слой отдельных блоков этого типа по своим физическим параметрам, повышенной мощности и достаточно резкой обособленности от нижней части коры сходен с «гранитным» слоем фанерозойских складчатых областей.

Блоки с высоким уровнем гравитационного поля и значениями плотности кристаллических пород в пределах 2,66—2,76 г/см³ в связи с преобладанием в их составе метабазитов и гранитоидов, сформированных в условиях гранулитовой фации метаморфизма, характеризуются значительно меньшей мощностью коры (30—40 км) и более тонким «гранитным» слоем. Поверхность Конрада в этих блоках выражена по сейсмическим данным менее четко.

Особую группу составляют блоки коры, обладающие отдельными признаками, присущими блокам первого и второго типов. Эти блоки можно назвать переходными, поскольку степень дифференцированности их коры отражает промежуточную стадию ее эволюции по отношению к поздней (для блоков первого типа) и более ранней (для блоков второго типа) стадий становления.

7. Приведенная типизация блоков коры Украинского щита и его склонов, по-видимому, может быть подтверждена на различных участках фундамента древних платформ.

8. Рассматриваемая характеристика разнотипных блоков коры имеет, вероятно, существенное значение для металлогенических построений и прогнозирования площадей при поисках эндогенного оруденения. Месторождения фельзических элементов на Украинском щите известны только в пределах блоков первого типа или в обрамляющих их межблочных зонах (Коростенский, Кировоградский, Криворожский и другие блоки), в то время как месторождения фемафильной группы элементов избирательно приурочены к блокам второго типа (Голованевский, Днестровский, Бердичевский и др.). В этом аспекте особый интерес представляет изучение методом ГСЗ глубинных разрезов межблочных зон, ограничивающих блоки первого типа с разуплотненной дифференцированной корой, в качестве глубинного критерия локализации месторождений.

B. B. Соллогуб, A. V. Чекунов
(Ин-т геофизики АН УССР)

ГЛУБИННАЯ СТРУКТУРА ЗЕМНОЙ КОРЫ УКРАИНСКОГО ЩИТА

1. Исследованиям методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) принадлежит ведущая роль в изучении структуры земной коры и верхней мантии. По результатам ГСЗ можно судить не только о толщине земной коры, но и о строении ее основных слоев, наличии глубинных разломов и, естественно, об относительной физической характеристике сейсмических горизонтов. В последние годы на территории Украинского щита и прилегающих регионов выполнен значительный объем полевых исследований — ГСЗ.

2. Ранее предполагали, что земная кора древних щитов достаточно однородна и по толщине стабильна (общая мощность коры 35—38 км). Проведенные исследования методом ГСЗ на Украинском щите опровергли прежние представления о структуре земной коры указанного региона. Земная кора рассматриваемого щита имеет очень сложное

строение. Во-первых, толщина коры изменяется в очень больших пределах — от 30 до 60—65 км. На участках перехода от толстой коры к тонкой существуют глубинные разломы, секущие всю земную кору.

3. Наличие глубинных разломов обуславливает существование блоков земной коры, различающихся строением, физическими параметрами, количеством сейсмических границ в толще консолидированной коры.

На Украинском щите, как правило, выявляются две или три сейсмические границы. Наиболее стабильна граница между корой и верхней мантией (поверхность Мохоровичча — М), которая прослежена повсеместно на глубинах от 30 до 65 км, за исключением небольших участков, где существуют глубинные разломы.

4. Поверхность М, как граница между корой и верхней мантией, имеет очень сложное строение. На многих участках, и в первую очередь там, где ранее существовали геосинклинальные области, устанавливают две, а иногда и больше границ М, сходных между собой по физическим константам. Границы находятся на различных глубинах (разница достигает 5—10 км). Анализ этого явления приводит к заключению, что одна граница М является современной, вторая — более древняя («пра-Мохо»), образовавшаяся в период существования более древних структур.

Вторая сейсмическая граница, прослеженная в земной коре, — поверхность «базальтового» слоя — не выдержана. На некоторых участках щита она вообще отсутствует, и, видимо, здесь происходит постепенный переход от кислых пород к основным. Возможно, что на некоторых участках описываемая граница проходит вблизи поверхности консолидированной коры. И, наконец, третья сейсмическая граница существует только на отдельных участках, залегает на небольшой глубине (5—10 км) и, видимо, представляет собой границу между осадочно-метаморфизованными породами и более древними архейскими образованиями.

5. Нами была предпринята попытка произвести районирование Украинского щита, используя данные о строении земной коры, причем основным критерием служили известные положения о том, что для орогенов, вне зависимости от их возраста, характерна толстая кора (порядка 50 км) — «корни» гор для срединных массивов порядка 20—30 км и для платформенных областей — 35—45 км.

6. На Украинском щите выделено несколько геосинклинальных зон, протягивающихся в субмеридиональном направлении и прослеживающихся далеко за пределами самого щита. Ширина этих геосинклинальных зон порядка 100 км; они связаны в большинстве случаев с интенсивными магнитными аномалиями, которые вызваны железистыми кварцитами, залегающими вблизи дневной поверхности в узких (10—20 км) синклиналях, являющихся остатками складчатости нижнепротерозойских горных сооружений. На востоке Украинского щита выделена Орехово-Павлоградская геосинклинальная зона, затем к западу — Криворожско-Кременчугская, далее Яловско-Одесская, которая имеет самостоятельное ответвление к западу — Шепетовско-Винницкую, и, наконец, на крайнем западе, за пределами щита, — Карпато-Волынская.

7. Выявленные по данным ГСЗ глубинные разломы, геосинклинальные зоны и протоплатформенные массивы хорошо коррелируются с данными приповерхностной геологии.

Совместное рассмотрение тектонических элементов Украинского щита по глубоким и мелким срезам дает возможность более правильно провести районирование, выделить отдельные блоки, установить глу-

бину денудационных срезов последних и найти определенные законо-
мерности в размещении тех или иных месторождений полезных иско-
паемых.

*Н. П. Семененко, В. Л. Бойко, И. Н. Бордунов
(ИГФМ АН УССР)*

МЕТАЛЛОНОСНОСТЬ МЕТАМОРФИЗОВАННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ УКРАИНСКОГО ЩИТА

1. Украинский щит представляет собой сложное многоярусное со-
оружение, сформировавшееся в течение четырех мегациклов складча-
тости. При этом характерно развитие многих геосинклинальных циклов,
геологические формации которых сохраняются от гранитного замещения
в синклиниориях. В пределах метаосадочных и метаосадочно-вулкано-
генных формаций сосредоточены рудные минеральные накопления, об-
разовавшиеся во время становления этих формаций в доскладчатый
период или возникшие вследствие метаморфизма, метасоматоза и гра-
нитных воздействий при складкообразовании и переходе геосинкли-
нальной области в складчатую зону.

2. Метаморфические процессы неразрывно связаны со складчато-
стью и магматизмом. На каждом этапе складчатости возникал свой
ряд ступеней метаморфизма, для которых установлены термодинамиче-
ские условия ($T=850-400^{\circ}\text{C}$, $P=7$ кбар) метаморфизма андалузит-си-
лиманитовой серии.

3. Метаморфические парагенезисы осложнены наложенными мета-
соматическими процессами. Типичные метаморфические месторождения
связаны с железисто-кремнистыми формациями, с ними также связан
ряд цветных, редких и рассеянных элементов. Сульфидное оруденение
развито и сохраняется среди толщ метаморфических сланцев зелено-
сланцевой ступени либо в зонах наложенных метасоматических про-
цессов.

В. А. Стульчиков (ИГФМ АН УССР)

РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ УКРАИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЩИТА

1. Изучение парагенетических ассоциаций рудных элементов и ми-
нералов, выявленных в оруденениях среди определенных типов горных
пород Украинского кристаллического щита, позволяет выделить ряды
рудных формаций. В целом на Украинском щите в рудных комплексах
различных геохимических эпох выделено 13 парагенетических рядов
рудных формаций, в каждом из которых, в свою очередь, выделяются
от трех до девяти ассоциаций металлов: I — никель-cobальтовый суль-
фидный с медью; II — никель-силикатный; III — хромитовый; IV —
платиновый; V — железорудный; VI — золоторудный; VII — медный;
VIII — вольфрам-молибденовый; IX — tantal-niobиевый; X — редкоме-
тальныи с оловом и редкими землями; XI — редкоземельно-редкоме-
тальный; XII — титановый; XIII — фторовый.

2. С учетом геохимических условий распространения и закономер-
ностей концентраций рудопроявлений в толщах горных пород опреде-
лено, что перспективное значение для поисков сырьевых ресурсов на
Украинском кристаллическом щите имеют следующие ряды рудных
формаций: железорудный, никель- cobальт-медный, никель-силикатный,
хромитовый, золоторудный и золотороссыпной, медный, молибденовый,
тантал-niobиевый, редкометальный, редкоземельно-редкометальный, ти-
тановый и фторовый.

*A. A. Сиворонов, Г. М. Яценко
(Львовский ун-т)*

**НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
В АРХЕЙСКИХ ФОРМАЦИЯХ СУПРАКРУСТАЛЬНЫХ ПОРОД
УКРАИНСКОГО ЩИТА**

1. Изучение состава архейских отложений Украинского щита (побужский комплекс и его аналоги) позволило выделить семь формаций супракrustальных пород, с некоторыми из которых связаны определенные месторождения и рудопроявления, отражающие минерагеническую специфику архейского этапа развития земной коры.

2. Кинцигитовая формация перспективна как источник абразивного сырья (гранат), кальцифир-кристаллосланцевая формация потенциально перспективна на апатит-редкоземельную и тантал-ниобиевую минерализацию, связанную со щелочным метасоматозом. В формации кварцитов и высокоглиноземистых пород возможно обнаружение пьезооптического и высокоглиноземистого сырья. Металлогеническая специализация железорудно-гнейсовой формации четко определяется наличием магнетитовых кварцитов. Большой практический интерес представляет формация кондалитов, содержащая продуктивные горизонты гранита, магнетит-карбонатных руд. Мрамор-кальцифированная формация обладает повышенным содержанием марганца.

*B. A. Решитько
(Ин-т минер. ресурсов МГ УССР)*

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ,
МЕТАМОРФИЗМА И РУДОНОСНОСТИ ДОКЕМБРИЯ
УКРАИНСКОГО ЩИТА**

1. Мобильные (метаморфические) пояса являются основными текtonическими структурами Украинского щита, контролирующими распределение, метаморфизм и рудоносность докембрийских пород. Разрезы метаморфических пород докембрия в мобильных поясах являются не стратиграфическими, а изоклинально-складчатыми и отражают проявление метаморфической зональности глубинных разломов, которая разделяется на два этапа: 1) амфиболитовый и гнейсо-пироксеновый, 2) зеленосланцевый и гидротермальный (регressiveный).

2. Подавляющая часть эндогенного оруденения Среднего Приднепровья связана с мобильными поясами. Оно контролируется межглыбовыми зонами как наиболее проницаемыми для магм и рудоносных растворов. Эти зоны относятся к категории рудных поясов межглыбовых подвижных зон. Внутри них выделяются замкнутые или фрагментарные рудоносные зоны.

*A. С. Дранник
(Трест «Киевгеология»)*

**МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
И СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ ДОКЕМБРИЯ
ОВРУЧСКОГО КРЯЖА**

1. Породы Овручского кряжа по историко-геологическим и геохронологическим данным разделены на пугачевскую терригенную (PR_2) и овручскую эффузивно-осадочную (PR_1) серии, которые разобщены в

результате внедрения коростенского гранитоидного комплекса и последующего их размыва.

2. Металлогенические особенности терригенної серии пород определяются процессами седиментогенеза. Характерно повышенное содержание золота и серебра в конгломератах и песчаниках, циркон-гематитовой россыпной минерализацией в сланцах. Жильные граниты коростенского комплекса обладают повышенными содержаниями олова, свинца, цинка, редких металлов, фтора. Металлогеническая специализация овручской серии определяется метасоматическими процессами, связанными с редкометальной пержанской гранитоидно-щелочной формацией.

Т. В. Билибина, А. Д. Дацкова, А. О. Шмидт, Г. Д. Фатеев
(ВСЕГЕИ)

СРЕДНЕ-ВЕРХНПРОТЕРОЗОЙСКАЯ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ УКРАИНСКОГО ЩИТА

1. Область распространения средне-верхнепротерозойской активизации на Украинском щите проявлена вдоль его северного края в пределах полосы протяженностью свыше 500 км, включающей смежный на северо-западе фрагмент Белорусского кристаллического массива — выступ Микашевичи — Житковичи. Геологические формации этой эпохи представлены осадочными, осадочно-вулканогенными и интрузивными образованиями.

Осадочные и осадочно-вулканогенные формации включают: песчанико-конгломератовую — PR₂ (пугачевская серия); кварцит-песчаниковую, частью порфир-трахиандезитовую — PR₃ (овручская серия); осадочно-вулканогенную юга Белорусского кристаллического массива (житковичская свита), вулканогенные члены которой являются аналогами збраниковской свиты овручской серии.

Интрузивные формации представлены: габбро-диорит-гранитовой (осницкий комплекс), габбро-анортозитов гранитов рапакиви — PR₂ (коростенский комплекс), сиенит-гранитовой — PR₃ (пержанский комплекс).

2. Осадочные и осадочно-вулканогенные образования локализованы в прогибах типа грабен-синклиналей и грабенов. Такими структурами являются с севера на юг: грабен в пределах выступа Микашевичи — Житковичи на юге Белорусского кристаллического массива, Овручский обращенный грабен, Сущанский приразломный прогиб, Белокоровичский грабен в северо-западной части Украинского щита. Согласно данным В. И. Почтаренко и нашим, на западе щита, в бассейне р. Случь (район г. Новограда-Волынского), выделяется Волынский приразломный прогиб. Метаморфизованные песчаники, алевролиты и туфы этого прогиба, которые сопоставляются с породами Сущанского прогиба (с. Рудия Быстрой), рассматриваются нами как эквиваленты пугачевской серии среднего протерозоя. Положение прогиба контролируется протяженными глубоко проникающими разломами. Интрузивные массивы локализованы в областях блоковых перемещений, связанных с формированием разновозрастных разломов различных порядков. Интрузии габбро-диорит-гранитовой формации (осницкий комплекс) имеют наиболее широкое развитие на территории Осницкого блока. К этой формации нами отнесен ряд гранитоидных массивов, локализованных в пределах Шепетовско-Волынского блока: Мухаревский, Новоград-Волынский, Шепетовский и др. Размещение их связано с разломами субмеридионального и

северо-восточного направления. Массивы габбро-анортозитов гранитов Рапакиви — Корostenский и Корсунь-Новомиргородский — имеют более широкое распространение. Они располагаются в Корostenско-Шепетовском и Кировоградском блоках и тяготеют к северо-западной и северной окраинам Украинского щита. Гранитоиды пержанского комплекса развиты в пространственной сопряженности с одним из фрагментов одноименной зоны разломов; проявление их аналогов возможно к югу от этой зоны. На востоке щита, в Приазовском блоке, с эпохой активизации связано проявление щелочных пород — нефелиновых и щелочных сиенитов октябрьского комплекса PR₂ — и обилие дайковых тел.

3. Металлогения области активизации на Украинском щите характеризуется развитием месторождений хрусталеноносных пегматитов, связанных с корostenским комплексом, редкометальной минерализации, проявленной в турмалиновых гранитах и грейзенах в связи с гранитоидами осницкого комплекса, а также флюорита в приконтактовых зонах гранитных массивов. Перспективы выявления редкометальной минерализации определяются широким развитием турмалиновых гранитов и грейзенов, образующих, как правило, обширные поля, пространственно приуроченные к разломам и гранитоидным массивам. К зонам разломов приурочены также проявления молибдена, свинца, цинка (область сопряжения Шепетовско-Корецкого и Ярунского разломов).

Г. И. Каляев (ИГФМ АН УССР)

СТРУКТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЩИТОВ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ИХ МЕТАЛЛОГЕНИИ

1. В докембрийских щитах по формационным признакам устанавливаются два необычайно длительных периода геологического развития: геосинклинальный и платформенный. На Балтийском и Украинском щитах и в Воронежском массиве геосинклинальный период охватывает архей, ранний протерозой и средний протерозой с нижними рубежами соответственно 3500 ± 200 , 2700 ± 200 и 1900 ± 100 млн. лет. В течение этого времени наращивался и все более консолидировался сиалический слой коры. На рубеже порядка 1600 ± 100 млн. лет в пределах рассматриваемой территории наступил платформенный режим, который длится поныне.

2. Главными тектоническими элементами докембрийского фундамента щитов являются геоблоки, ограниченные глубинными разломами. На Украинском щите к ним относятся Приазовский, Приднепровский, Кировоградский, Белоцерковско-Одесский и Волыно-Подольский блоки; в Воронежском массиве уверенно выделяется геоблок, включающий Курскую, Белгород-Михайловскую и Старооскольскую зоны; на Балтийском щите — Беломорский, Карельский и Кольский блоки. Перечисленные геоблоки отвечают металлогеническим подразделениям первого ранга — металлогеническим областям, отличающимся типоморфными месторождениями.

3. Выделенные блоки можно объединить в две группы, представляющие главные структурно-исторические категории раннего докембрая, — протогеосинклинальные и протоплатформенные блоки.

В первой группе блоков хорошо развиты типичные геосинклинальные формации: спилито-диабазовая, кварц-кератофировая (лептитовая), железисто-кремнистая (джеспилитовая), карбонатно-лагунная с древнейшими каустобиолитами, нижняя груботерригенная и верхняя молассоидная. В целом они возникли последовательно и располагаются в виде структурно-формационных зон, в совокупности образуя изначальные геосинклинальные системы. Тектонотипами их могут служить геосинклинальные системы Украинской железорудной провинции (Большого Кривого Рога) и КМА, имеющие внутренние обращенные мегантиклинории, ограниченные необращенными краевыми складчатыми зонами. С помощью ГСЗ в них установлены утолщения земной коры, отвечающие корням раннепротерозойских горных возвышенностей. Мощности коры достигают здесь максимальных значений — 65 км.

4. Ко второй категории структурно-исторических форм раннего доекембия относятся блоки, разделяющие протогеосинклинальные системы и ветви или примыкающие к ним. Руководящими и господствующими в них являются магматические и ультраметаморфические формации: плагиомигматитов, существенно калиевых гранитов, гранитов рапакиви, аортозитов и гранитоидная щелочная. Тектонотипами их могут служить Кировоградский, Приазовский и, вероятно, Беломорский блоки. В первых двух блоках мощность коры достигает 40—50 км.

5. Обе изначальные структурно-исторические категории раннего доекембия являются тектоническими элементами единой пангеосинклинали. Поэтому последняя группа блоков может рассматриваться в ней в качестве протосредних массивов.

6. Наиболее важные типоморфные месторождения щитов Русской платформы генетически связаны с главными докембрийскими формациями: спилит-диабазовой, железисто-кремнистой (джеспилитовой), терригенными, калиевыми гранитами, гранитоидной щелочной и др.

7. В протогеосинклинальных блоках главное значение имеет джеспилитовая формация. В Украинской железорудной провинции и в КМА наиболее продуктивна джеспилитовая формация осадочного криворожского типа, свойственная краевым зонам геосинклинальных систем Большого Кривого Рога и КМА. Этот формационный тип представлен обычно в зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фациях метаморфизма. Мощности формации достигают тысячи и более метров.

В геосинклинальных системах кольских и карельских карелид развит вулканогенно-осадочный тип джеспилитовой формации, по-видимому, менее продуктивный. Таковы костомушкиский и оленегорский вулканогенно-железистые комплексы, представленные железисто-кремнисто-лептитовой ассоциацией пород. Этот же тип свойствен внутренним — эвгеосинклинальным зонам Большого Кривого Рога и КМА, где в джеспилитовой формации существенная роль принадлежит вулканогенным компонентам. Оба формационных типа могли образоваться синхронно во внутренних и внешних зонах протогеосинклинальных систем, где они залегают над главной массой основных вулканогенных толщ. Развитые же внутри последних железисто-кремнистые породы не образуют самостоятельной джеспилитовой формации и могут рассматриваться в качестве подформации спилит-диабазовой формации.

8. В протоплатформенных блоках ведущая металлогеническая роль принадлежит гранитоидной щелочной формации. Наиболее ярким ее представителем является щелочная комплекс Приазовья с его редкометальной и редкоземельной минерализацией. Затем важнейшее значение имеет формация существенно калиевых гранитов, вмещающая гранитоидную щелочную подформацию с комплексом метасоматитов: граносиенитов, щелочных сиенитов и альбититов. Эта подформация залегает в краевых зонах массивов калиевых гранитов. Она заслуживает особого внимания, поскольку весьма продуктивна на редкометальное оруденение. Последнее возникло в постмагматическую гидротермальную стадию, завершающую процессы гранитизации.

9. На верхнепротерозойском этапе решающая металлогеническая роль принадлежит процессам тектоно-магматической активизации, носившей автономный характер. Она проявила себя главным образом в протоплатформенных блоках. В этот этап формировались месторождения и рудопроявления редких металлов и флюорита.

ОСОБЕННОСТИ ОРУДЕНЕНИЯ В ДОКЕМБРИИ ЮГО-ЗАПАДА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО РАЗМЕЩЕНИЯ

1. В пределах региона широко развиты метаморфогенные месторождения. Огромное значение имеют железные руды этих месторождений, связанные с формацией железистых кварцитов. Большая часть магматогенно-гидротермального оруденения, как и в фанерозое, тесно связана с поздними фазами становления формации калиевых гранитов и частично граносиенитов. Магматогенно-гидротермальные месторождения сосредоточены в зонах гидротермальных метасоматитов. Жильные месторождения здесь почти отсутствуют.

2. Наиболее мощные толщи железистых кварцитов юго-западной части Русской платформы возникли в середине ранних этапов развития подвижной зоны докембрия; они выделены под названиями криворожской и курской серий. Образование последних приурочено к смене накопления осадочно-вулканогенных толщ терригенными и флишоидными осадками. Этому времени предшествовало образование интрагео-антеклинальных поднятий. Крупнейшее из них впервые выделено автором под названием Курско-Днепровского. Железистые кварциты криворожской и курской серий, а также гнейсовой серии возникли за счет размыва коры выветривания осадочно-вулканогенных толщ этого поднятия, в строении которого были широко распространены диабазы. Некоторая часть железистых кварцитов юго-запада Русской платформы возникла при накоплении сланцево-амфиболитовой и михайловской серий, до возникновения Курско-Днепровского поднятия.

3. Криворожскому рудному поясу обычно приписывается синклинальное строение. Автор показал ошибочность этой точки зрения. В целом Криворожский рудный пояс имеет моноклинальную структуру, прослеживающуюся на глубину 7—10 км. Он составляет западное обрамление Курско-Днепровского поднятия, сопровождается многочисленными, преимущественно послойными разломами. Особенности указанной структуры способствовали развитию в Криворожье разнообразных метасоматитов (как ультраметаморфических, так и гидротермальных), создавших метаморфические месторождения богатых руд и магматогенно-гидротермальное оруденение редких элементов.

Толщи железистых кварцитов КМА расположены во внутренней части Курско-Днепровского антиклинария и представлены главным образом синклинальными складками. Кроме железистых кварцитов, широко распространены амфиболиты, кварцito-песчаники. Перечисленные породы при синклинальном залегании являлись барьерами для гранитизации и развития гидротермальных метасоматитов, чем и объясняется отсутствие в КМА богатых железных руд метаморфического генезиса и гидротермального редкометального оруденения.

4. Согласно существующей классификации, группа метаморфогенных месторождений делится на метаморфизованные и метаморфические. Однако такое деление не отражает сложности развития метаморфогенного оруденения в складчатых зонах докембрия. Ультраметаморфизм последних автор делит на три фазы, причем в первой фазе выделяет три стадии. Гидротермальное развитие метасоматоза было также многостадийным. Сложное развитие ультраметаморфических и гидротермально-метасоматических процессов определило и полигенное развитие метаморфических богатых руд Криворожья. Так, образование руд саксаганского типа автор связывает с ранними стадиями гранитизации.

Флюиды, вызывавшие гранитизацию железистых кварцитов, становились недосыщенными кремнекислотой. Выше зон гранитизации они выщелачивали из прослойков джеспилитов кварц. При этом возникали пористые магнетитовые руды, которые в условиях высокогорья были преобразованы в гидрогематит-мартиловые руды. Значительные опускания Украинского щита привели к глубокому захоронению окисленных руд. При гранитизации с привносом калия за счет железистых кварцитов возникали микроклиновые сиенито-гнейсы; железо при этом вынеслось в более высокие горизонты, замещало кварцевые прослойки железистых кварцитов с образованием богатых, массивных магнетитовых руд.

При образовании гидротермальных метасоматитов в наиболее раннюю стадию возникали богатые железные руды в связи с эгиринизацией, а в более поздние стадии — в связи с процессами рибекитизации, карбонатизации и окварцевания. Таким образом, в классе метаморфических месторождений железа выделено шесть типов богатых железных руд. Во всех случаях образование руд перечисленных типов было обусловлено перемещением железа только в пределах толщ железистых кварцитов.

Формирование некоторых типов гидротермальных месторождений метаморфического класса сопровождалось развитием редкометального оруденения магматогенно-гидротермального класса. Образованию редкометального оруденения предшествовала сложная эволюция магматических процессов с проявлениями гранитизационной дифференциации. В отличие от кларков концентраций месторождений железа метаморфического класса, изменяющихся единицами, кларки концентраций металлов в месторождениях гидротермально-магматогенного класса измеряются десятками и даже сотнями единиц. Редкометальные месторождения в толщах железистых кварцитов относятся к сложным метаморфогенно-гидротермально-магматогенным.

5. В интрузивно-ультраметаморфических циклах складчатых зон докембрия развитие ранней гранитизации происходило с привносом натрия; гранитизирующие флюиды этого периода, вероятно, поднимались из подкоровых глубин. Формирование ранних фаз гранитизации калиевых гранитоидов связывается с внутрикоровыми флюидами кристаллизирующихся калий-натриевых гранитов, а образование калиевых гранитов поздних фаз было вызвано процессами гранитизации с отделением флюидов из более ранних кристаллизирующихся расплавов формации калиевых гранитов.

Гидротермальные метасоматиты образованы растворами поздних фаз становления формации калиевых гранитов. В ранние фазы возникали плутоны, площади которых измеряются десятками и тысячами квадратных километров. Структурное положение этих массивов определяет в регионе размещение малых интрузивно-ультраметаморфических массивов, узлов гидротермальных метасоматитов и месторождений. Особенности строения отдельных участков гидротермальных метасоматитов и месторождений связаны с распределением малых интрузивно-ультраметаморфических тел и их структурами.

А. П. Биркис, О. А. Богатиков
(Центр. лабор. Упр. геол. при СМ
Латв. ССР, Ин-т геол. рудных м-ний,
петрогр., минер. и геохимии)

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА ДОКЕМБРИЙСКИХ ГАББРО-НОРИТ-АНОРТОЗИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ (НА ПРИМЕРЕ УКРАИНЫ И ЗАПАДНОЙ ЛАТВИИ)

1. Железо и титан являются главными компонентами железо-титановых окисных рудных минералов — ильменита, титаномагнетита, ульвошпинели и др., в тех или иных количествах постоянно присутствующих в основных породах, в том числе и в докембрийских габбро-норит-анортозитовых комплексах. Кроме того, значительная часть железа и титана концентрируется в фемических силикатах (пироксене, оливине, биотите). Таким образом, железо-титановая рудоносность габбро-норит-анортозитовых комплексов зависит от магматической специализации их на эти элементы, распределения железа и титана между силикатами и окислами, формы вхождения этих элементов, фазового состава рудных окислов и условий их концентрации.

2. Методом термомагнитного анализа горных пород и монофракций рудных минералов установлено резкое преобладание в титановой железорудной фракции пород габбро-норит-анортозитовых комплексов Украины и Западной Латвии, гемоильменитов с составом $0,9 \text{ FeTiO}_3 \cdot 0,1 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ (точка Кюри $\approx -150^\circ\text{C}$). Это обстоятельство делает габбро-норит-анортозитовые ассоциации перспективными в отношении титанового оруденения даже по сравнению с очень богатыми титаном рудами некоторых расслоенных эпизональных массивов, в которых большая часть его сконцентрирована в титаномагнетитах с тонкими структурами распада.

3. На основе обработки 300 полных химических анализов различных типов пород и пересчета их по методу П. Ниггли изучены:

а) частоты встречаемости в породах определенных значений их общей железистости ($F_{общ}$), железистости их силикатной части ($F_{си}$), содержания суммы рудных окислов (в пересчете на ильменит и магнетит), отношения ильменита к сумме ильменита и магнетита;

б) распределение в различных типах пород в зависимости от общей железистости ($F_{общ}$): силикатной железистости, суммарного содержания ильменита и магнетита, отношения ильменита к сумме ильменита и магнетита, TiO_2 и Fe_2O_3 ;

в) распределение в породах Ti , Fe^{+3} и отношения ильменита к сумме ильменита и магнетита в зависимости от содержания фосфора (апатита).

4. Установлено, что, несмотря на минералогическое сходство пород габбро-норит-анортозитовых комплексов Украины и Западной Латвии, четко выявляются их петрохимические отличия, связанные с поведением главных пордообразующих элементов, в особенности железа и титана.

5. Отличия объясняются различной специализацией комплексов в отношении железа, магния, титана и, по-видимому, несколько отличными физико-химическими условиями кристаллизации, дифференциации и др. Эти факторы повлекли за собой различия в степени окисления железа и фазовом составе Fe—Ti-окиснорудных минералов, количестве их в различных типах пород, в распределении железа и титана между силикатами и окислами, железистости силикатов и пр.

6. Петрохимические различия внутри серий анортозит — габбро (норит) — пироксенит (перидотит) в пределах комплексов, за некоторыми исключениями, имеют постепенный характер, отражая генетическое единство этих серий.

И. В. Головин (ВСЕГЕИ)

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ЗОНЫ ДОКЕМБРИЙСКИХ ЩИТОВ И ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ ПЛИТЫ

1. В районах развития сложноскладчатых, интенсивно и неоднократно метаморфизованных образований докембрия ряд основных вопросов стратиграфии, тектоники, магматизма и рудообразования является дискуссионным. Поэтому прогнозирование новых площадей, благоприятных для поисков рудных полезных ископаемых, сталкивается со значительными трудностями. Для облегчения задачи прогнозирования, повышения обоснованности и надежности прогноза сделана попытка привлечь региональные геофизические данные. С этой целью обобщены и проанализированы материалы площадных региональных гравиметрических и магнитных съемок в районах развития рудных месторождений на Балтийском, Украинском, Алданском, Канадском и Австралийском щитах.

2. Был проведен статистический анализ геофизических полей и размещения более 4 тысяч проявлений эндогенной минерагении различных типов, расположенных в различных по структуре и возрасту зонах. В результате удалось выявить ряд геофизических критериев, т. е. сочетание таких особенностей или составляющих физических полей, которые устойчиво наблюдаются в зонах концентрации месторождений определенных типов независимо от возраста оруденения и состава вмещающих пород. Таким образом, геофизические критерии являются необходимыми элементами геофизической информации при определении перспективности какой-либо площади на данный тип полезных ископаемых.

3. Намечены следующие основные региональные геофизические критерии рудоносных зон.

а) Краевые зоны аномалий силы тяжести в области положительных значений благоприятны для концентрации железа, полиметаллов, серного колчедана, золота, редкometальных пегматитов; в области положительных и отрицательных значений — для никеля, молибдена.

б) В их пределах благоприятными характеристиками магнитного поля являются: области высоких положительных значений — для железа; слабых положительных значений — для никеля; линейных магнитных аномалий на отрицательном региональном фоне — для полиметаллов, серного колчедана и золота; отрицательных значений, иногда со слабыми положительными локальными аномалиями, — для редкometальных пегматитов и молибдена.

в) Для локализации титана, некоторых типов железорудных месторождений и редких металлов, как правило в комплексных по составу эндогенных рудах, благоприятны четкие совпадающие локальные аномалии силы тяжести и магнитного поля.

4. На ряде примеров показан геологический и металлогенический смысл сочетания некоторых типов геофизических аномалий и геологических структур какrudогенерирующих и рудоконцентрирующих зон. В частности, показано, что в областях крупных минимумов силы тя-

жести устанавливаются проявления наиболее молодых геологических процессов, сопровождающихся повышенным тепловым потоком, привносом вещества из глубинных недр земной коры, изменением термодинамических условий и преобразованием ранее существовавших горных пород (гранитизация, метаморфизм и т. п.). В таких зонах создаются наиболее благоприятные условия для генерации рудных растворов и мобилизации рудного вещества в преобразуемых горных породах. Процессы гранитизации и метаморфизма в значительной мере определяют и намагниченность горных пород (содержание в них магнетита). Образование магнетита, в свою очередь, зависит от содержания в породах первичного или первораспределенного железа, а также от физико-химических условий формирования и преобразования пород. Таким образом, определенные сочетания гравитационных и магнитных аномалий в опосредованном виде характеризуют некоторые черты физико-химической и термодинамической обстановки, которые в конечном итоге определяют условия, благоприятные для образования разных формаций рудных месторождений.

Зоны, благоприятные для концентрации различных металлов, генерируемых в рассмотренных выше областях, также определяются различными благоприятными физико-химическими и термодинамическими условиями, находящими отражение в характерных чертах геофизических аномалий и особенностях геологического строения. Как правило, эти зоны закономерно расположены относительно областей минимумов силы тяжести. К таким особенностям относятся локальные максимумы силы тяжести, краевые зоны более крупных максимумов Δg и локальные черты аномального магнитного поля, характеризующие реликты и в разной степени измененные краевые части структурных и формационных зон супракrustальных образований докембра. К этой же категории особенностей относятся и зоны разрывных нарушений, выделяемые по геофизическим данным. Таким образом, закономерное расположение известных рудных формаций относительно геофизических аномалий, характеризующих процессы изменения горных пород, подтверждает известные положения Ю. А. Билибина и С. С. Смирнова, отмечавших, что образование месторождений полезных ископаемых есть частный случай петрогенезиса, как результат преобразования вещества земной коры и, в частности, ее гранитного слоя.

5. Выявленные критерии были применены при составлении по геофизическим данным схематической карты площадей, перспективных на некоторые типы рудных месторождений в докембрийских образованиях Русской платформы, и в том числе в областях неглубокого залегания кристаллического фундамента плиты (м-б 1 : 2500 000).

На данной стадии анализа материалов можно сделать следующие выводы. В пределах Балтийского щита на комплексе различных полезных ископаемых весьма перспективны районы южного и юго-восточного Приладожья. Ветреный пояс характеризуется благоприятными критериями локализации полиметаллов и золота. В Прибалтике выделяется ряд зон, перспективных преимущественно на полиметаллы и железо.

В пределах Белорусского массива намечаются перспективы северо-западной части на железные руды и частично на никель. В юго-восточной части выделяется ряд зон, благоприятных для поисков полиметаллов и редкометальных пегматитов. Отмечается также ряд локальных аномалий, перспективных на выявление комплексных руд.

В западной части Воронежского массива наиболее широко развиты геофизические критерии локализации железорудных месторождений. Реже встречаются зоны, благоприятные для полиметаллов и редких

металлов. Ряд участков с благоприятными геофизическими признаками для поисков никеля выделяется в центральной и крайней юго-восточной частях массива. Восточная часть массива характеризуется очень слабыми перспективами никеленосности.

Произведенный анализ является первым приближенным этапом регионального изучения перспектив рудоносности докембрийских образований Русской платформы с помощью геофизических данных. Дальнейшие исследования и разработки комплексных геофизических, геологических и геохимических критериев на основе обобщения и типизации геолого-геофизических данных на щитах с привлечением более крупномасштабных материалов позволяют еще более локализовать перспективные площади и приблизиться к открытию новых промышленных месторождений в европейской части нашей страны.

М. А. Данилов
(Архангельский геологоразвед. трест)

ОТРАЖЕНИЕ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ И МЕТАЛЛОГЕНЕЗА ФУНДАМЕНТА СЕВЕРНОЙ ОКРАИНЫ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

1. В последние годы, благодаря широкой и успешной постановке региональных геофизических работ на севере Русской платформы, стали возможными крупные обобщающие исследования, посвященные выяснению особенностей внутреннего строения и современного рельефа кристаллического фундамента. Не останавливаясь на региональных геофизических характеристиках древнейших массивов и складчатых систем, которые освещены в литературе, рассмотрим ряд конкретных примеров структурно-металлогенической интерпретации геофизических данных о строении фундамента.

2. В пределах рассматриваемой территории (побережье Белого моря, Северо-Онежский бокситоносный район) дорифейский фундамент геологическими методами изучен весьма слабо, в немногочисленных пунктах выхода его на поверхность (Поморский берег Белого моря, район Ветреного пояса), а также по керну единичных буровых скважин (Ненокса, Архангельск, Усть-Пинега и др.). Гораздо удовлетворительнее обстоит дело с геофизической изученностью указанной территории: здесь выполнены мелко- и среднемасштабные гравимагнитные съемки, а на отдельных площадях и более детальные комплексные аэро- и наземные геофизические исследования.

3. Сравнительная характеристика геофизических полей восточной части Балтийского щита и примыкающей к нему северной окраины Русской платформы в сочетании с геологическими данными показывает, что в пределах последней дорифейский фундамент сохраняет многие особенности строения и металлогенеза, присущие образованиям архея и протерозоя на востоке Балтийского щита. Изучение закономерностей строения и металлогенеза фундамента в пределах рассматриваемой территории является актуальной практической задачей, связанной с поисками промышленных месторождений бокситов, меди, никеля, кобальта, железа, благородных металлов, редких земель и других полезных ископаемых в районах с неглубоким (первые десятки — сотни метров) залеганием фундамента. Геофизические данные о строении фундамента, как это будет показано ниже на примере Северо-Онежского бокситоносного района, могут быть использованы и при поисках рудных полезных ископаемых в осадочном чехле, а также для оценки перспектив территории на возможные первоисточники алмазов.

4. Онежский полуостров. В геологическом строении его участвуют преимущественно архейские и верхнепротерозойские образования, перекрытые повсеместно четвертичными отложениями. По данным аэромагнитной и гравиметровой съемки, в дорифейском фундаменте выделяются крупные глыбово-блоковые структуры, ограниченные тектоническими нарушениями северо-западного и северо-восточного направлений и сложенные различными по составу образованиями архея и протерозоя.

Совместная интерпретация материалов гравиметрии и ГСЗ показывает, что в районе Онежского полуострова глубина залегания границы Мохо составляет около 30 км, т. е. является минимальной для изученной части акватории Белого моря (диапазон изменения глубин 30—38 км). Следует также отметить, что в районе между Кандалакшской и Онежской губой отмечается интенсивная аномалия силы тяжести — Беломорский максимум. Согласно расчетам, он обусловлен крупной интрузией основных пород, корни которой глубоко уходят в нижние слои земной коры. Эти данные хорошо увязываются с проявлениями в пределах Онежского полуострова траппового и щелочно-ультраосновного магматизма.

Петрофизические исследования и наземная магнитная съемка, проведенные под руководством и при участии автора в период 1964—1969 гг. в районе с. Неноксы, привели к открытию первого на Русской платформе поля типичных трубок взрыва, выполненных эруптивными брекчиями щелочно-базальтоидного и щелочно-ультраосновного состава. Указанные вулканические тела расположены в пределах и на периферии значительной по размерам магнитной аномалии, связанной с породами кристаллического фундамента. Сопоставление аномальных магнитных полей одного из районов Центрально-Якутской кимберлитовой провинции и района развития трубок взрыва Онежского полуострова обнаруживает большое сходство характера магнитного поля. Повидимому, в том и другом случае аномальный характер поля (региональные положительные аномалии ΔT_a , осложненные локальными аномалиями, соответствующими трубкам взрыва) отражают зоны дробления (повышенной проницаемости) на участках минимальной мощности земной коры, используемые основной (ультраосновной) и кимберлитовой магмой для подъема из глубинных магматических очагов в платформенный осадочный чехол. Причиной обнаруженного подобия геофизических полей может служить общий характер формирования трубок взрыва; при этом масштабы и специфика проявления платформенного щелочно-ультраосновного магматизма, наряду с тектоническими факторами, определяются исходными параметрами и глубиной залегания материнского магматического очага. Этот вопрос требует привлечения новых материалов и дополнительного исследования. Большой интерес в этой связи представляют ксенолиты глубинных пород (пироксениты, гранатовые перидотиты, эклогиты и др.) из трубок взрыва Онежского полуострова. Изучение их позволит в дальнейшем более уверенно интерпретировать данные геофизических методов при выяснении особенностей внутреннего строения и металлогении дорифейского фундамента севера Русской платформы.

5. Северо-Онежский бокситоносный район (СОБР) — северное крыло Тихвин-Онежской провинции — расположен в пределах северо-западного окончания Московской синеклизы и частично — юго-восточного склона Балтийского щита. Нижнекаменноугольные бокситоносные отложения накапливались здесь на склонах довизейских возвышенностей, в отрицательных формах рельефа (крупные долинообразные впадины, осложняющие склоны Главной гряды карелид Ветреного пояса).

В настоящее время основные перспективы поисков здесь новых месторождений бокситов связаны с северным и южным флангами СОБР, где геофизическими и буровыми работами последних лет наряду с боксито-проявлениями установлено наличие в кристаллическом фундаменте массивов основных и ультраосновных пород (район Кенозеро — Ундоzero — Кожозеро). Помимо картирования интрузий основного — ультраосновного состава, второй предпосылкой эффективного использования геофизических методов при поисках бокситов на новых площадях является изучение соответствия (в несколько сглаженном виде) структурных планов дорифейского кристаллического фундамента и до-нижнекарбоновой поверхности. Указанные обстоятельства позволили предложить рациональную методику комплексных геофизических работ при поисках бокситов на флангах СОБР, при которой целевой границей для большинства геофизических методов является поверхность кристаллического фундамента.

6. Наряду с дальнейшими поисками бокситов осадочного типа, по нашему мнению, здесь следует вести также поиски месторождений бокситов типа латеритных кор выветривания на участках развития основных и ультраосновных пород в кристаллическом фундаменте юго-восточного склона Балтийского щита на стыке его с осадочными образованиями Русской платформы.

И, наконец, данные геофизических методов, отражающие особенности строения и состава дорифейского фундамента в рассматриваемом районе, и их металлогеническая интерпретация позволяют рационально размещать здесь поисково-разведочные работы на сульфидные медно-никелевые руды, генетически связанные с теми же основными и ультраосновными массивами.

7. Размещение магматических комплексов и отдельных массивов в дорифейском фундаменте на рассматриваемой территории и специфика их металлогенеза, как и на Балтийском щите, определяются системой тектонических нарушений, важнейшими из которых являются сквозьструктурные глубинные разломы северо-западной и северо-восточной тектонических зон. Первостепенный интерес в отношении поисков полезных ископаемых представляют узловые участки пересечений указанных зон.

8. Следует констатировать далеко не достаточную изученность внутреннего строения фундамента севера Русской платформы такими высокоеффективными методами, как глубинное сейсмозондирование, регистрация волн естественных землетрясений, и актуальность постановки этих работ для решения ряда структурных, металлогенических и других задач, связанных с поисками полезных ископаемых. Например, выделение по данным ГСЗ и гравиметрии участков с минимальной мощностью земной коры, пространственно совпадающих с крупными гравитационными и магнитными аномалиями и благоприятных для проявления кимберлитового вулканализма на платформах, позволило бы локализовать районы поисков коренных источников алмазов на севере Русской платформы.

*В. А. Пуура, Б. А. Судов
(Упр. геол. СМ ЭССР)*

К ВОПРОСУ О ЗОНАХ ПЛАТФОРМЕННОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ И ИХ МЕТАЛЛОГЕНИИ

1. Изучению процессов тектонической активизации южной части Балтийской антеклизы и связанный с ними металлогенез уделялось

мало внимания. Между тем имеющиеся материалы, прежде всего по территории Эстонской ССР, позволяют поставить вопрос о необходимости дальнейшего более углубленного изучения этих явлений с целью прогнозирования рудных месторождений.

2. В связи с тем, что значительная часть Балтийского щита ранее была перекрыта осадочными, в том числе палеозойскими, породами, о южной его части и склонах можно говорить как о Балтийской антеклизе. Ее границы с Балтийской и Московской синеклизами достаточно четко выделяются на некотором удалении от современной границы щита и плиты, в полосе залегания фундамента на глубинах 500—1000 м, в виде уступов, разломов и флексур или зон относительно крутого наклона поверхности фундамента.

Южная часть Балтийской антеклизы делится на ряд крупных блоков, испытавших дифференцированные движения в платформенную стадию развития. Границы этих блоков совпадают с глубинными разломами, разделяющими Свекофинский блок от Свеко-Норвежского и Саамо-Карельского блоков земной коры, и с глубинным разломом по линии Ботнический залив — Балтийское море. Вдоль этих глубинных разломов из внутренних частей щита протягиваются прерывистые зоны платформенных грабен-синклиналей: зона Даларна — оз. Веттери, зона Ботнический залив — Балтийское море, зона грабен Мухос (?) — Ладожское озеро — Пашский грабен. Об интенсивном тектоническом дроблении всей территории в раннеплатформенную эпоху и о глубоком заложении таких разрывов свидетельствует распространение хогландских и иотнийских интрузий за пределами грабен-синклиналей.

3. Сплошной платформенный чехол склонов щита — вендско-палеозойские отложения — наиболее интенсивно дислокирован в грабен-синклиналях, где амплитуда смещения слоев достигает 100—400 м. К региональным дислокациям следует отнести также достаточно резкие изменения простирации моноклинальной структуры склонов щита, происходящие в зонах глубинных разломов, а также по линии Чудское озеро — р. Великая. Платформенный магматизм каледонской эпохи установлен в зоне Даларна — оз. Веттери, герцинской эпохи — на западном берегу Ботнического залива и Балтийского моря (щелочные породы).

В относительно стабильных блоках на склонах щита, между зонами грабен-синклиналей, распространены мелкие платформенные дислокации: малоамплитудные (до 10—50 м) сбросы и флексуры, а также плакантклинали. Эти структуры формировались в основном в байкальскую или каледонскую тектонические эпохи и частично унаследованно развивались в герцинскую и более поздние (в том числе в современную) тектонические эпохи. Некоторые группы дислокаций расположены над долгоживущими разломами фундамента; отмечается зависимость ориентировки некоторых систем нарушений от размещения plutонов рапакиви. К особому типу относятся кольцевые дислокации Палкуюла на о. Хийумаа (ранний палеозой) и Мишиной горы в северной части Псковской области (поздний палеозой).

4. Сведения о металлогении зон платформенной тектонической активизации в целом очень скучны. Имеются указания о повышенном содержании ряда редких элементов в гранитах рапакиви, меди и никеля в иотнийских долеритах, специфическими типами минерализации сопровождаются герцинские щелочные породы.

Наибольший интерес представляют рудопроявления средне- и низкотемпературного происхождения, приуроченные к зонам тектонических нарушений. Установлены жильные медно-полиметаллические и полиметаллические рудопроявления, возраст которых поздне- или послехо-

гландский, но довенденский. Они сопровождаются гидрохимическими аномалиями цветных металлов и сопутствующих элементов, содержащихся в водах кристаллического фундамента. Низкотемпературное гидротермальное (тектоническое) полиметаллическое оруденение широко распространено в платформенном чехле и кристаллическом фундаменте Северной Прибалтики. Оно приурочено к разнотипным дислокациям: байкальским и каледонским плакантиклиналям, добайкальским, байкальским, каледонским и иногда герцинским разрывам и зонам трещиноватости — и имеет послесреднедевонский, вероятно герцинский, возраст. Отмечается пространственное совпадение рудопроявлений в фундаменте и осадочном чехле. В благоприятных для рудоотложения карбонатных породах девона, силура и ордовика, в коре выветривания фундамента и в базальных аркозовых песчаниках венда, наряду с жильными телами, могут иметь место стратиформные залежи.

5. В распространении полиметаллической, существенно свинцово-цинковой, минерализации на южном склоне Балтийской антеклизы, в пределах территории Эстонской ССР и смежного района Ленинградской области отмечаются некоторые закономерности. Так, наиболее часто полиметаллическая минерализация и сопутствующие ей геохимические аномалии встречаются в двух полосах: а) Пярну-Наровской полосе дислокаций, секущей всю территорию Эстонской ССР в северо-восточном направлении и имеющей ширину 50—70 км, и б) в полосе того же простирания в Северо-Западной Эстонии, являющейся как бы ветвью Ботническо-Балтийской зоны дислокаций.

В карбонатных породах процессам сульфидообразования предшествовали растворение карбонатов и доломитизация известняков.

В Пярну-Наровской полосе тектонических нарушений отмечается горизонтальная зональность рудоотложения с запада на восток (по убывающему значению металлов): Fe, Pb — Fe, Pb, (Zn) — Fe, Pb, Zn, (Cu) — Fe, Zn, (Pb) — Fe, Zn. Наиболее крупные рудопроявления приурочены к юго-восточной части полосы, заключенной между районами Вийвиконна — Нарва (на северо-востоке) и Выхма — Лаэва (в Центральной Эстонии). Имеются косвенные указания о продолжении этой минерализованной полосы далее на юго-запад, в район Пярну — Вильянди.

В более слабо изученной Северо-Западной полосе тектонических нарушений намечается такой же ряд горизонтальной зональности. Кроме того, процессы сульфидообразования в северо-западной полосе пространственно связаны с процессами образования асфальтита.

Полиметаллические рудопроявления в кристаллическом фундаменте и в осадочных породах сопровождаются эндогенными ореолами свинца, цинка, меди, бария, сурьмы, мышьяка, кадмия, серебра, таллия, йода.

6. Для дальнейшего изучения представляют большой научный и практический интерес следующие проблемы: а) классификация платформенных дислокаций на склонах и разработка критерии их диагностики на щите; б) сопряженное изучение проявлений платформенной рудной минерализации в чехле и фундаменте склонов щита и собственно на щите; в) изучение процессов регенерации рудного вещества доплатформенных комплексов пород в зонах тектонической активизации.

ЭНДОГЕННАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ КМА

1. Систематизация всех имеющихся данных по составу, геолого-структурному положению и условиям образования различных типов эндогенного оруденения в кристаллическом фундаменте позволяет выделить следующие рудные формации: а) халькопирит-пентландит-пиритиновая в основных и ультраосновных массивах; б) золоторудные (золото-пирит-кварцевая в березитизированных породах, золото-турмалин-кварцевая в метасоматитах, золото-флюоритовая в карбонатных породах); в) колчеданная и колчеданно-полиметаллическая; г) галенит-сфалеритовая и галенит-сфалерит-колчеданная в карбонатных и карбонатно-силикатных породах; д) галенит-сфалерит-кварц-карбонатная (жильная); е) халькопирит-молибденитовая; ж) молибденит-кварцевая; з) редкометальная в альбититах и грейзенах.

2. На основании детальных петрографических, петрохимических, минералогических, геохимических и петрофизических исследований все интрузивные образования региона расчленены на восемь интрузивных комплексов: жидеевский базит-гипербазитовый; салтыковский гранодиорит-плагиогранитный (>3000 млн. лет); стойло-николаевский габбро-диорит-гранодиоритовый (2130 ± 50 млн. лет); малоархангельский габбро-норитовый; комплекс мигматит- и анатектит-гранитов, представленный мигматитами, мигматит- и анатектит-гранитами (обоянский тип) и субщелочными граносиенитами, пегматоидными гранитами и аплит-пегматоидными образованиями (волотовский тип, 1960 ± 40 млн. лет); никитовский и смородинский габбро-долеритовые (1820 ± 50 млн. лет) и лискинский гранит-аляскитовый (1650 ± 40 млн. лет).

3. Сравнение металлогенической специализации интрузивных образований, возраста, геохимических особенностей и закономерностей пространственных соотношений магматических образований выделенных комплексов и проявлений различных рудных формаций показывает, что медно-никелевое оруденение генетически связано с интрузивами перidotитов жидеевского комплекса и дифференцированными интрузиями оливиновых габбро-долеритов смородинского комплекса; колчеданное, полиметаллическое и золотое имело парагенетическую связь с многофазным стойло-николаевским комплексом; редкометальное в альбититах и грейзенах — с субщелочными гранитоидами волотовского типа, молибденовое и радиоактивное — с лискинским комплексом.

Таким образом, формирование эндогенного оруденения в докембрии КМА происходило в течение трех металлогенических эпох: верхнеархейской, раннепротерозойской и среднепротерозойской. Для каждой эпохи характерны определенные ведущие металлы.

4. Основными структурными элементами в докембрии региона являются крупные блоки фундамента I и II порядков и ограничивающие их региональные зоны разломов, среди которых выделяются региональные зоны глубинных разломов, разделяющие основные блоки фундамента и проникающие (по данным ГСЗ) в верхние горизонты мантии, а также региональные зоны магмоподводящих разломов глубокого заложения.

Полициклическое развитие зон глубинных разломов обусловило горсто-грабеновое строение располагающихся в их пределах структур и формирование на их отдельных участках узких протяженных грабен-синклиналей, выполненных позднеархейскими метаэфузивами и (или)

раннепротерозойскими вулканогенно-осадочными образованиями курской и щигрово-осколецкой серий. Эти зоны глубинных разломов являлись основными каналами для поступления вещества из коровых и подкоровых магмо- и рудогенерирующих очагов.

5. Анализ основных закономерностей размещения эндогенного оруденения показывает, что оно локализуется в пределах определенных металлогенических зон и областей, характеризующихся специфическими тектоникой, магматизмом и набором рудных формаций.

Устанавливается четкая приуроченность проявлений всех рудных формаций к крупным региональным зонам глубинных разломов (металлогенические зоны), разделяющим основные блоки фундамента (металлогенические области). Все известное в настоящее время оруденение локализуется в пределах полигенетических Михайловско-Белгородской и Петровско-Волотовской металлогенических зон и Орловско-Данковской металлогенической области, причем наиболее рудонасыщенной является Петровско-Волотовская металлогеническая зона.

В пределах этих крупных металлогенических регионов оруденение группируется в определенных рудных зонах и районах со специфической минерализацией и магматизмом. При этом «сналический» магматизм и связанное с ним лиофильное оруденение развиваются в пределах блоков, испытавших перед рудообразованием длительное воздымание, а «симатический» магматизм и халькофильное оруденение — в пределах грабен-синклиналей, испытавших длительное прогибание. Положение отдельных рудных полей и узлов контролируется местами пересечения, сочленения и резких изгибов зон разломов, сопровождающихся многочисленными нарушениями и межпластовыми срывами.

Наиболее перспективными для поисков оруденения выделенных формаций представляются Змиевская, Колпнянская и Белев-Воронежская рудные зоны (медно-никелевое оруденение в дифференцированных трапповых интрузивах смородинского комплекса), а также следующие рудные районы: Новоялтинский и Михайловский (медно-никелевое оруденение в периотитах жидеевского комплекса, полиметаллы, колчеданы, золото); Белгородский (медно-никелевое оруденение в периотитах жидеевского комплекса, полиметаллы, золото, молибден); Курско-Бесединский (медно-молибденовое); Исаковский (колчеданы); Прилепский и Тисский (полиметаллы, колчеданы, золото); Стойло-Лебединский (полиметаллы, золото); Чернянский (колчеданы); Северо-Волотовский (редкие металлы); Центрально-Волотовский (полиметаллы) и Лискинский (редкие металлы).

Н. Д. Кононов
(ТГУ Центральных районов)

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТА В ГРУБООБЛОМОЧНЫХ ПОРОДАХ БАЗАЛЬНОГО ГОРИЗОНТА ПРОТЕРОЗОЯ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

1. Докембрий Курской магнитной аномалии (КМА) сложен образованиями нижнего архея (разнообразные по составу гнейсы), верхнего архея (метабазиты, амфиболиты, слюдисто-амфиболовые сланцы, кварцевые порфирь, иногда метапесчаники), нижнего протерозоя (метапесчаники, разнообразные по составу сланцы, железистые кварциты, мраморизованные известняки и доломиты, метаэфузивы основного, сред-

него и кислого состава), прорванными интрузиями ультраосновного, основного, среднего и кислого состава архея, нижнего и среднего протерозоя.

2. В докембрийском фундаменте КМА широким распространением пользуются грубообломочные метаосадочные образования, развитые на разных стратиграфических уровнях. Наиболее широко развиты грубообломочные породы базального горизонта курской серии нижнего протерозоя, залегающие на образованиях нижнего и верхнего архея с резким стратиграфическим и угловым несогласием.

3. Базальный горизонт курской серии нижнего протерозоя представлен олигомиктовыми и мономиктовыми кварцевыми метапесчаниками на серицито-кварцевом цементе, реже кварцитами. Мощность этого горизонта весьма изменчива — от первых метров до сотен метров, а возможно, до 1000 м. На ряде участков в этом горизонте грубообломочных пород установлены пласти конгломератов. Наиболее часто конгломераты встречаются в самом основании горизонта грубообломочных пород. Этот пласт конгломератов характеризуется наибольшей выдержанностью по мощности и по площади. Встречены пласти конгломератов и в средней части горизонта грубообломочных пород, но они имеют локальное распространение. Мощность (от долей метра до 20 м) и количество пластов (до восьми) конгломератов в общем находятся в прямой зависимости от общей мощности горизонта грубообломочных пород.

4. Состав конгломератов олигомиктовый кварцево-галечный. Лишь на Игнатьевском участке в основании данного горизонта развиты полимиктовые конгломераты, обломки которых представлены главным образом плагиогранитами и амфиболитами верхнего архея. Олигомиктовые кварцево-галечные конгломераты встречены на Александровском, Коробковском, Лебединском, Стойленском, Чернянском, Большетроицком, Белгородском, Воронецком и других участках. Наибольшее количество пластов конгломератов и наибольшие мощности их отмечены на Александровском и Лебединском участках. Цемент конгломератов сульфидно-серицито-кварцевый; соотношение содержаний гальки и цемента варьирует от 1 : 1 до 3 : 1. Размер гальки конгломератов от 1 до 5 см. Сульфиды составляют первые проценты, иногда 10—16% от объема породы. Среди сульфидов резко преобладают пирит и пирротин; в подчиненных количествах встречаются галенит, халькопирит, сфалерит. В цементе конгломератов отмечены высокие концентрации обломочных минералов тяжелой фракции — циркона (до 64 кг/т); реже встречаются рутил, магнетит.

5. Олигомиктовый кварцевый состав грубообломочных пород базального горизонта курской серии весьма благоприятен для локализации осадочного и гидротермального оруденения золота. К этому горизонту приурочены разнообразные рудопроявления и аномалии золота того и другого генезиса. Первично-осадочное золото (кластогенное и хемогенное) связано с прослойями кварцевых конгломератов. Незначительные содержания золота отмечаются в грубозернистых метапесчаниках. На одном из рудопроявлений мощность продуктивной толщи грубообломочных пород более 100 м. Здесь на обычном фоне содержаний золота отмечено несколько интервалов с более высокими содержаниями этого металла. Весьма характерная черта этих рудопроявлений — локализация их в основании горизонта грубообломочных пород, закономерное снижение содержания золота от подошвы к кровле рудоносного пласта, отсутствие структурного контроля оруденения и явных признаков гидротермальной проработки золотоносных конгломератов, очень низкие содержания характерного для гидротермальных рудопроявлений элемен-

та — бария. Установлена прямая корреляция содержаний золота с содержанием обломочного циркона цемента конгломератов, а также метаморфогенных минералов — магнетита, пирита, пирротина и др. Намечается обратная зависимость между содержаниями золота и наложенных минералов — хлорита и карбоната.

Золото в конгломератах главным образом субмикроскопическое, находится в тесной ассоциации с сульфидами цемента. Однако прямой корреляции между ними не наблюдается. Обломочное золото составляет лишь 13% от его общего содержания.

Золотоносные конгломераты содержат в аномальных количествах титан, цирконий, церий, лантан, иттрий, иттербий и другие элементы, которые связаны с обломочными минералами тяжелой фракции.

Олигомиктовый и мономиктовый кварцевый состав грубообломочных пород (содержание кремнезема до 90%), а также наличие в их цементе сульфидов создавали благоприятную геохимическую обстановку и для локализации гидротермального оруденения золота, а хрупкость этих пород способствовала проявлению повышенной трещиноватости в них, что облегчало циркуляцию гидротермальных растворов. В ряде гидротермальных рудопроявлений в этих породах установлены высокие содержания золота на мощности 3,4—0,7 м. В отличие от осадочно-метаморфогенного оруденения, гидротермальные рудопроявления золота локализуются в зонах дробления и гидротермальной проработки в верхней части разреза горизонта грубообломочных пород, непосредственно под менее проницаемыми для растворов сланцами, а в случае отсутствия сланцев — под железистыми кварцитами. Для гидротермального оруденения характерно интенсивное окварцевание метапесчаников и развитие многочисленных кварцевых жил, а также высокие содержания бария.

6. Благоприятные предпосылки поисков осадочно-метаморфогенного оруденения золота в конгломератах базального горизонта протерозоя КМА: наличие олигомиктовых кварцево-галечных конгломератов, особенно в нижней части разреза горизонта; повышенные содержания сульфидов и обломочных минералов тяжелой фракции в цементе (о последних косвенно можно судить по повышенным содержаниям в конгломератах титана, циркония, церия, лантана, иттрия, иттербия). Аномальные содержания золота связаны только с сульфидоносными конгломератами (реже гравелитами и грубозернистыми метапесчаниками).

7. На гидротермальное оруденение золота в грубообломочных породах базального горизонта курской серии указывают зоны дробления и гидротермального окварцевания пород в верхней части этого горизонта, наличие трудно проницаемых для растворов покрышек, кварцевые жилы, повышенные содержания бария, аномальные содержания золота.

8. Выявленные отличительные признаки осадочно-метаморфогенного и гидротермального оруденения золота в олигомиктово-кварцевых грубообломочных породах нижнего протерозоя КМА будут иметь большое практическое значение, так как уже на первых стадиях поисков представляется возможным производить разработку аномалий по генетическим группам, что, несомненно, будет способствовать повышению геолого-экономической эффективности оценочных работ.

9. С учетом приведенных выше поисковых критериев и признаков в пределах КМА выделен ряд участков, благоприятных для выявления в грубообломочных породах базального горизонта курской серии месторождений золота осадочно-метаморфогенного и гидротермального генезиса.

Е. И. Леоненко
(ТГУ Центральных районов)

О ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ГРАНИТОИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕГАБЛОКА КМА ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Воронежский кристаллический массив (ВКМ) глубинными разломами расчленяется на три мегаблока: Деснянский, мегаблок КМА, Калачско-Эртильский.

1. В геологическом строении мегаблока КМА участвуют метаморфические осадочные и осадочно-вулканогенные сложно дислоцированные породы нижнего и верхнего протерозоя, прорванные интрузиями основного, среднего и кислого состава верхнего архея, нижнего и среднего протерозоя.

2. В пределах мегаблока КМА выделяются четыре гранитоидных комплекса: салтыковский, усманский, стойло-николаевский и атаманский.

3. В относительной последовательности формирования гранитоидных комплексов на территории ВКМ наблюдается увеличение общей щелочности, и в частности калия, в гранитоидах от более ранних комплексов к более поздним. Соответственно наблюдается повышение содержания редких элементов в гранитоидах более поздних комплексов.

4. Гранитоиды салтыковского, усманского и стойло-николаевского комплексов характеризуются повышенными содержаниями элементов группы железа, бария и стронция. Гранитоиды салтыковского и усманского комплексов обладают геохимической специализацией на медь, никель и титан. В гранодиоритах и диоритах стойло-николаевского комплекса, по сравнению с гранитоидами салтыковского и усманского комплексов, возрастает роль рудных элементов: цинка, меди, золота, свинца, олова, молибдена, бария и стронция. Гранитоиды атаманского комплекса характеризуются преобладанием группы редких элементов с одновременным увеличением роли радиоактивных элементов и резким обеднением геохимического спектра элементами группы железа.

5. В пределах мегаблока КМА в металлогеническом отношении наиболее интересны два хорошо дифференцированных интрузивных комплекса: стойло-николаевский и атаманский. С ними связаны перспективы оруденения гидротермального типа на золото, цветные металлы и редкие элементы.

Ю. С. Бурмин, И. Н. Леоненко
(ТГУ Центральных районов)

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ, СТРУКТУРНО-ФАЦИАЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНЕЗ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

1. Воронежский кристаллический массив (ВКМ) — крупнейшая положительная структура Русской платформы. В его пределах выделяются три мегаблока первого порядка: Деснянский мегасинклиниорий, мегантиклинорий КМА и Восточно-Воронежский мегасинклиниорий, разграниченные глубинными региональными разломами. Для каждого мегаблока характерны свои формационные особенности и металлогеническая специализация.

2. Докембрийский фундамент ВКМ сложен супракrustальными образованиями архея и нижнего протерозоя. Породы, слагающие мегасин-

клинерии, метаморфизованы в эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фациях; породы, слагающие мегантиклинерии, — в амфиболитовой и гранулитовой фациях.

3. В фундаменте ВКМ открыты многочисленные проявления черных, цветных, благородных и редких металлов, которые можно отнести по генетическим признакам к различным рудным формациям.

В. Е. Островский
(Белорусский науч.-исслед. геологоразвед. ин-т)

РЕГРЕССИВНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ И РУДООБРАЗОВАНИЕ В ДОКЕМБРИИ БЕЛОРУССКОГО МАССИВА

Изучался минералогический состав основных пород Белорусского кристаллического массива, с которыми генетически связано ильменит-магнетитовое оруденение. Породообразующие, рудные и акцессорные минералы были подвергнуты детальному химическому, спектральному, рентгеноструктурному и оптическому исследованию, которое позволило сделать следующие генетические выводы.

1. Породы, с которыми связано ильменит-магнетитовое оруденение, возникли, по-видимому, в результате метаморфизма древней осадочно-вулканогенной толщи. В пользу такого вывода свидетельствует ряд геологических признаков: широкое площадное распространение, постепенный переход во вмещающие породы, повсеместно проявленная стратификация. Кристаллохимическое изучение главных породообразующих минералов — амфиболов и пироксенов — однозначно свидетельствует о метаморфическом происхождении этих пород. В пользу такого вывода свидетельствуют также распределение Mg и Fe^{+2} в существующих пироксенах и распределение элементов-примесей группы железа в породообразующих минералах.

2. Изученные породы образуют единый метаморфогенно-метасоматический ряд: кристаллический сланец — пироксеновый амфиболит — амфиболит (мономинеральный амфиболит — «горнблендит») — гнейсы — гранит. Основные члены этого ряда образовались в условиях полиметаморфизма. Конечным продуктом прогрессивного этапа являются двупироксеновые кристаллические сланцы, метаморфизованные в гранулитовой фации. Характерная черта этих пород — наличие буро-зеленого высокотитанистого фемагастингита, преобладание гиперстена над авгитом и высокая основность плагиоклаза (лабрадор — битовнит).

На регрессивном этапе метаморфизма кристаллические сланцы преобразовывались в пироксеновые амфиболиты. Регрессивная направленность метаморфизма обнаруживается при изучении зависимости содержания щелочей от титана в гастингситах. Как известно, щелочи проявляют большую чувствительность к изменяющимся термодинамическим условиям — их содержание падает и соответствует условиям амфиболитовой фации, в то время как количество титана еще продолжает оставаться на уровне гранулитовой фации.

Анхимономинеральные жильные амфиболиты — «горнблендиты» — являются продуктом метаморфизма на еще более низком уровне: образование этой породы, с которой пространственно связано ильменит-магнетитовое оруденение, происходило в условиях низкотемпературной субфации амфиболитовой фации.

3. Регрессивный метаморфизм сопровождался уменьшением железистости и титанистости главнейших породообразующих минералов: амфиболов и пироксенов. Этот процесс является одним из источников рудного материала. Второй источник — гранитизация, сопровождающая

регрессивный метаморфизм и приводящая к замещению всех темно-цветных минералов полевыми шпатами и кварцем.

4. Высвобожденные в результате регрессивного метаморфизма железо и титан переносятся галоидными растворами в виде хлорацидо-комплексных соединений. О составе растворов можно судить косвенным путем — по широкому развитию и явной связи с процессами рудогенеза хлорсодержащих минералов — апатита и скаполита.

5. Выпадение из раствора и концентрация рудного вещества происходят в зоне интенсивных тектонических нарушений. Возникающий в этой зоне термодинамический градиент обуславливает интенсивное поступление раствора из окружающей породы и потерю части летучих компонентов, уносящих значительное количество тепла. Меняющиеся физико-химические условия приводят к выпадению из раствора магнетита и ильменита. Температура рудообразования (измеренная по содержанию TiO_2 в магнетите методом Баддингтона — Абдуллы) равна 380—440°C.

6. Форма рудных тел неправильная (жилы, прожилки, карманы, гнезда). Мощность их различна (0,1—20,0 м), часто встречаются пережимы и раздувы. Текстура руды пятнистая, полосчатая, массивная, реже плойчатая. Структура среднезернистая, ксеноморфная. Наиболее распространены руды с содержанием магнетита более 50%. Реже встречаются существенно ильменитовые и пирротиновые разности. Форма зерен сингенетичных магнетита и ильменита ангедральная, резко индивидуализированная. Последовательность рудного минералообразования следующая: магнетит + ильменит → пирротин + халькопирит I → пирит I → сферулит + галенит → пирит II + халькопирит II → марказит. В руде отмечается повышенное содержание некоторых элементов-примесей, в частности цинка. Высокое содержание цинка отмечалось в магнетитовых рудопроявлениях среди осадочно-вулканогенных пород Восточных Саян.

7. В результате детальных исследований удалось наметить главные критерии локализации ильменит-магнетитовых руд в Белорусском кристаллическом массиве.

а) Рудные концентрации приурочены к зонам разломов.

б) Отмечается генетическая связь оруденения с мономинеральными амфиболитами типа горнблендита.

в) Темноцветные силикатные минералы рудной зоны характеризуются пониженной железистостью и титанистостью.

г) В рудных зонах фиксируется повышенное содержание цинка.

д) Минералы рудной зоны часто подвержены гидротермальным преобразованиям: по пироксенам развивается боулингит, серпентин, хлорит; гастингсит хлоритизируется или замещается биотитом, который часто обесцвечивается, превращаясь в серицит; плагиоклазы подвергаются серицитизации, эпидотизация, карбонатизации, замещаются калишпатом и альбитом.

е) Вблизи контактов рудных зон в амфиболите отмечается участки интенсивной гранитизации.

ж) Часто в приконтактовой зоне фиксируются маломощные прожилки кальцита, скаполита, пренита, анальцима, цеолитов, а также прожилки кварцево-сульфидного и карбонатно-сульфидного состава.

з) Минералом-индикатором ильменит-магнетитовой минерализации является ксеноморфный крупнозернистый апатит.

Таким образом, установлено, что рудогенез происходил в условиях пневматолитово-гидротермальной стадии единого метаморфогеннометасоматического петrorудного цикла.

А. С. Махнач, В. Ф. Красовский
(Ин-т геохимии и геофизики АН БССР)

ГЛАВНЕЙШИЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ КОЛЬЦЕВЫХ И ЛИНЕЙНО-ВЫТЯНУТЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДОКЕМБРИЯ БЕЛОРУССИИ

1. Земная кора в пределах территории Белоруссии сложена различными по вещественному составу, физическим свойствам и времени образования горными породами, среди которых залегают рудопроявления черных, цветных и редких элементов. Образование земной коры и формирование ее тектонических структур нами связывается с изменениями, происходившими во внешней зоне мантии Земли, т. е. с нарушением в ней термодинамического равновесия.

2. В развитии земной коры мы выделяем лунную, нуклеарную и геосинклинальную стадии. Для каждой стадии характерны свои тектонические структуры, геологические формации и особенности металлогенеза. Несмотря на необратимый характер развития земной коры, в ней все же сохраняются главнейшие особенности, унаследованные от самых ранних этапов формирования. Это наиболее хорошо видно на морфологии тектонических структур. Сформировавшаяся кора в более поздние геологические эпохи под влиянием процессов регионального метаморфизма, гранитизации и метасоматоза испытывала значительные изменения. При этом происходило перераспределение петрогенных и рудогенных элементов, в связи с чем заметно менялся и облик металлогенеза региона.

3. В кристаллическом фундаменте Белоруссии выявлены две формы крупных тектонических структур: 1) гигантские кольцевые вулкано-плутонические депрессии и 2) линейно-вытянутые синклинальные прогибы и антиклинальные поднятия. Первый тип структур более древний. Каждый из выделенных типов тектонической структуры отличается своими формациями и особенностями металлогенеза.

4. Крупные кольцевые структуры (Полесская, Бобруйская, Витебская) имеют овальную форму и размеры от 50×110 до 100×180 км. Они развивались длительное время, разрастаясь в размерах, — на протяжении более 2 млрд. лет. Разрастание этих структур происходило постепенно в направлении почти параллельных древних разломов, заложенных еще в лунную стадию развития земной коры. Эти разломы постоянно обновлялись тектоническими движениями, сопровождавшимися внедрением новых масс расплавленной магмы. Начиная с позднего архея и нижнего протерозоя, в связи с тектонической перестройкой земной коры и появлением новых глубоких прогибов, зоны кольцевых структур вовлекались в геосинклинальный процесс. Поэтому, наряду с сохранившимися магматическими формациями, возникшими в наиболее ранние стадии магматизма земной коры (габбро-нориты, перидотиты), в кольцевых структурах залегает вулкано-плутонический комплекс пород, присущий геосинклинальным областям (диабазы, базальты, трахиандезиты, липариты). Магматические формации ранних этапов развития кольцевых структур характеризуются медно-никелевой, а поздних — редкометально-оловянной и редкоземельной металлогенической специализацией.

В кристаллическом фундаменте выявлены также структуры довольно правильной кольцевой формы, но размеры их во много раз меньшие по сравнению с описанными.

5. Среди синклинальных структур, весьма типичных для Белорусской антеклизы, выделяются эвгеосинклинальные и миогеосинклиналь-

ные прогибы, отличающиеся характером магматизма. В них отчетливо проявляются этапы тектоно-магматического цикла развития геосинклинали, весьма сходные по магматизму и металлогенезу с подобными этапами Украинского и Балтийского щитов. Эвгеосинклинальные прогибы по составу магматических формаций разделяются на два типа. В первом типе, с существенным развитием вулканогенных пород спилит-кварц-кератофировой и андезито-базальтовой формации, сопровождавшихся широким распространением туфов, локализованы колчеданные и медноколчеданные рудопроявления, молибденовая и свинцово-цинковая минерализация. Во втором типе эвгеосинклиналей преобладают спилит-диабазовые и габбро-норитовые формации с титаномагнетитовым и магнетитовым оруденением. В отдельных участках встречается медно-никелевая сульфидная минерализация, возникшая при кристаллизации магмы или в более поздний постмагматический этап. Следует отметить, что состав магматических интрузий и их вулканогенных аналогов определяется временем проявления магматизма, мощностью земной коры и глубиной залегания магматического очага. В многоеосинклиналях, сопряженных со вторым типом эвгеосинклиналей, преобладают осадочно-вулканогенные формации с подчиненными им магнетитовыми кварцитами. Меньшее развитие имеют вулканогенные породы лавовых фаций. С последними и с осадочно-вулканогенным комплексом пород связывается потенциальное медноколчеданное оруденение, проявляющееся в виде весьма интенсивной пирит-халькопиритовой минерализации.

6. Металлогенез антиклинальных структур характеризуется редко-метальными пегматитами и кварцевыми жилами, содержащими золото.

Большое влияние на металлогенический облик кристаллического фундамента оказали региональные разломы, которые развивались на протяжении всей геологической истории региона. В разломах различной глубины заложения залегает комплекс пород различного состава — от ультраосновных и основных до гранитоидных. В эпохи активизации в разломах протекали интенсивные метасоматические процессы, сопровождавшиеся образованием пород преимущественно гранитоидного состава с сульфидной редкометальной и редкоземельной минерализацией.

7. Охарактеризованные выше особенности региона показывают, что формирование руд в Белорусском кристаллическом фундаменте протекало длительное время, на разных стадиях развития земной коры и при различных физико-химических условиях. В связи с этим по генетическому признаку выделяются следующие рудопроявления: 1) магматические; 2) постмагматические, возникшие при разных условиях магматизма и метаморфизма: а) внедрении и кристаллизации магмы на глубине, сопровождавшихся отделением жидкой фазы, б) мобилизации и переотложении рудных элементов после излияния лав в подводных и наземных условиях, в) мобилизации и переотложении рудных элементов при метаморфизме осадочно-вулканогенного комплекса пород, г) тектонической активизации наиболее ослабленных зон региона и их связи с магматическими очагами.

8. Прогноз рудных месторождений в кристаллическом фундаменте должен основываться на комплексных исследованиях и учитывать следующие геологические факторы: 1) глубинное строение кристаллического фундамента и связь рудоносных структур с зонами верхней мантии Земли; 2) типы тектонических структур разного порядка, включая разломы; 3) первичную природу метаморфических комплексов и их фациальную принадлежность; 4) степень распространения магматических формаций и фаций; 5) наличие зон с различной степенью ме-

таморфизма; 6) глубину эрозионного среза; 7) аномалии теплового поля в кристаллическом фундаменте; 8) геохимические особенности магматических и метаморфических комплексов.

М. Н. Давыдов, Г. Г. Доминиковский,
Л. И. Матрунчик, В. И. Пасюкевич
(Белорусская геолого-гидрогеол. экспедиция
Упр. геол. при СМ БССР, Ин-т геохимии
и геофизики АН БССР)

ЭТАПЫ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ И ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА БЕЛОРУССИИ

1. Наиболее изученная часть кристаллического фундамента БССР — Белорусский массив — с глубинами залегания до 500 м по внутренней структуре и комплексам пород близка к фундаменту Побужья Украинского щита. Здесь также развиты система изоклинальных линейных складок и изометричные брахиантиклинали типа гранито-гнейсовых куполов, осложненных шовными грабен-синклинальными структурами, которые выполнены толщами метабазитов и железистых кварцитов. Особенностью Белорусского массива является более молодой возраст последней тектономагматической активизации (1100—1600 млн. лет) по сравнению с архейско-нижнепротерозойской активизацией Побужья (2000—2300 млн. лет).

2. Древнейшие образования фундамента массива представлены пироксеновыми амфиболитами и ассоциирующими с ними габброидами, объединенными в единую формациюprotoоснования. Амфиболиты под воздействием поздних гранитов преобразованы в мигматиты и чарнокиты; кроме того, они встречаются в виде реликтовых останцов или как ксенолиты в габбро-норитах. Для метасоматических пород характерна остаточная положительная геохимическая специализация на сингенетичные никель, ванадий и медь.

Габброиды формации разделяются на два комплекса — березовский и кореличский. Платобазальтовый характер дифференциации исходной магмы, наличие акцессорных пентландита, халькопирита и положительная геохимическая специализация на никель и медь свидетельствуют о потенциальной перспективности березовского комплекса на медно-никелевое оруденение. С кореличским комплексом связаны месторождения и рудопроявления легкообогатимых ванадийсодержащих ильменит-магнетитовых руд. Кроме того, здесь отмечается положительная геохимическая специализация на метаморфенную медь и редкие металлы.

3. Позднеархейско-раннепротерозойская активизация наложена на породы неманской (гиперстеновые, двупироксеновые и пироксен-амфиболовые гнейсы) и дитвинской (биотитовые, гранат-биотитовые, силлиманит-биотитовые гнейсы) серий и проявляется в становлении гранитоидов голеновского комплекса (ортоклазовые, ортоклаз-микроклиновые, аплито-пегматоидные граниты). Вмещающие породы отличаются положительной геохимической специализацией на редкие элементы.

4. Нижнепротерозойский этап тектономагматической активизации характеризуется заложением и развитием грабен-синклинальных структур, выполненных амфиболитами, гранат-куммингтонитовыми гнейсами и железистыми кварцитами околовской серии. В конце этапа внедрились интрузии озерского комплекса (габброиды и гранитоиды). С эф-

фузивно-осадочными толщами околовской серии связаны месторождения железистых кварцитов. Они также перспективны на сингенетичные колчеданные руды. Повышенные содержания меди, серебра, германия в графитизированных разностях гнейсов свидетельствуют о возможности метаморфогенной полиметаллической минерализации.

Минералого-геохимические особенности габброидов озерского комплекса и наличие в их составе ультраосновных разностей определяют потенциальную перспективность интрузивов на руды кобальта и никеля. Пегматоидные граниты несут акцессорную редкоземельную минерализацию.

5. Средне-верхнепротерозойская активизация проявилась в становлении гранитоидов гранодиоритовой формации (диориты, гранодиориты, микроклиновые граниты, гранит-аплиты) и связанном с ними пространственно и генетически образовании гранито-гнейсов, кварцевых и микроклин-альбитовых метасоматитов. Метасоматоз сопровождается акцессорной редкометальной минерализацией. Автометасоматоз массивов гранитоидов привел к возникновению микроклинизированных зон и участков грэйзенизации с флюоритом, турмалином и редкометальной минерализацией (акцессорной).

Широко развитые процессы гранитизации этого этапа обусловили мобилизацию и перераспределение рудогенных элементов группы железа из первично обогащенных комплексовprotoоснования, древних габброидов и околовской серии. В связи с этим часть железных руд последней генерации корелического комплекса, наложенные пентландит и халькопирит, многочисленные проявления и аномалии эпигенетической меди в амфиболитах, габброидах и древних гранитоидах, вероятно, имеют метаморфогенно-гидротермальную природу.

6. Верхнепротерозойский этап тектono-магматической активизации, приведший к заложению и развитию широтной Овручской грабен-синклинали на северо-западе Украинского щита, проявился на массиве в формировании широтных тектонических зон, характеризующихся редкометальной специализацией пород. Особый интерес представляет зона Центрального разлома, которая протягивается от г. Дзержинска до г. Гродно, а также региональные разломы, ограничивающие Белорусский массив с севера и юга.

7. Герцинская активизация, связанная с заложением и формированием Припятской впадины (вероятно, унаследовавшая широтное простижение зон верхнепротерозойской активизации), проявилась на Белорусском массиве в возникновении наложенной полиметаллической геохимической специализации во всех породах. О подновлении Центрального глубинного разлома свидетельствуют повышенные содержания свинца и цинка в девонских доломитах, перекрывающих зону разлома, и морфометрические построения.

8. Альпийский тектогенез проявляется в активизации нарушений северо-западного простириания.

Сложная и многоэтапная история формирования фундамента Белорусского массива обуславливает его высокую перспективность на металлические полезные ископаемые, особенно на полиметаллы, редкие и рассеянные элементы, связанные с зонами наложенной активизации.

Геохимическая специализация метаморфических и магматических комплексов Белоруссии и особенности этапов тектono-магматической активизации позволяют оценить потенциальную рудоносность отдельных интрузивных массивов и метаморфических толщ при определении направления геологоразведочных работ в пределах Белоруссии.

*И. П. Бордон, З. В. Криводубская, К. И. Шитц,
Н. С. Сплошнова, В. Е. Бордон
(Ин-т геохимии и геофизики АН БССР,
Упр. геол. при СМ БССР)*

СВЯЗЬ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ С ИСХОДНОЙ ПРИРОДОЙ (СУБСТРАТОМ) ГЛУБОКО МЕТАМОРФИЗОВАННЫХ И ГРАНИТИЗИРОВАННЫХ ТОЛЩ ДОКЕМБРИЯ БЕЛОРУССИИ

1. В составе докембрия Белорусского массива установлены палеоформации: вулканогенно-осадочная (AR), габбро-базальт-андезитовая (PR^1_1), спилит-кератофировая (PR^2_1), вулканогенно-осадочная (PR^2_1), имеющие закономерные связи с характером геофизических полей.

2. Изометричному типу гравимагнитного поля соответствуют гранито-гнейсы и палингенные граниты, выделенные в вулканогенно-осадочную палеоформацию архея. Породы формации имеют высокие содержания акцессорных минералов и повышенный фон редких элементов. Линейному типу гравимагнитного поля отвечают ареалы развития габбро-базальт-андезитовой формации, специализированной на элементы группы железа. Образования спилит-кератофировой формации выполняют грабен-синклинали, выраженные в отрицательных значениях гравимагнитного поля. С формацией связаны находки акцессорного берилла и фенакита.

И. В. Черменинова, В. Н. Лукошков, В. Т. Гордиенко
(Ин-т геол. и геохимии Уральск. НЦ АН СССР)

ЖЕЛЕЗИСТО-КРЕМНИСТЫЕ ФОРМАЦИИ В ДОКЕМБРИИ УРАЛА

1. В докембрии Урала четко выделяются три типа железисто-кремнистых формаций, разобщенных во времени и в пространстве.

2. Первая, наиболее древняя, железисто-кремнисто-метабазитовая формация связана с тараташским метаморфическим комплексом. Абсолютный возраст метаморфизма пород этого комплекса 2000—2200 млн. лет. Представлена она магнетитовыми (мартит-магнетитовыми) кристаллическими сланцами. По преобладанию в них того или иного метаморфического минерала выделяются пироксен-магнетит-кварцевые, куммингтонит-магнетит-кварцевые и актинолит-магнетит-кварцевые сланцы. Реже отмечаются гематитовые разности (Куватальский рудник).

Магнетитовые кристаллические сланцы обычно образуют линзовидные прослои небольшой мощности либо слагают пласты мощностью до 40 м среди двупироксеновых гнейсов и метаультрабазитов. Верхняя часть разреза тараташского комплекса представлена очковыми биотитовыми гнейсами, гранат-биотитовыми, гранат-силлиманит-биотитовыми гнейсами с прослойми кварцитов и амфиболовых гнейсов.

Охарактеризованный выше парагенезис вмещающих пород и руд соответствует главным образом метаморфизованным вулканитам основного состава с прослойми кремнисто-железистых пород, поэтому мы рассматриваем их как железисто-кремнисто-метабазитовую формацию.

3. Вторая, железисто-кремнисто-гнейсовая формация выделяется среди гнейсовых комплексов Центрально-Уральской зоны и восточного склона Урала. Представлена она магнетитовыми и реже магнетит-железослюдковыми кварцитами, образующими прослои мощностью 1,5—3 м среди биотитовых, биотит-гранатовых и биотит-амфибол-гранатовых гнейсов. Часто в разрезе среди биотит-гранатовых гнейсов встречаются прослои силлиманит-биотитовых гнейсов. Абсолютный возраст метаморфизма пород, слагающих основание этого гнейсового комплекса, 1800 млн. лет.

С этим типом формаций связаны, например, Ново-Маукское, Теплогорское, Уфимское, Малыгинское, Марининское месторождения железистых кварцитов.

Мощные толщи биотитовых, биотит-гранатовых и силлиманит-биотитовых гнейсов, вмещающих пластины железистых кварцитов, образовались, скорее всего, за счет первично-осадочных пород глинистого, песчано-глинистого и песчаного состава. Об этом свидетельствуют местами сохранившиеся в гнейсах бластопсаммитовые структуры. По химическо-

му составу силлиманит-биотитовые и гранат-биотитовые гнейсы отвечают алюмосиликатным осадочным породам.

Эти парагенетические сочетания железистых кварцитов и гнейсов осадочного происхождения мы рассматриваем как железисто-кремнисто-гнейсовую (терригенную) формацию.

4. Третья, железисто-кремнисто-сланцевая формация выделяется в самой верхней части докембрийского разреза Центрально-Уральской зоны и восточного склона Урала. Представлена она серыми и темносерыми, часто полосчатыми кварцитовыми, слюдисто-кварцитовыми, биотит-гранат-кварцитовыми, часто графитистыми сланцами с прослоями и линзами безрудных и железистых кварцитов. Возраст метаморфизма пород этой формации в Сысертском районе близок к 600 млн. лет.

В составе формации выделяются три типа железистых кварцитов: магнетитовые (мартиловые), магнетит-железнослюдковые и железно-слюдковые. Железнослюдковые разности не образуют самостоятельных рудопроявлений, а встречаются обычно совместно с другими типами железистых кварцитов. С этим типом формаций связан ряд рудопроявлений железа, например Шабровское, Мокрогорское и др.

Характерные особенности данной формации: отсутствие в ее составе вулканогенных пород; малое содержание терригенного глинистого материала, а также отсутствие карбоната и кластогенного кварца. Эти данные свидетельствуют об осадочном, хемогенном происхождении железистых кварцитов и большинства вмещающих их пород. Парагенетические сочетания пород данного комплекса позволяют рассматривать его в составе железисто-кремнисто-сланцевой (хемогенной) формации.

5. Выделенные на Урале докембрийские железисто-кремнистые формации имеют определенное сходство с аналогичными железисто-кремнистыми формациями других регионов Советского Союза и мира.

Ю. Р. Беккер (ВСЕГЕИ)

ВЕНДСКИЕ ГЕМАТИТОВЫЕ И ШАМОЗИТ-ГЕМАТИТОВЫЕ РУДЫ В МОЛАССАХ УРАЛА

Молассы ашинской серии рифея Южного Урала не относились к железорудным комплексам. Однако работами последних лет в отложениях этой серии было выявлено Куртазинское рудопроявление железа, представленное массивными и полосчатыми гематитовыми и шамозит-гематитовыми рудами. Происхождение руд осадочное, содержание Fe_2O_3 достигает 41,26%, FeO — 8,6%, сера отсутствует, количество P_2O_5 ничтожное. Куртазинское рудопроявление заслуживает дальнейшего изучения и оценки. Целесообразно также изучить зону контакта ашинской и каратауской серий в районах, прилегающих к Куртазинскому рудопроявлению.

A. A. Абдулин, A. E. Бекмұхаметов, A. I. Русин,
X. Г. Шанғиреев, A. C. Крюков
(Ин-т геол. наук АН КазССР)

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ КАЗАХСТАНА

1. Докембрийские образования Казахстана характеризуются значительным распространением и содержат месторождения полезных ископаемых, различающиеся по времени и условиям формирования, масштабности проявления и приуроченности к определенным структурно-формационным зонам и метаморфическим комплексам. Большая разобщенность площадей развития допалеозойских пород и отсутствие достаточно обоснованных схем корреляции не позволяют в настоящее время в целом для Казахстана однозначно выделять докембрийские металлогенические эпохи. Исходя же из того, что одним из важнейших факторов локализации месторождений в докембрийское время является метаморфизм, нами проявления полезных ископаемых подразделяются на два класса: дометаморфические (I) и метаморфические (II). Месторождения первого класса формируются в результате седиментогенеза и магматической деятельности, а затем в той или иной степени преобразуются наложенными метаморфическими процессами. Образование месторождений второго класса обусловлено в основном метаморфизмом при благоприятном составе исходных пород.

2. Месторождения дометаморфического класса в Казахстане, как и в большинстве областей развития докембрая, представлены преимущественно железными, титановыми и колчеданными рудами.

Железорудные месторождения широко развиты в Кокчетав-Улутауской, Чуйской и Ерементауской зонах Центрального Казахстана. Мелкие проявления железа известны в Восточно-Мугоджарской и Орь-Илекской зонах Мугоджар, Караганской и Северо-Балхашской на юге, Саргандикской, Кургушской и Теректинской — на востоке республики. Железооруденение представлено кремнисто-железорудной и сидеритовой формациями, приурочено к различным литолого-стратиграфическим уровням и по генезису относится к вулканогенно-осадочному и нормальному-осадочному типам. Проявления кремнисто-железорудной формации дорифейского (?) времени известны в бектурганской серии Улутау и зерендинской серии Кокчетавского массива. Более поздняя зеленосланцевая спилитовая железисто-кремнистая формация широко развита в Кокчетавской, Улутауской и Чуйской зонах (месторождения Каракпайского и Жуантобинского бассейнов, Ащтасты, Мирный). Железистые кварциты верхов рифея (?) отмечаются в майтюбинской серии Южного Улутау (Қалдыбайшы) и тасжарганской серии Бетпак-Далы (Темирское). С этим периодом в Кокчетавском массиве связано образование железных руд сидеритовой формации. В вендской кремнисто-

тиллитоидной формации Карагатай-Улутауской зоны отмечаются незначительные проявления сидерит-хлорит-гематитовых руд типа Джетымтау. Характерно, что основная масса железных руд локализована в породах, претерпевших метаморфизм зеленосланцевой фации, и представлена в основном гематитом и сидеритом. Магнетитовые кварциты и гнейсы Восточно-Мугоджарской зоны, которые испытали метаморфизм дистен-силлиманитового типа и ультраметаморфизм, содержат минерализацию лишь вкрапленного типа.

Значительные проявления титановых руд известны в Мугоджахах, Кокчетавском массиве и Макбальском поднятии. Содержание их в метаморфических комплексах зависит от исходного состава пород, что связано с инертным поведением титана, а форма выделения (рутин, ильменит, сфен) часто определяется степенью метаморфизма. Крупные промышленные концентрации титана характерны для рутиловых эклогитов и эклогитоподобных пород.

Серноколчеданное оруденение в докембрии Казахстана выражено слабо. Сравнительно крупным считается Ачикташское месторождение, приуроченное к углистым сланцам нельдинской свиты Макбальского поднятия. В преимущественно пиритовых рудах этого месторождения отмечаются галенит, сфалерит, халькопирит и пирротин.

3. Месторождения метаморфического класса характеризуются своеобразным набором полезных ископаемых (золото, антофиллит-асбест, андалузит, дистен, гранат, графит, мусковит, полевошпатовое сырье и др.), в образовании и размещении которых устанавливается отчетливая зависимость от интенсивности проявления метаморфических и ультраметаморфических процессов, а также первичного состава пород.

С низкотемпературными субфациями зеленосланцевой фации связываются проявления золота в Улутауской зоне и пригодные для различных отраслей промышленности значительные скопления мелкочешуйчатого мусковита в Таласской и Восточно-Мугоджарской зонах.

Высокотемпературная субфация зеленосланцевой фации и низко-среднетемпературные субфации амфиболитовой фации благоприятны для образования месторождений (проявлений) графита (Актастинское в Мугоджахах, Нельдинское в Киргизском хребте), граната (тальдикская, киргизская серии), кианита (Борлинское и др. в Мугоджахах), андалузита и силлиманита (на р. Кен-Кол в Киргизском хребте).

Интенсивным дифференцированным проявлением ультраметаморфических процессов в Восточно-Мугоджарской зоне обусловлено формирование месторождений антофиллит-асбеста (Бугетысай, Китарсай и др.), полей мусковитовых и керамических пегматитов (Мильсайское, Улытальдикское и др.) и силекситов.

4. Таким образом, в образовании и размещении метаморфогенных месторождений полезных ископаемых Казахстана намечается ряд закономерностей, наблюдающихся и в других областях широкого развития докембра.

В. Е. Гончаренко
(Северо-Казахстанское ТГУ)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ ҚОҚЧЕТАВСКОГО МАССИВА

1. В истории развития Кокчетавского срединного массива выделяются три крупные эпохи рудообразования. Наиболее ранняя из них относится к периоду формирования докембрийского метаморфического основания.

2. Полезные ископаемые представлены рядом формаций.

В раннем докембрии Кокчетавского массива выделяются следующие формации: андалузит-кианит-силлimanитовых кристаллических сланцев, турмалиноносных кристаллических сланцев, гранат-дистен-корундовая, алмаз-рутиловая в эклогитах. Данная группа формаций возникает в результате регионального метаморфизма.

В позднем докембрии выделяются формации: кварц-золоторудная метаморфогенно-гидротермального генезиса, медноколчеданная гидротермального генезиса, бороносная скарновая, сидерит-доломитовая пластовая и алмаз-рутил-циркониевая в кварцитах осадочно-метаморфогенного генезиса.

3. Характерная черта металлогении докембрия Кокчетавского массива — проявление золоторудной, бороносной, алмаз-рутиловой, алмаз-рутил-циркониевой, сидерит-доломитовой формаций и формаций высокоглиноземистых кристаллических сланцев.

Необходимо отметить следующую особенность. Проявление алмаз-рутиловой формации в раннем докембре предопределило появление этих полезных ископаемых в позднем докембре и в мезокайнозое. Проявление бора в докембре в виде турмалиноносных кристаллических сланцев предопределило появление турмалинитовых метасоматитов в палеозое. Проявление золоторудных формаций в докембре, а также формирование золотоносных вулканогенно-осадочных формаций в позднем докембре предопределило появление золоторудных месторождений в палеозое в связи с гранитоидным интрузивным магматизмом.

Кокчетавский массив (глыба) является редкometально-золоторудной провинцией. Золото и редкие металлы создают тот металлогенический «фон» или ту плотность сети рудопроявлений, по которой судят о практических перспективах региона. Большинство золоторудных и редкometальных рудопроявлений связано с каледонскими гранитоидными интрузиями. Последние представляют собой проявления внутрикоровых существенно палингенных магм. Металлогеническая специализация их находится в прямой зависимости от того субстрата, из которого они были выплавлены, а также от состава тех пород, которые ими асимилированы при внедрении.

Мы считаем, что редкometально-золоторудную специализацию каледонских интрузий предопределил характер геохимической специализации метаморфических образований докембрия Кокчетавского массива.

Л. Н. Белькова, В. Н. Огнев
(ВСЕГЕИ, ЛГУ)

О МЕТАЛЛОГЕНИИ ДОКЕМБРИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ

1. С докембрейскими комплексами Тянь-Шаня связано оруденение железа, золота, цветных металлов и других элементов.

Оруденение железа приурочено к разным комплексам докембрия: архею, нижнему протерозою, рифею и венду. По своей генетической сущности все месторождения железа являются первично-осадочными, позже в той или иной мере метаморфизованными.

Во всех случаях оруденение железа, золота и других элементов концентрируется в слоях, содержащих углеродистое вещество.

Оруденение золота в коренном виде, так же как и железа, наблюдается в разных комплексах докембрия, но наибольший практический интерес представляет рифейский комплекс. К нему приурочено крупное месторождение Мурунтау в Кызылкумах. В стратиграфическом

разрезе золотое оруденение Мурунтау связано с ауминзинской свитой. В литолого-фациальном отношении оруденение приурочено к темным хлорито-сернисто-кварцевым и другим микросланцам, а также к микрекварцитам и кварцитам, содержащим углеродистое вещество.

Золото Кызылкумов имеет первично-осадочное происхождение.

2. В конце рифея при региональном метаморфизме рифейские отложения ауминзинской свиты вместе с золотосодержащими слоями были перекристаллизованы без существенной миграции компонентов. В пострифейские этапы геологической истории, в связи с проявлением тектономагматических и гидротермальных процессов, за счет седиментогенного золота сформировался метаморфогенный прожилково-жильный тип оруденения.

Представляются перспективными на золото рифейские толщи не только Кызылкумов (ауминзинская, конгратская, маджерумская свиты), но и Тянь-Шаня. Имеются, например, данные о золотоносности ягнобской свиты рифея Южного Тянь-Шаня.

В зоне Среднего Тянь-Шаня с рифейской кварц-альбитофировой формацией связано сульфидное оруденение цветных металлов.

К вулканогенно-осадочной (спилитовой) формации венда Северного Тянь-Шаня приурочены рудопроявления меди и др. Эта формация интересна в отношении стратiformных осадочно-гидротермальных месторождений цветных металлов.

3. Венская флишоидная терригенная формация Карагатау-Таласской зоны содержит оруденение типа медистых песчаников.

Анализ имеющегося материала по Тянь-Шаню приводит к выводу о том, что в образовании рудных полезных ископаемых существенная роль принадлежит докембрийским этапам, процессам седиментации и гидротермальным процессам, связанным с вулканической деятельностью в докембреи.

B. B. Киселев, B. G. Королев
(Ин-т геол. АН КиргССР)

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ДОКЕМБРИЯ ТЯНЬ-ШАНЯ И СМЕЖНЫХ РЕГИСНОВ

1. Установление возрастной металлогенической специализации докембрия является первым шагом в познании металлогенеза докембрейских комплексов Тянь-Шаня. Даже в районах, где докембрий большей частью оказался «погруженным» и в значительной мере переработан в палеозое, назрела необходимость выявления металлогенических особенностей по крайней мере крупнейших из реставрируемых докембрейских палеоструктур.

2. На предпалеозойском срезе, т. е. в байкальском структурном плане Тянь-Шаня и сопредельных регионов, выделяются следующие структурные элементы:

а) южный кратон, включающий Таримский и Южно-Памирский массивы, Центрально-Памирский внутрикратонный прогиб и плиту Южного Тянь-Шаня;

б) подвижная область Северного Тянь-Шаня и Центрального Казахстана, состоящая из Улутау-Чаткало-Нарынского орогенного пояса, Улутау-Кокчетавского, Муюнкумского, Балхашского, Наратского, Северо-Балхашского и Джунгарского срединных массивов и разделяющих их геосинклинальных систем — Улутау-Северо-Тяньшанской, Джала-ир-Найманской, Северо-Балхашской, Тектурмасской, Майкайн-Экибастузской, Ерементау-Ниязской и др.

3. Фундамент стабильных масс, сформированный метатолщами раннего докембрия, характеризуется повсеместной «зараженностью» редкими элементами, что оказывает несомненное влияние на их концентрацию в палеозойских структурных этажах.

Верхним членам нижнедокембрийских разрезов свойственна региональная сульфидная зараженность и графитистость. С первой связаны серноколчеданные месторождения, а графитистые толщи в парабазисе с кремнистыми дают молибден-ванадиевые скопления. С эклогитосодержащими толщами нижних ярусов древнего докембраия связана резко повышенная рутилоносность, пока что не изученная.

В толщах чехла стабильных массивов, характеризующихся наличием нескольких региональных уровней пепеленизации, в металлогеническом отношении чрезвычайно интересны предверхнерифейский и предвендский уровни. С первым связано формирование кор выветривания и выдержанного горизонта кварцитовидных олигомиктовых песчаников, почти всегда обогащенных минералами тяжелой фракции. Этот уровень благоприятен для обнаружения циркон-рутиловых и золотых россыпей, уже выявленных на Кокчетавском массиве. К формации этого комплекса в Кызылкумах приурочено месторождение золота. Проявлений древнего россыпного золота следует также ожидать в толщах вендских молассоидов верхнего структурного яруса верхнедокембрийского чехла. Нижний структурный ярус чехла поражает зараженностью органическим веществом, в связи с чем здесь обычно развитие пятиэлементной молибден-ванадиевой формации и колчеданных руд.

5. В областях древних орогенов наиболее перспективны вулкано-плутонические формации, в которых известны проявления молибдена, золота, меди и редких металлов. В толщах порфиридов широко распространены зоны вторичного изменения: окварцевания, сульфидизации, альбитизации, грейзенизации, позволяющие предполагать, что в них будут обнаружены проявления медно-порфировых руд во вторичных кварцитах, алюнитах, руд мышьяка, олова, золота.

Из осадочных комплексов наибольший интерес представляют молассоиды венда, с которыми связаны крупные железорудные месторождения особого «джетымского» типа, приурочивающиеся к наиболее глубоким из вендских молассовых прогибов.

Уникальными в смысле концентрации полезных ископаемых являются граничные слои докембрая — нижнего палеозоя. Это характерно не только для областей позднедокембрийских орогенов региона, однако последние определяют их специфику. Здесь они всюду отличаются повышенными содержаниями молибдена и ванадия, а контуры позднедокембрийских орогенов очерчивают области распространения широко известной пятиэлементной углисто-кремнистой молибден-ванадиевой формации.

6. Области позднедокембрийских геосинклиналей по своим металлогеническим особенностям напоминают геосинклинальные структуры палеозоя, отличаясь от них, по-видимому, лишь меньшим разнообразием элементов, образующих значительные концентрации. Среди элементов, создающих основу набора рудных компонентов, выделяется железо. Его проявления известны на двух уровнях призм позднедокембрийских осадков, выполняющих геосинклинали. Наиболее крупные из них связаны с первым уровнем — джеспилитовыми комплексами, слагающими самые ранние из известных в регионе позднедокембрийских прогибов. Второй вероятный уровень наличия железорудных месторождений связан с нижне-среднерифейским структурным ярусом. Последний подстилает собственно геосинклинальные комплексы верхов верхнего докембрая, но не является их составной частью, проходя в смежные с гео-

синклиналями структуры. Толщи, выполняющие этот ярус, формационно идентичны одновозрастным образованиям Башкирского антиклино-рия и так же, как и уральские, отличаются повышенными содержаниями магния в карбонатах. Наиболее интересны районы внутренних и окраинных поднятий, к которым тяготеют внедрения интрузий. Их контактовые воздействия ведут здесь не только к мобилизации магния, здесь же известны магнезиальные скарны с оловорудными проявлениями, близкими к промышленным.

В комплексе формаций эвгеосинклиналей пока остается не изученной в отношении медного, никелевого, хромового оруденения спилито-диабазовая формация с комагматическими интрузиями гипербазитов и базитов, хотя предварительные данные показывают повышенные содержания этих элементов.

Осадочные комплексы верхов рифея миогеосинклинальных прогибов характеризуются наличием медно-сульфидных, баритовых и свинцово-цинковых рудопроявлений. На медь перспективны пестроцветные терригенные толщи верхнерифейских формаций молассового типа, а баритовые и свинцово-цинковые проявления формируют выдержаный стратифицированный уровень в карбонатах верхнего рифея.

Наибольший интерес в зонах позднедокембрийских миогеосинклиналей представляют карбонатно-кремнистые формации граничных слоев докембрая и кембрая, заключающие крупнейшие скопления фосфоритовых руд. Они принадлежат уже к каледонскому субплатформенному структурному этажу, однако аналогично тому, как в пределах позднедокембрийских орогенов этот комплекс обогащен минералами пятиэлементной молибден-ванадиевой формации, в пределах областей байкальских миогеосинклиналей он специализируется на фосфаты.

*A. A. Абдулин, A. I. Русин
(Ин-т геол. наук АН КазССР)*

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ДОКЕМБРИИ МУГОДЖАР

При формировании месторождений полезных ископаемых в докембреи Мугоджар особое значение имели метаморфические преобразования пород в условиях альмандин-амфиболитовой фации и региональный ультраметаморфизм. В связи с процессами ультраметаморфизма, обусловливающими высокую подвижность компонентов, в гнейсово-мигматитовых комплексах образуются преимущественно нерудные полезные ископаемые (кианит, мусковит, гранат, графит, антофилит-асбест, полевошпатовое сырье, гранулированный кварц), в локализации которых большую роль играет исходный состав пород, литологические особенности метаморфических толщ и степень метаморфизма. Рудные полезные ископаемые в докембреи Мугоджар развиты ограниченно и представлены железом и титаном.

ПРИБАЙКАЛЬЕ, ЗАБАЙКАЛЬЕ, БАЙКАЛО-ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ, СРЕДНЕ-ВИТИМСКОЕ ПЛОСКОГОРЬЕ, ТАЙМЫР

А. Л. Додин (ВСЕГЕИ)

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИНЕРАГЕНИЯ БАЙКАЛИД ЮЖНОЙ СИБИРИ

1. Южное складчатое обрамление Сибирской платформы охватывает разнотипные гетерогенные структуры, развивающиеся от архея до современного периода. В раннем протерозое на раздробленном архейском фундаменте заложился Центрально-Азиатский подвижный пояс, в северной части которого выделяется геосинклинальная система байкалид. Последняя начала свое развитие в раннем протерозое и замкнулась в конце протерозоя, причем представляется возможным наметить ранние байкалиды (нижний протерозой) и поздние (средний, верхний протерозой). В пределах байкальской геосинклинали нами выделяются три тектоно-формационных пояса: внешний миогеосинклинальный, переходный, или миктогеосинклинальный, и внутренний эвгеосинклинальный. Границей внешнего и переходного поясов байкалид, которые на рубеже позднего протерозоя и эзопалеозоя (венда) консолидируются и причленяются к Сибирской платформе, и внутреннего пояса является зона краевого шва, состоящая из ряда субпараллельных глубинных разломов.

2. Байкальская (протерозойская) минерагеническая эпоха весьма продуктивна, причем наряду с хорошо выраженной стратиграфической приуроченностью седиментогенных месторождений полезных ископаемых к определенным осадочно-вулканогенным формациям намечается закономерная связь эндогенного оруденения с определенными интрузивными комплексами различных стадий развития байкалид.

Внешний, переходный и внутренний пояса характеризуются определенным набором осадочно-вулканогенных и интрузивных формаций и специфической минерагенией.

Во внешнем поясе среди пород доломитовой формации нижнего протерозоя размещены крупные месторождения магнезита и талька (Савинское и др.). С внедрившимися вдоль глубинных разломов интрузиями дунит-гарцбургитовой формации связаны проявления никеля.

3. Отложения кремнисто-сланцевой формации с горизонтами парамфиболитов среднего протерозоя содержат мощные пласты гематитовых и магнетитовых руд (Сосновый Байц и др.); источником рудного вещества, вероятно, являлись горизонты железных руд, залегающих среди нижнеархейских образований Шарыжалгайского выступа. В пределах окраинной части внешнего пояса байкалид среди среднепротерозойских свит флишоидной и андезит-дацитовой формаций (белоречен-

ская, сублукская и др.), прорванных интрузиями гранитовой формации (Саяно-Байкальский гранитоидный пояс), размещены редкометальные пегматиты. Последние расположены в зонах тектонических нарушений, вблизи апикальных выступов гранитных plutонов. С последними также связаны слюдоносные пегматиты, золоторудные и полиметаллические проявления. Среди базальных горизонтов молассовой формации низов верхнего протерозоя (поздний этап байкалид) обнаружены золотоносные конгломераты. К образование молассовой андезито-липаритовой формации, прорванным интрузиям лейкогранитов (Прибайкальский вулкано-плутонический пояс), приурочены месторождения редких металлов, золоторудные и медно-полиметаллические проявления.

4. В пределах переходного, миктогеосинклинального пояса байкалид, к которому мы относим Северо-Прибайкальскую структурно-формационную зону, западную часть Урикско-Ийской зоны, а также Витимско-Патомское нагорье, важную роль играют полиметаллы, железные руды, золото, редкие металлы и никель. К базальным горизонтам нижнего протерозоя приурочены рутиловые сланцы. Среди пород зеленосланцевой аспидной формации нижнего протерозоя обнаружены кварцево-сульфидные золоторудные жилы, которые, вероятно, связаны с интрузиями габбро-плагиогранитовой формации (амандрикский, онотский комплексы). Характерно, что золотоносные гравелиты и песчаники выявлены в базальных горизонтах среднего протерозоя. Подобные формации переотложенных кор выветривания могут оказаться интересными. Весьма продуктивны образования андезито-дацитовой, карбонатно-глинистой и кремнисто-сланцевой формаций верхнего протерозоя (поздний этап развития байкалид), среди которых расположены стратиформные колчеданно-полиметаллические залежи, железистые кварциты и гематит-магнетитовые руды. Среди графитистых слюдисто-кварцевых сланцев верхнего протерозоя обнаружены гидротермальные кварц-пирит-халькопиритовые жилы с золотом и галенит-сфалеритовые проявления, связанные с интрузиями лейкогранит-аляскитовой формации.

В краевой части переходного пояса байкалид вдоль глубинных разломов внедрились базит-гипербазитовые массивы (давыренский комплекс), вероятно, трапповой формации, к которым приурочено никелевое оруденение магматического генезиса, заслуживающее дальнейшего изучения. Во внутреннем эвгеосинклинальном поясе байкалид развиты рудоносные формации и полезные ископаемые, несколько отличные от вышеописанных. В раннюю стадию (нижний протерозой) накапливались образования спилито-диабазовой, кремнисто-карбонатной и алеврито-песчаной формаций, к которым приурочены крупные месторождения графита, силлиманитовых сланцев и кварцитов. С интрузиями габбро-плагиогранитовой формации связаны редкометальные пегматиты, медные и кобальтовые проявления. Для средней стадии развития байкалид (средний протерозой) характерно широкое развитие эндогенного оруденения. Интрузии габбро-диорит-гранодиоритовой формации (бильчирский комплекс и др.) часто содержат промышленные концентрации апатита (Ошурковское месторождение) и титана. С интрузиями гранитовой формации связаны слюдоносные, а также редкометальные пегматиты, размещенные среди пород спилито-диабазовой и алеврито-песчаной формаций нижнего и флишиоидной формации среднего протерозоя. По характеру оруденения редкометальные пегматиты внутреннего пояса несколько отличны от пегматитов внешнего пояса. Поздняя стадия развития внутреннего пояса байкалид (низы верхнего протерозоя) характеризуется широким развитием отложений глинисто-кремнисто-карбонатной формации, в которых обнаружены

фосфориты, марганцевые, железные руды и мономинеральные кварциты высокого качества. Местами здесь наблюдаются золотоносные конгломераты и полиметаллическое оруденение.

Магматические образования представлены интрузиями дунит-пироксенит-габбровой формации (лысанский комплекс) со значительными концентрациями титана и магнетита и лейкогранит-аляскитовой формации (игнокский, баргузинский комплексы и др.), с которой связано золотое и редкометальное оруденение.

Минерагения внутреннего пояса байкалид в известной мере характерна для протерозойских выступов среди каледонид (Кяхтинско-Заганский, Томско-Терсинский и др.).

5. В конце протерозоя или венда, после крупного перерыва, при заложении каледонского подвижного пояса, происходит накопление отложений кремнисто-карбонатной и доломитовой формаций с горизонтами фосфоритов и бокситов. В отдельных структурах происходит образование пород аспидной и андезит-дакитовой формаций, содержащих пласти осадочно-метаморфогенных железных руд.

В пределах байкалид выделяются различные структурно-формационные зоны, которые являются также минерагеническими зонами. Среди байкалид широко развиты палеозойские интрузивные формации, с которыми генетически связаны месторождения асбеста, золота, редких металлов, полиметаллов, титана, графита и других полезных ископаемых.

6. Наряду с палеозойской активизацией в байкалидах широко проявлена мезозойская постконсолидационная активизация, с которой связаны интересные редкометальные и флюоритовые месторождения за-байкальского типа.

М. П. Лобанов

(Восточно-Сибирский науч.-исслед. ин-т
геол., геохимии минер. сырья)

ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ КРАЕВОЙ ЗОНЫ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В СВЯЗИ С РУДОНОСНОСТЬЮ

1. Синтез геологических (в том числе глубокого бурения) и геофизических материалов позволяет считать в качестве платформенной структуры значительную часть Саяно-Байкальской горной области (Байкало-Патомское нагорье, Присаянье и т. д.) и тем самым относить ее к краевой зоне Сибирской платформы с архейско-протерозойским цоколем и рифейским осадочным чехлом.

2. Выступы дорифейского фундамента, таким образом, не ограничиваются известными выходами древнейших пород прогеосинклинального этапа в Юго-Восточном Присаянье (Шарыжалгайский выступ) и в Олекмо-Витимской горной стране (Чарский выступ). К образованиям дорифейского фундамента протоплатформенного этапа развития следует относить также нижне- и среднепротерозойские комплексы, выполняющие ядра Байкальского, Чуйского, Тонодского, Лангдорского, Бирюсинского и других антиклиниориев, ранее относимые к складчатому обрамлению Сибирской платформы. Сопредельные складчатые сооружения представлены геосинклинально-складчатыми системами рифеид и ранних каледонид, сочленяющимися с платформенными структурами посредством глубинных разломов, уподобленных краевым швам.

3. Осадочный рифейский покров в краевой зоне платформы формируется в перикратонных опусканиях и надразломных специфических структурах — в прогибах шовных зон.

Магматические комплексы дорифейского гетерогенного фундамента рассматриваются в соответствии с его циклами развития. Прогеосинклинальный цикл развития собственно кратона характеризуется метаофиолитовым, чарнокитовым, мигматит-гранитовым типами формаций. В геосинклинально-троговый этап протоплатформенного цикла широкое развитие получают офиолитовые комплексы габбро-перидотитовой, габбро-анортозитовой, габбро-диорит-диабазовой формаций, а также реоморфические гранитоиды мигматит-плахиогранитовой формации. В период окончательной консолидации протоплатформы (среднепротерозойский орогенный комплекс) в геоантеклинальных условиях происходит становление калиевого ряда вулкано-плутонических формаций (главным образом на ранней стадии) и лейкогранитовой формации батолитового типа (на поздней стадии).

4. Магматические формации перикратонных опусканий и прогибов шовных зон формировались в два основных этапа. С этапом заложения и формирования перикратонных структур связана габбро-диабазовая формация, в то время как прогибы шовных зон того же возраста выполнены вулканитами андезито-базальтового ряда. Нередко в ассоциации с ними отмечаются интрузивные комагматы дунит-пироксенит-габровой формации. Для некоторых прогибов характерны метаморфогенные гранитоидные типы формаций, сопряженные исключительно с линейными зонами смятия и с присущим им зональным полифациальным метаморфизмом.

5. Глубинные разломы, и особенно те из них, которые в отдельные этапы тектогенеза развивались как зоны смятия, в тектонической эволюции краевой зоны Сибирской платформы играли важную и, возможно, определяющую роль. Особенность стиля развития, своеобразие внутренней структуры и продолжительный период функционирования глубинных разломов характеризуют их как самостоятельные геологические тела с многообразным структурно-вещественным парагенезом, как-то: структурно-магматогенный, приразломно-седиментогенный, дислокационно-метаморфический, гидротермально-метаморфогенный и аркогенно-рифтогенный. Каждый из этих факторов активно воздействовал на исходный субстрат фундамента и осадочного покрова, обуславливая механическое, термальное и гидротермальное преобразование.

6. В структурах ограничения платформы, например, устанавливаются два типа субпараллельных сопряженных систем глубинных разломов и ассоциирующих с ними линейных метаморфических поясов. Причем со стороны развивающейся рифейско-палеозойской геосинклинали глубинные разрывные структуры (Байкало-Муйская, Главная Саянская) функционируют как разломы мантийного заложения сдвигово-взбросового типа с генерацией базальтоидного магматизма и продуктов метаморфизма фемического профиля, в то время как разломы, обращенные к древней платформе (Мамско-Даванский, Бирюсинский), несут черты коровых разрывов надвигового типа с гранитоидным магматизмом и широким развитием процессов термального метаморфизма и кислотного метасоматоза.

7. С последокембрийской геологической историей этих и других разломов связаны магматические и метасоматические формации зон активизаций — девонская липарито-щелочногранитовая и щелочно-метасоматитовая; позднепалеозойская формация щелочных и нефелиновых сиенитов; мезозойская формация щелочных ультраосновных пород и карбонатитов и, наконец, кайнозойская трахибазальтовая формация.

8. Рудная минерализация краевой зоны Сибирской платформы многокомпонентна и по своей природе полигенетична. В одних случаях

в процессе формирования рудоносных структур и рудных поясов существенную роль играли собственно магматогенные явления, в других — гидротермально-метаморфогенные, связанные с наложенным метаморфизмом, метасоматозом и палингенным гранитообразованием. Не исключается также формирование ряда полезных ископаемых осадочным и осадочно-метаморфогенным путем.

А. Н. Булгатов
(Геол. ин-т Бурятского фил. СО АН СССР)

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ОБЛАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ ЗАБАЙКАЛЬЯ

1. В Забайкалье и Прибайкалье байкалиды, как известно, представлены широко. Этот регион является, пожалуй, единственным в Советском Союзе, где можно наиболее полно изучить внутреннее строение, этапы развития и металлогенению байкалид.

2. Складчательный комплекс байкалид Забайкалья слагается двумя ярусами. На основе анализа формаций геосинклинального яруса выделены Муйская и Верхневитимская структурно-формационные зоны. Кроме того, известны структуры, сложенные комплексом основания, представляющие собой в одних случаях срединные массивы, в других — по-видимому, ядра антиклиниориев.

В Муйской зоне эвгеосинклинального типа геосинклинальный ярус образуется спилито-кератофировой, кварц-кератофировой, песчано-сланцевой, сланцево-карбонатной, гипербазитовой, габбро-перidotитовой, габбро-диорит-диабазовой, плагиогранитной и гранитной формациями. В Верхневитимской структурно-формационной зоне этот ярус сложен песчано-сланцевой, сланцево-известняковой, известняковой и доломитовой формациями, содержащими на локальных участках продукты вулканической деятельности. Таким образом, эта зона характеризуется миогеосинклинальным типом разреза, но она не соответствует в полном смысле миогеосинклинали по Г. Штилле.

3. К орогенному ярусу байкалид, формирование которого завершилось в среднем и верхнем рифе, относятся наложенные впадины Муйской зоны, выполненные липаритовой, андезит-диабазовой, эфузивно-молассовой, кварцево-песчано-сланцево-доломитовой и молассовой формациями, унаследованный Ципа-Витимканский прогиб Верхневитимской зоны со сланцево-карбонатной флишоидной формацией и молассами, Прибайкальский наложенный краевой прогиб, в пределах которого развиты трахиандезито-дакитовая, трахилипаратовая, эфузивно-молассовая, доломито-кварцево-песчаная, карбонатно-сланцевая и терригенная флишоидная формации. С орогенными эфузивными формациями генетически связаны гранитоиды и габбро-диабазы. Кроме того, в орогенный этап внедрились габбро-диориты, аляскитоидные граниты и формировались крупнейшие батолиты так называемых нормальных гранитов.

4. Муйская структурно-формационная зона характеризуется разнообразной минерализацией. В метаморфизованных вулканогенных и осадочных геосинклинальных толщах выявлен ряд стратиформных месторождений и проявлений колчеданно-полиметаллической (Холодниковское месторождение), колчеданно-медной, кремнисто-железистой (Сеногдинское месторождение), кремнисто-марганцевой формаций, а также формации высокоглиноземистых сланцев. К массивам ультраосновных пород приурочены месторождения и проявления хризотил-асбеста, в том числе крупное Молодежное месторождение с уникальными запа-

сами текстильных сортов, а также нефрита (Парамское месторождение), хромитов и талька. С гипербазитами предполагается связь осмистого ирида, встречающегося в аллювиальных отложениях. Габбро-перidotитовые массивы вмещают медно-никелевую сульфидную минерализацию (Байкальское, Чайское месторождения), габбро-диорит-диабазовые тела заключают в себе залежи титаномагнетитовой магматической формации (Слюдянское месторождение). В песчано-сланцевой формации, выполняющей прогиб в пределах Муйского срединного массива, открыт борнит-халькопиритовый тип минерализации (формация медистых песчаников).

5. В геосинклинальных осадочно-метаморфических толщах Верхневитимской зоны известны стратиформные месторождения и проявления марганцевых (Икатское месторождение), железо-марганцевых руд и фосфоритов (Морской хребет), а также высокоглиноземистых сланцев.

6. В орогенных осадочных формациях установлено железо-марганцевое оруденение (Талойское месторождение); имеются признаки бокситоносности и золотоносности. В орогенный этап развития байкалид проявились также медная, полиметаллическая, редкометальная и золотая минерализации. Муйская и Верхневитимская структурно-формационные зоны по характеру и степени золотоносности отличаются друг от друга. Первой свойственны золото-кварцевые жилы и золотоодержащие руды колчеданного типа. В пределах второй известны единичные проявления золото-кварцевого и золото-сульфидно-вкрапленного типов, являющиеся источником многочисленных золотоносных россыпей. Последние приурочены к полям развития главным образом песчано-сланцевой и молассовой, в меньшей степени известняковой и доломитовой формаций и не устанавливаются в пределах выходов палигенных гранитных батолитов.

Таким образом, металлогению Муйской зоны в целом можно отождествить с металлогенией эвгеосинклиналей каледонских и более молодых геосинклинальных систем. Металлогения Верхневитимской зоны характеризуется своеобразием, и в постбайкальских складчатых областях аналогичные примеры отсутствуют.

Ф. В. Кузнецова
(Ин-т земной коры СО АН СССР)

НАЛОЖЕННЫЙ МЕТАМОРФИЗМ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ И СВЯЗЬ С НИМ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Детальные петрографические работы в Южном Прибайкалье выявили многочисленные новые данные, указывающие на длительную историю метаморфических процессов. В различных участках региона метаморфизм протекал по-разному, и полезные ископаемые здесь связаны с поздними (наложенными) этапами метаморфизма.

2. В первую стадию метаморфизма, завершившуюся 850 млн. лет назад, породы были регионально и равномерно метаморфизованы в условиях альмандин-силиманитовой субфации амфиболитовой фации метаморфизма. Складчатые структуры в это время были линейными, субширотного простирания.

3. Вторая стадия метаморфизма развивалась на фоне поперечной складчатости. Максимум теплового потока в это время был сосредоточен в активной зоне субмеридионального простирания шириной около 20 км, которая прослеживается далеко на юг от южного побережья Байкала (Култук — Слюдянка).

Со второй стадией метаморфизма связан высокотемпературный щелочной метасоматоз — образование гиперстеновых чарнокитов типа эндербитов. Вторая стадия метаморфизма пространственно связана с щелочно-габброидным магматизмом. Многочисленные массивы щелочных габброидов протягиваются в виде цепочки вдоль зоны наложенной складчатости.

4. Массивы щелочных габброидов имеют сложное внутреннее строение и содержат многочисленные продукты дифференциации: габбро, габбро-нориты, эссеxиты, монцониты, щелочные сиениты, святоноситы. Они несут рассеянную и сплошную титаномагнетитовую минерализацию.

Массивы щелочных габброидов оказывали мощное контактовое воздействие на вмещающие породы, которое выразилось в чарнокитизации, кордиеритизации, волластонитизации и пирротинизации пород. В ореолах контактового воздействия появляются многочисленные мало-мощные жилы палингенных гранитов, граносиенитов и сиенитов, возникшие в результате селективного плавления вмещающих гнейсов. На раннем (габбровом) этапе становления этих массивов в ореоле их термального воздействия среди карбонатных пород образовывались волластонитовые породы в промышленной концентрации. В настоящее время известны волластонитовые породы в контактовых ореолах Асямовского, Больше-Бурутуйского и Мало-Быстринского массивов щелочных габброидов.

В Южном Прибайкалье можно выделить два типа волластонитовых пород.

а) Крупные пластовые тела волластонитовых пород ранней, высокотемпературной стадии наложенного метаморфизма. Эти тела образуются в карбонатных породах на некотором удалении от массивов габброидов, в ореоле их термального воздействия. Благоприятными структурами служили кольцевые тектонически ослабленные зоны вокруг тел габброидов. Для этих пород характерна следующая минеральная ассоциация: волластонит — кварц — кальцит — белый диопсид — апатит.

б) Волластонитовые породы типа скарнов связаны со щелочной стадией становления габброидных массивов. Они образуются либо непосредственно вдоль контактов массивов в карбонатных породах, либо на небольшом удалении от них. Волластонитовые породы второй стадии имеют характерный минеральный состав: волластонит — альбит — калишпат — яркий зеленый геденбергит — апатит.

Промышленные концентрации волластонита могут содержаться в обоих типах пород.

Установленные закономерности в распространении волластонитовых пород (в ореолах термального воздействия щелочных габброидов) позволяют целенаправленно проводить поиски этого ценного полезного ископаемого.

5. Карбонатные породы в зоне активизации испытали глубокие преобразования. Процессы дедоломитизации карбонатных пород привели к образованию гигантозернистых, почти чисто кальцитовых мраморов (Перевальское месторождение), пластовых залежей диопсидовых пород, массовому развитию кальцифиров. Карбонатные породы в этой зоне могут быть перспективными на цемент, на чистое магнезиальное сырье, апатиты, чистые кварциты и т. д.

6. В завершающую стадию метаморфизма (450 млн. лет назад) тепловой поток сместился несколько к востоку от главной зоны активизации. В это время происходили инъекции гранит-пегматитов, ориентированных также субмеридионально.

С внедрением гранит-пегматитов и пегматитов связана щелочная стадия метаморфизма — появление кальцит-флогопитовых жил (Слюдянское флогопитовое месторождение) и ореолов чарнокитизации вокруг них, а также послемагматическая стадия кислотного выщелачивания и окварцевания — развитие вторичных кварцитов и мусковит-ди-стеновых сланцев по зонам выщелачивания и окварцевания в биотит-гранатовых и биотит-гранат-кордиеритовых гнейсах.

7. Результаты детального изучения геологии и петрографии докембрийских пород Южного Прибайкалья приводят к выводу о длительном развитии процессов метаморфизма в этом участке земной коры и позволяют ориентировать поиски полезных ископаемых по активизированным зонам субмеридионального простирания.

Б. Р. Шпунт
(Ин-т геол. Якутского фил. СО АН СССР)

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ФУНДАМЕНТА И МЕТАЛЛОГЕНЕЗА ДОКЕМБРИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

1. В разрезе докембрая северо-востока Сибирской платформы выделяются три структурных комплекса: нижний комплекс соответствует архейскому кристаллическому фундаменту, средний включает в себя магматические и осадочные образования позднего архея, раннего и среднего протерозоя («орогенный комплекс», по терминологии К. Б. Мокшанцева) и верхний комплекс отвечает платформенному чехлу, формирование которого началось с рифейской эпохи.

2. Архейские метаморфические породы вскрываются на Анабарском массиве. В их составе выделяются три серии, сложенные первичновулканогенно-осадочными, терригенными и терригенно-карбонатными образованиями, метаморфизм которых проходил в условиях глубинной гранулитовой фации. Линейно-вытянутые полосы магнитных аномалий, являющихся отражением глубинного залегания метаморфических толщ, прослеживаются под платформенным чехлом от Анабарского массива до Алданского щита, где одновозрастные образования снова вскрываются на дневной поверхности. Аналогичная область глубинных линейно-вытянутых аномалий выявлена геофизическими исследованиями в восточной части региона, в нижнем течении р. Лены.

3. Метаморфизованные породы «орогенного» структурного комплекса в современном эрозионном срезе обнажены лишь на блоковых выступах Оленекского поднятия. Они представлены песчаниками, сланцами, кислыми эфузивами, метаморфизованными в условиях зелено-сланцевой фации. По стратиграфическому положению эти породы могут быть сопоставлены с нижнепротерозойским удоканским комплексом Алданского щита.

4. Границами, отделяющими с обеих сторон поле распространения нижнепротерозойских пород от архейских образований, служат две широкие и протяженные на сотни километров полосы высоконинтенсивных магнитных аномалий, которые можно интерпретировать как шовные прогибы («геосинклинальные троги») позднеархейского заложения и выделить под названием Уджинской и Усть-Ленской шовных структур. В платформенный этап развития эти прогибы были преобразованы в структуру авлакогенового типа. В районах блоковых выступов фундамента, расположенных по восточной и западной окраинам Уджинского шовного прогиба, обнаружены обломки эпидотсодержащих метаморфических пород, железистых кварцитов, яшмоидов и измененных

кислых эфузивов, снесенные из «геосинклинального трога» при тектонических инверсиях консолидированного основания платформенного чехла.

5. Платформенные образования докембрия, к которым относятся рифейские и вендские породы, вскрыты на Анабарском и Оленекском поднятиях, а также в пределах Уджинской и Усть-Ленской шовных структур. На Анабарском и Оленекском поднятиях они представлены комплексом терригенных и терригенно-карбонатных пород, а в пределах бывших шовных прогибов — вулканогенно-осадочными и терригенно-карбонатными породами. Степень постседиментационного изменения их не превышает фации глубинного эпигенеза.

6. Распределение полезных ископаемых в каждом из трех рассматриваемых комплексов имеет качественно своеобразный характер.

В архейском кристаллическом фундаменте известны осадочно-метаморфогенные рудопроявления железа (в магнетитсодержащих кварцитах) и графита (в силиманитсодержащих гнейсах). При опробовании архейских метаморфических пород на золото не были выявлены концентрации, превышающие кларковые. Вероятно, в условиях высоких температур глубинной гранулированной фации происходило диффузионное рассеяние золота по всей метаморфической толще без каких-либо локальных скоплений.

В орогенном структурном комплексе с некоторой долей условности можно выделить две разновозрастные группы рудопроявлений: позднеархейскую и среднепротерозойскую. Позднеархейские рудопроявления в современном эрозионном срезе региона не вскрыты, и лишь гипотетически допускается их залегание в Уджинском и Усть-Ленском шовных прогибах. С этими источниками связывается широко распространенный на территории площадной ореол рассеяния однородно отсортированного золота с кассiterитом, платиновыми минералами, алмазами. Эти россыпные компоненты образуют повышенные концентрации на участках скопления обломков пород орогенного структурного комплекса, среди которых были обнаружены метаморфизованные кварцевые конгломераты с весовыми концентрациями золота. Судя по вещественному составу россыпей, их источники имели много общего по металлогеническим особенностям с докембрийскими конгломератами месторождения Витватерсrand Южной Африки.

Рудопроявления среднепротерозойского возраста генетически связываются с интрузиями гранитоидов на Анабарском массиве и Оленекском поднятии. В жильных дериватах гранитоидных интрузий обнаружены золото, кассiterит, мусковит, редкометальные минералы.

Платформенному этапу осадконакопления предшествовал процесс формирования площадных кор выветривания латеритного типа.

На Оленекском поднятии верхняя зона дорифейской площадной коры содержит высокие концентрации оксида алюминия, что позволяет выделить этот стратиграфический уровень как перспективный горизонт на нахождение бокситов. В базальных конгломератах и гравелитах рифейского и вендского комплексов всех областей их распространения фиксируются находки россыпного золота. Наиболее интересна металлогенеза рифейских вулканогенно-осадочных образований Уджинского авлакогена, где обнаружены повышенные концентрации двух компонентов гумидного типа литогенеза: марганца и железа.

Территория северо-востока Сибирской платформы является перспективной металлоносной провинцией, отсутствие в пределах которой промышленных месторождений объясняется, по-видимому, недостаточной изученностью ее глубинного строения и металлогенеза докембрийских структурных комплексов.

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ДОКЕМБРИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА В СВЯЗИ С МЕТАМОРФИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТЬЮ

1. Геологическая позиция месторождений мусковита, золота, рудопроявлений редких и других металлов в значительной степени уточняется при изучении метаморфической зональности докембрия региона. На основе новых материалов составлена геолого-метаморфическая карта центральной части Восточного Саяна, на которой предпринята попытка отобразить метаморфические фации и субфации, типы и этапы метаморфизма.

2. Коренные рудопроявления золота многие исследователи (И. А. Молчанов, С. М. Ткалич и др.) связывают с палеозойскими гипабиссальными гранитами бугульминской интрузии таннуольского комплекса. Однако устанавливается, что метаморфизм (низкотемпературные зоны фации зеленых сланцев кувайской и чатыгойской серий), пиритизация филлитов, образование кварцевых прожилков и жил происходили одновременно и неразрывно связаны в пространственном расположении.

3. Трактовка условий формирования и закономерностей размещения мусковитоносных и редкометальных пегматитов во многом зависит от понимания эволюции процессов метаморфизма в докембрии региона. В настоящее время большинство геологов метаморфические толщи Бирюсинского выступа фундамента Сибирской платформы объединяют в единую бирюсинскую серию. При изучении взаимоотношений метаморфических толщ, их состава, структуры и особенностей метаморфизма выясняется, что единая, якобы лишенная перерывов и несогласий бирюсинская серия состоит из трех разновозрастных метаморфических серий: собственно бирюсинской (архейской), неройской (нижнепротерозойской) и туманшетской (среднепротерозойской). В отличие от многих исследователей (В. И. Федоров, А. И. Сизых), метаморфические толщи Бирюсинского слюдоносного района не рассматриваются нами как претерпевшие вначале метаморфизм гранулитовой фации, а затем высокотемпературный диафторез в условиях амфиболитовой фации. Такая этапность правомерна только для мигматитовых толщ нижнего комплекса архея. Впервые предлагается выделить в центральной части Бирюсинского слюдоносного района полосу прогрессивно метаморфизованных пород нижнего протерозоя (неройская серия), которая с обеих сторон окаймляется полями перекристаллизованных в мигматитовой зоне архейских пород; последние переходят в сохранившиеся участки первично-гранулитового комплекса архея.

В породах неройской серии наблюдается прогрессивная зональность в пределах амфиболитовой фации от дистен-ставролитовой зоны (бассейн р. Нерсы) через дистеновую до силлиманитовой (бассейн р. Ии). В породах собственно бирюсинской серии на этом же протяжении устанавливается повторный регressiveный характер метаморфизма нижнепротерозойского этапа в условиях амфиболитовой фации и участки гранулитового комплекса архея. Таким образом, нижнепротерозойский метаморфический цикл наложился как на породы архейского фундамента, так и на первично-осадочные образования нижнего протерозоя.

4. Мусковитоносные пегматиты возникли в результате метасоматоза и перекристаллизации первичных метаморфических пегматитов. Многие исследователи (Н. Г. Ключанский, В. А. Гуменюк и др.) метасоматические процессы связывают с каледонским тектономагматическим циклом. Прослеживание зон метасоматоза по простианию свидетельствует, что они перекрываются породами карагасской серии верхнего протерозоя, что указывает на их поздне-среднепротерозойский возраст.

5. К факторам контроля слюдоносных пегматитов Бирюсинского района относятся литолого-стратиграфический и метаморфический факторы. Однако известно, что промышленные жилы рудников Нерой-II, Трудового располагаются за пределами глиноземистой сланцевой полосы и дистен-альмандиновой субфации — в зоне мигматитов, продуктов регressiveного метаморфизма гранулитового комплекса. Не отрицая влияния этих факторов, ведущую роль в локализации промышленных жил пегматитов мы отводим так называемым скрытым разломам.

Скрытые разломы заложились в эпоху обрушения архейского фундамента платформы; они оконтуривали узкие нижнепротерозойские троги, в пределах которых шло накопление глинисто-сланцевых, карбонатных формаций (неройская серия). Эти разломы сейчас затушеваны и прямыми наблюдениями в поле трудно устанавливаются в силу интенсивно проявленных процессов нижнепротерозойской мигматизации и гранитизации.

На существование скрытых разломов между перекристаллизованными в мигматитовой зоне архейскими породами бирюсинской серии и прогрессивно метаморфизованными (кианит-альмандиновая субфация) нижнепротерозойскими образованиями неройской серии указывают: 1) дисгармония в складчатости, т. е. структурное несогласие между ними; 2) различный формационный состав; 3) различный характер метаморфизма по разные стороны от зоны скрытого разлома: прогressiveный для пород нижнего протерозоя и регressiveный для пород архея; 4) пространственное совпадение с намеченными разломами зон линейных аэромагнитных аномалий.

Скрытые разломы служили подводящими каналами для проникновения постмагматических растворов в период среднепротерозойской активизации спаявшегося архейско-нижнепротерозойского яруса. В силу этого мусковитоносные пегматиты формировались в зоне действия скрытого разлома в обеих сериях докембрия — архейской (в прогressiveной субфации мигматитов) и нижнепротерозойской (в прогressiveй дистен-альмандиновой субфации).

6. Впервые установлено по р. Туманшет несогласное трансгрессивное налегание «сланцевой свиты протерозоя» (И. К. Кобеляцкий) на породы архея и структурное несогласие с породами нижнего протерозоя, что позволило окончательно решить вопрос о выделении ее в самостоятельный метаморфический комплекс, названный туманшетской серией среднего протерозоя. Для нее устанавливается прогressiveный зональный метаморфизм от фации зеленых сланцев (биотитовая и гранатовая зоны) до низкотемпературной амфиболитовой (ставролитовая зона). Широкое распространение ставролит-кварцевой субфации расширяет перспективы обнаружения пегматитов с редкометальной минерализацией.

B. E. Загорский, B. M. Макагон,
A. И. Макрыгин
(Ин-т геохимии СО АН СССР)

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ДОКЕМБРИЙСКИХ ПЕГМАТИТОВ НАТРО-ЛИТИЕВОГО ТИПА С РАЗЛИЧНОЙ РЕДКОМЕТАЛЬНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИЕЙ

1. Изучены три пегматитовых поля Сибири. Поле I расположено в грабене, сложенном среднепротерозойскими вулканогенно-терригенными породами, метаморфизованными в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма и смятыми в изоклинальные складки различных порядков с многочисленными разрывными нарушениями. Пегматиты образуют серии жил. Их строение характеризуется отсутствием или очень слабым проявлением зональности. Среди пегматитовых жил выделяются тела с tantalовой, tantal-литиевой и tantal-цезиевой специализацией. Литиевая минерализация этого поля представлена в основном сподуменом, цезиевая — поллуцитом, tantalовая — tantalитом. Процесс их образования можно подразделить на три стадии: магматической кристаллизации, гидролиза полевых шпатов и натрового метасоматоза.

В процессе первичной кристаллизации из расплава-раствора образуются альбит-сподумен-микроклиневые пегматиты, содержащие иногда поллуцит. Гидролиз полевых шпатов, приводящий к образованию участков кварц-мусковитового комплекса с бериллом и касситеритом, развит слабо. Натровый метасоматоз приводит к образованию альбитового пегматита с tantalитом, полихромным турмалином, микролитом.

Пегматитовые поля II и III расположены в пределах горстовой структуры и залегают в амфиболитах среднепротерозойского возраста с прослоями сланцев, метаморфизованных в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций. Натро-литиевые пегматиты поля II относятся к лепидолит-рубеллитовому подтипу по А. Е. Ферсману или к лепидолит-альбитовому типу, по Г. Б. Мелентьеву, а поля III — к альбитовому типу. Те и другие образуют зональные тела. Пегматиты поля II характеризуются tantal-цезий-литиевой, а поля III — tantalовой специализацией. Литиевая минерализация этих полей представлена в основном слюдами ряда мусковит — лепидолит, эльбантит и монтебразитом, а цезиевая — цезийсодержащим лепидолитом. Отличительной особенностью пегматитов с комплексной специализацией (поле II) является широкое развитие турмалина (эльбанта), монтебразита, слюд мусковит-лепидолитового ряда, тогда как в пегматитах поля III турмалин отсутствует, а среди слюд резко преобладает рубидиевый мусковит; более широко здесь распространены топаз и апатит. Для пегматитов поля III характерны также воджинит и икснолит. В формировании натро-литиевых пегматитов полей II и III выделяются: 1) стадия кристаллизации из расплава и раствора с образованием микроклинсодержащих парагенезисов, кварцевых зон и блоков и, возможно, лепидолит-альбитового пегматита; 2) стадия гидролиза; 3) стадия натрового и литиевого метасоматоза.

2. Изучение процессов формирования натро-литиевых пегматитов с различной редкометальной минерализацией показало, что пегматиты со сподуменом и поллуцитом (поле I), лепидолит-рубеллитовые и альбитовые пегматиты (поля II и III) образовались при различных тектонических и физико-химических условиях.

Пегматиты поля I формировались в условиях неспокойного тектонического режима и высокого давления, достигающего на начальных этапах 4—4,5 кбар при температуре около 550°С (данные изучения газово-жидких включений в минералах). В процессе формирования пегматитов давление и температура понижались. Одним из главных летучих компонентов являлась углекислота, роль которой понижалась от начального этапа кристаллизации к конечному. Парциальное давление фтора было низким и повышалось только на конечных этапах минералообразования. Эти факторы способствовали кристаллизации в пегматитах данного поля наряду со сподуменом собственного минерала цезия — поллутита.

Формирование пегматитов полей II и III происходило в условиях относительно спокойного тектонического режима и сравнительно низкого давления при понижении температуры от 700 до 330—290°С. Большую роль в процессе образования этих пегматитов играл фтор. Высокое парциальное давление фтора в процессе формирования натролитиевых пегматитов поля II способствовало кристаллизации слюд мусковит-лепидолитового ряда, в которых рассеялся цезий, что и явилось причиной отсутствия в пегматитах поллутита при высоком содержании в них этого элемента. Основным отличием пегматитов поля III с tantalовой минерализацией от исследованных пегматитов поля II с tantal-цезий-литиевой минерализацией является резкая обогащенность последних бором. Для пегматитов поля III характерно относительно низкое содержание редких щелочных элементов, особенно цезия.

3. Различное первоначальное содержание элементов в расплаве-растворе и разные условия формирования натролитиевых пегматитов описанных полей обусловили особенности процессов изменения вмещающих пород и накопление редких элементов около пегматитовых жил.

Эзоконтактовые зоны пегматитовых жил поля I характеризуются широким развитием вторичного амфибола, цезиевых протолитионита и биотита, гольмквистина и турмалина (шерл). Ореолы лития, рубидия и цезия имеют большую мощность и высокую контрастность. Количество цезия в измененных породах превышает содержание рубидия.

С пегматитами поля II связаны образовавшиеся на заключительном этапе пегматитового процесса и тесно сопряженные в пространстве турмалиниты и слюдиты, главными минералами которых являются соответственно зеленый турмалин и рубидий-цезиевый биотит. Резкая обогащенность этих пород фтором, бором, фосфором, а также цезием, рубидием и в меньшей мере литием обусловлена первоначально высоким содержанием этих элементов в исходном расплаве-растворе.

Сильно варьирующие по мощности и контрастности ореолы редких щелочей, фтора, олова и фосфора в эзоконтактах пегматитов поля III связаны с зонами ослаждения, которые иногда сопровождаются зонами гольмквиститизации вмещающих амфиболитов. Турмалинизация во вмещающих породах не проявлена. Слюдиты данного поля, в отличие от аналогичных пород других полей, сложены цезий-рубидиевым протолитионитом, иногда с альбитом, апатитом, флюоритом. Указанные эзоконтактовые изменения и ореолы редких элементов сопровождают формирование альбитовых пегматитов.

B. A. Макрыгина
(Ин-т геохимии СО АН СССР)

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И РУДНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЖИЛЬНЫХ СБРАЗОВАНИЙ В СВЯЗИ С МЕТАМОРФИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТЬЮ В ДОКЕМБРИИ ХАМАР-ДАБАНА

1. Проведено геохимическое изучение пород секущей метаморфической зональности андалузит-силлиманитового типа и сопровождающих ее жильных проявлений, закартированных А. А. Шафеевым в 1958—1968 гг. в северо-западной части Хамар-Дабана. Основные разновидности пород корниловской и шебутуйской свит (метапелиты, актинолитовые и известковистые сланцы, известняки) опробованы по простирианию в различных метаморфических зонах от биотит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации до силлиманит-ортоклазовой субфации амфиболитовой фации. В этом большом температурном интервале (от 350 до 650°С — до зоны мигматизации) состав ведущих разновидностей пород практически не меняется как в отношении макрокомпонентов, так и в отношении большинства элементов-примесей (Co, Ni, Cr, V, Sc, TR и др.).

2. Для Утуликского синклиниория характерен целый спектр жильных образований, состав которых меняется от одной метаморфической зоны к другой, а границы распространения конформны изоградам индекс-минералов. Кварцевые, кварц-карбонатные жилы биотит-хлоритовой зоны сменяются кварц-андалузитовыми жилами и редкометально-кассiterитовыми пегматитами андалузит-ставролитовой зоны. За изоградой силлиманита эти пегматиты переходят в шерл-мусковитовые, пользующиеся максимальным распространением в силлиманит-мусковитовой зоне. Несмотря на явную подчиненность границ развития пегматитов метаморфической зональности, им свойственны все признаки магматического происхождения: секущие контакты, повернутые ксенолиты и ореолы изменения вмещающих пород с положительными аномалиями.

При дальнейшем увеличении степени метаморфизма число и размеры пегматитов резко уменьшаются, появляются мелкие тела гранатовых и биотитовых плагиогранитов, а во вмещающих породах наблюдается развитие зональной мигматизации. Узкий пояс кварцевых мигматитов сменяется широкой зоной плагиомигматизации, за ней следует зона калишпатовой мигматизации.

Изучение состава жильных образований и мигматитов показало, что в формировании зональности тех и других наблюдается одна и та же химическая направленность процесса: смена ведущей роли Si, (кварцевые жилы и кварцевые мигматиты) на Si+Na (альбитовые пегматиты и плагиомигматиты) и Si+K (двуполовощатовые пегматиты и калишпатовые мигматиты) по направлению к высокотемпературным зонам. Следует особо подчеркнуть, что мигматизация и образование жильной серии — единый процесс, протекающий на фоне сформированной метаморфической зональности на регressiveном этапе метаморфизма. Главное его отличие от прогressiveного этапа заключается в том, что происходит мобилизация вещества, тогда как прогressiveный этап метаморфизма в большинстве случаев ограничен его структурной перестройкой и обезвоживанием. Состав пород в метаморфических зонах, не затронутых гранитизацией, не меняется, тогда как при мигматизации меняется состав толщи в целом, приближаясь к составу гранита. При этом происходит вынос большой массы мафических, руд-

ных и редких компонентов пород. Анализ пород, слюд и полевых шпатов из жил и мигматитов различного состава показывает, что вынос ряда редких элементов из зон мигматизации сопровождается накоплением их в жилах внешней части пегматитового пояса с постепенным переходом от шерл-мусковитовых к редкометально-кассiterитовым пегматитам. Следовательно, в отношении элементов, концентрация которых происходит в высокотемпературных образований — пегматитах, в одном разрезе наблюдаются зоны возможной мобилизации и концентрации рудного вещества. При мигматизации выносится также огромное количество Fe, Mg, Ca, Co, Ni, Sc, Cr, V, Cu и других элементов, следов рассеяния или концентрации которых в изученном разрезе метаморфической толщи и развитых в ней жильных образованиях установить не удалось. Видимо, они уходят за пределы изученной площади.

Таким образом, сам по себе процесс прогрессивного регионального метаморфизма, по-видимому, не является в данном случае рудогенерирующими. Мобилизация рудных компонентов в составе растворов и расплавов происходит в процессе метасоматической гранитизации толщи с последующим анатексисом. Концентрация их в виде рудопроявлений и месторождений определяется масштабами процесса, давлением и составом летучих компонентов, а также состоянием вмещающих метаморфизованных толщ, PT -условия которых оказывают влияние на размещение и характер минерализации жильных пород. Слабое развитие процессов постмагматического метасоматоза в изученном районе при умеренном давлении летучих привело к тому, что, несмотря на широкое развитие пегматитов разных типов, крупных промышленных скоплений полезных компонентов в них не наблюдается.

А. А. Бухаров
(Ин-т земной коры СО АН СССР)

О ДОКЕМБРИЙСКОМ ЭПИТЕРМАЛЬНОМ РУДОГЕНЕЗЕ И МЕТАЛЛОГЕНИИ ПРИБАЙКАЛЬСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА

1. Представление о связи рудных месторождений с вулканогенными формациями получило большое развитие в последние годы, особенно после открытия крупных месторождений в пределах вулканических поясов. Как показали многочисленные отечественные и зарубежные исследования, вулканические пояса занимают особое положение в структурах земной коры и являются специфическими и весьма продуктивными металлогеническими провинциями.

2. В настоящее время основными поставщиками металлов являются вулканические пояса фанерозоя, и главным образом мезокайнозойского этапа. Существует мнение о преимущественном развитии эпитермальных месторождений золота, гидротермальных месторождений урана, олова и других металлов в неохроне и об отсутствии их в докембрии. Это мнение связано с представлениями о глубоком метаморфизме докембрийских образований, в процессе которого происходит вынос и рассеяние рудных компонентов.

3. В тех особых структурно-фациальных зонах, где докембрийские образования сохранились от воздействия метаморфической переработки и гранитизации (а такие участки в докембрии различных районов мира имеются), мы вправе ожидать самые различные типы гидротермальных месторождений. В среднепротерозойском Прибайкальском вулканическом поясе известны гидротермальные месторождения различных металлов как пластиобразного типа в терригенных формациях,

так и штокверково-жильного типа в различных фациях вулканитов. Причем геохронологическим методом установлен близкий среднепротерозойский возраст (1400—1600 млн. лет) формирования вулканитов и рудоотложения. Намечается выявление эпимеральных месторождений золота, подобных месторождениям Тихоокеанского рудного пояса. На наличие низкотемпературных гидротермальных месторождений полиметаллов с теллуридами, висмутом, сурьмой, золотом в слабо метаморфизованных породах архея Родезии (месторождение Барбертон), а также многочисленных гидротермальных месторождений олова, имеющих свой источник в самом архее (оловорудные мигматиты, гнейсы, граниты), указывает В. М. Чайка.

Д. Ворсунтон и И. Кифф убедительно доказали низкотемпературное вулканогенное происхождение золотых месторождений, залегающих в докембрийских формациях сланцевого пояса Северной Каролины в США. Золотые проявления в этом районе приурочены строго к определенному стратиграфическому горизонту субаэральных пирокластических пород фельзитового состава, выделяемых в позднедокембрийскую формацию Уварри.

Месторождения золота Северной Каролины названные исследователи сравнивают с достоверно эпимеральными вулканогенными месторождениями более молодых периодов. К таким месторождениям золота относятся многие рудные залежи штата Невада (Гольдфилд, Аврора, Раунд Лаунтейн, Ярбридж и др.), золото-сульфидные месторождения Японии (Куроко), золото-алунитовые месторождения в игним-бритах Испании (Родальквиляр).

Кроме докембрийских месторождений Северной Каролины, к эпимеральному типу Д. Ворсунтон и И. Кифф относят и некоторые другие месторождения Северной Америки, имеющие раннедокембрийский возраст (месторождения в районе озер Берч — Учи в Онтарио).

Кроме того, запретность эпимерального рудогенеза определяется особенностями докембрийского гидротермального процесса и взаимодействия гидротермального флюида сprotoатмосферой, которая отличается по составу от атмосферы неохона. Нам представляется, что золотые эпимеральные месторождения, действительно не найденные в раннем докембре, возможно, и не могли возникать до тех пор, пока не были проявлены рудогенерирующие геологические формации. Одной из таких формаций является континентальная базальт-андезито-липаритовая дифференцированная группа вулканогенных образований, впервые проявившаяся в значительных объемах в истории Земли в среднем протерозое. Эта весьма продуктивная формация реализовалась в геотектонических структурах вулканических поясов, аналогичных по развитию молодым вулканическим поясам Тихоокеанского кольца.

Если до сих пор эпимеральные вулканогенные месторождения золота, столь характерные для Тихоокеанского и частично Средиземноморского сегментов земной коры, для докембра считались нехарактерными, то лишь потому, что докембрийские вулканические пояса были выявлены лишь недавно. В то же время золотые месторождения в докембрийских зеленосланцевых эвгеосинклинальных и флишоидных миогеосинклинальных структурах общеизвестны.

4. Прибайкальский краевой вулканический пояс среднего протерозоя по набору магматических и терригенных формаций и по структурному положению представляет собой тектоно-магматическую структуру, во многом аналогичную молодым вулканическим поясам типа палеозойского Казахстанского, мезозойских Западно-Забайкальского и Охотско-Чукотского. Следовательно, и металлогенические особенности

докембрийского Прибайкальского пояса должны быть во многом сходны с металлогенией молодых вулканических поясов.

Прибайкальский вулканический пояс является самым древним — дорифейским — представителем класса структур тектоно-магматической активизации. Он протягивается вдоль южной части краевого шва Сибирской платформы и состоит из нескольких прерывистых ветвей: Восточно-Саянской (Урикско-Ийской), Северо-Байкальской, Падринской. Главной магмой выдающейся и рудоконтролирующей структурой вулканического пояса является система разломов краевого шва Сибирской платформы и поперечных к шву структур фундамента. Устанавливается резкая структурная дифференцированность фундамента пояса, отражающаяся и в структурном этаже самого пояса.

В связи с еще недостаточной изученностью Прибалтийского пояса в его пределах в настоящее время неизвестно крупных месторождений. Однако наличие многочисленных минерализованных зон в различных вулканогенных и вулканогенно-осадочных формациях пояса позволяет установить следующую общую схему размещения типов руд. В гранито-метаморфическом фундаменте пояса известны редкометальные зоны, олово-вольфрамовые и висмутовые проявления. Зеленосланцевые толщи фундамента являются золотоносными. Медные проявления установлены как в зеленосланцевых образованиях фундамента, так и в вулканогенно-терригенных фациях вулканогенных комплексов. Гидротермальные проявления некоторых элементов размещаются в вулканогенно-терригенных, эфузивных фациях андезито-дацитов начальных этапов формирования пояса, а также связаны с экструзивными и жерловыми фациями кислых лав. В зонах разломов, рассекающих околоджерловые фации, обнаружены проявления полиметаллов, вольфрама (шеелит), золота. Близжерловые образования вторичных кварцитов и пропилитов минерализованы медью, полиметаллами, мышьяком, золотом, редкими металлами. Гранит-порфиры, граносиенит-порфиры периферических очагов несут оловянную, золотую, флюоритовую минерализацию. Возможно наличие эптермальных месторождений золота, подобных месторождениям Охотско-Чукотского пояса.

Следует отметить, что в настоящее время в изучении Прибайкальского вулканического пояса закончилась эмпирическая стадия установления закономерностей. Имеются все данные для достаточного теоретического обоснования и разработки конкретных рекомендаций для детальных поисков в пределах Северо-Байкальского пояса месторождений золота, серебра, олова, редких элементов, меди, возможно, висмута, ртути, вольфрама и др.

Таким образом, наряду со специфическими отличиями металлогении комплексов докембра и молодых эпох, следует учитывать в отдельных случаях и их металлогеническое сходство, обусловленное однотипным характером магмо- и рудогенезиса. Как в свое время недооценивалась золотоносность молодых эпох, так, по-видимому, в настоящее время недооценивается потенциальная рудоносность докембра.

О. Г. Шулягин, Ю. И. Захаров
(Севморгео МГ СССР)

МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОНАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА ДОКЕМБРИЯ ТАЙМЫРА

1. Метаморфические комплексы и подавляющее большинство плутонических образований Таймыра приурочены исключительно к отложениям нижнего и среднего протерозоя и распространены в северной

части Горного Таймыра. Они составляют единую структуру типа срединного массива, являющегося нижним структурным ярусом Таймырской складчатой области.

2. Геологические данные позволяют сделать вывод о существовании двух этапов регионального метаморфизма, соответствующих двум циклам диастрофизма — в конце раннего и в конце среднего протерозоя. Следы раннепротерозойского метаморфизма устанавливаются с трудом, так как затушеваны среднепротерозойским тектогенезом и региональным метаморфизмом, с которым и связывается образование метаморфической зональности на Центральном и Западном Таймыре.

3. Площадь распространения метаморфических пород относится, по классификации Д. А. Великославинского и В. А. Глебовицкого, к области развития полизонального прогрессивного метаморфизма симметричного строения.

4. По термодинамическим условиям метаморфическая зональность на Таймыре относится к редко встречающемуся типу, занимающему промежуточное положение между андалузит-силлиманитовым и кианит-силлиманитовым типами. Выделяются следующие метаморфические зоны: 1) серицит-хлоритовая и 2) биотит-хлоритовая субфации фации зеленых сланцев, 3) эпидот-амфиболитовой фации, 4) ставролит-альмандиновая, 5) силлиманит-альмандин-мусковитовая и 6) силлиманит-альмандин-микроклиновая субфации амфиболитовой фации. Есть основания полагать, что в процессе регионального метаморфизма давление было не изобарическим. В отдельных районах (зал. Вальтера, о. Таймыр) метаморфизм происходил в условиях пониженного давления (андалузит-силлиманитовый тип).

5. В пределах развития докембрийских образований на Таймыре известны как металлические (титан и др.), так и неметаллические (мусковит, полевой шпат, графит) метаморфогенные месторождения и проявления полезных ископаемых, локализованные строго в определенных зонах метаморфизма. Так, проявления титана приурочены к зонам хлорит-биотитовой, эпидот-амфиболитовой и ставролит-альмандиновой субфаций, мусковита — к силлиманит-альмандин-мусковитовой субфации, графита и полевого шпата — к высокотемпературным зонам амфиболитовой фации. Титан в породах имеет, несомненно, первично-седimentогенное происхождение, но образование его минеральных зерен (ильменит) и концентрация в определенных зонах обусловлены процессами прогрессивного метаморфизма. Незначительное изначальное содержание титана в породах и равномерное распределение его минералов обусловливают слабую перспективность коренных проявлений. Однако имеются значительные концентрации ильменита и рутила в прибрежно-морских россыпях. Метаседimentогенные месторождения графита приурочены к нижним частям разреза протерозойских отложений (медвежевская серия), метаморфизованных в условиях высоких степеней амфиболитовой фации.

6. Метаморфогенные пегматиты — мусковитоносные и керамические — образовались путем перекристаллизации и метасоматических преобразований доверхнепротерозойских плагиогнейсов и мигматитов. В пространственном их распределении ведущая роль принадлежит метаморфическому, литолого-стратиграфическому и структурно-тектоническому факторам контроля. Пегматитовые поля сконцентрированы в линейной полосе (100×12 км), расположенной в юго-восточном борту антиклинальной структуры второго порядка. В пределах полей жильные тела в виде узлов, кустов и полос локализованы в сводовых частях мелких антиклинальных складок с пологим погружением шарниров.

7. Установлены закономерные изменения в характере слюдопроявления метаморфогенных пегматитов в зависимости от метаморфической зональности. Так, слюдоносные пегматиты приурочены к низкотемпературной границе силлиманит-альмандин-мусковитовой зоны (изограде силлиманита). По мере повышения метаморфизма и перехода к зоне силлиманит-альмандин-макроклиновой субфации мусковитоносные пегматиты постепенно сменяются керамическими и затем зоной интенсивной мигматизации.

8. Промежуточный тип зонального метаморфизма на Таймыре обусловил специфику ослюденения пегматитов, являющихся «промежуточными» между формациями типичных мусковитовых и керамических пегматитов.

9. На Центральном Таймыре выделяется генетический тип магматогенных пегматитов мусковито-редкометальной формации. В подавляющем большинстве они залегают в материнских позднеорогенных гранитах. Особенности строения, минералогии и геохимии таких пегматитов свидетельствуют о формировании их в режиме низких давлений, отвечающих андалузит-силлиманитовому типу метаморфизма.

10. Широкое распространение в докембрии Таймыра «черносланцевых формаций» и находки золота в шлихах позволяют высказать предположение о возможном обнаружении метаморфогенных месторождений тонкодисперсного золота среди пород зеленосланцевой фации метаморфизма.

А. П. Шмотов
(Ин-т земной коры СО АН СССР)

ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И ИХ СВЯЗЬ С ЗОЛОТОСУЛЬФИДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ

Наибольшие концентрации золота на Витимо-Патомском нагорье связаны с верхнепротерозойскими песчано-сланцевыми отложениями, метаморфизованными в условиях зеленосланцевой фации и подвергшимися гидротермально-метасоматическим изменениям в локальных структурах, усложняющих Бодайбинский синклиниорий. Наиболее типичны процессы серпентитизации, магнезиально-железистой карбонатизации, вкрашенно-прожилковой сульфидной минерализации.

Золото-сульфидное оруденение, тесно ассоциируя с гидротермально-метасоматическими породами, сопровождалось перегруппировкой пордообразующих и микрокомпонентов и общим обогащением золотом (на несколько порядков) массы измененных пород по сравнению с исходными сланцами и песчаниками.

М. П. Лобанов, И. А. Охотников
(Восточно-Сибирский науч.-исслед. ин-т
геол., геохимии и минер. сырья)

К ВОПРОСУ О СТРУКТУРЕ И ГЕНЕЗИСЕ СУХОЛОЖСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождение Сухой Лог локализовано в Ныгринской структуре моноклинального строения и четко контролируется линейными зонами смятия, согласно секущими по отношению к напластованию. Продуктивный структурно-вещественный комплекс образован в процессе эволюционного развития зон смятия по линии последовательного катакла-за и милонитизации, сольфаторной аргиллизации, сернокислого, угле-

кислого (карбонатизации) и кремнекислого метасоматоза. Промышленные концентрации золота сопряжены преимущественно с углекислым и кремнистым метасоматозом. Благоприятным фактором является интенсивное угленакопление, наличие в метасоматитах осадителей золота (пирит и другие сульфиды) и геохимическое родство золота и кремнезема.

С. А. Гурулев, М. Ф. Трунева
(Геол. ин-т Бурятского фил. СО АН СССР)

О НОВОМ ГЕНЕТИЧЕСКОМ ТИПЕ МЕДНО- НИКЕЛЕВЫХ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Новый генетический тип медно-никелевого сульфидного оруденения в Северном Прибайкалье выявлен в пределах рудного поля Холдининского колчеданно-полиметаллического месторождения. Медно-никелевые вкрапления и прожилковые руды представлены пирротином, пентландитом, халькопиритом и другими минералами, локализующимися в гипербазитовом массиве яршинского комплекса нижнего протерозоя. Данный тип руд во многом сходен с медно-никелевыми месторождениями Аллареченского района (Кольский полуостров) и Манитобы (Канада).

Л. П. Тигунов (Иркутское ТГУ)

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МИНЕРАГЕНИИ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ФОРМАЦИЙ ДОКЕМБРИЯ ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Рудоносные стратифицированные формации докембрия Западного Прибайкалья охватывают широкий диапазон времени — от архея до венда включительно. Для всех структурных ярусов характерны высокоглиноземистые, графитистые, углистые (с ванадием и молибденом) и марганцовистые формации. Для нижне- и среднепротерозойских образований типичны рутиловые кварциты и сланцы и ильменитовые амфиболиты. Только в разрезе нижнего протерозоя выделяют железорудные формации (магнетитовые кварциты и сланцы). Эпигенетическая рудная минерализация представлена медью, цинком, свинцом, образующим крупные месторождения, в меньшей мере оловом, вольфрамом и другими элементами, а также тальком, магнезитом, пирофиллитом и другими гидротермальными, возникающими в связи с процессами кремнешелочного метасоматоза.

А. М. Рябых, Э. М. Рябых, Л. П. Тигунов
(Иркутское ТГУ)

ДОКЕМБРИЙСКИЙ МАГМАТИЗМ И ДРЕВНИЕ ОЛОВОРУДНЫЕ ФОРМАЦИИ ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Наибольшее количество рудопроявлений олова и шлиховых орехов кассiterита в Западном Прибайкалье связано с выходами гранитоидов средне- и позднепротерозойского возраста. Выделяются следующие оловорудные формации: кассiterит-пегматитовая, кассiterит-кварцевая, кассiterит-силикатная, кассiterит-сульфидная и деревянинского олова. Среди них наиболее перспективны грейзеновые, кварц-турмалин-хлоритовые и сульфидные типы месторождений олова.

A. V. Спирidonов (Иркутское ТГУ)

**ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕГМАТИООБРАЗСВАНИЯ
В МАМСКОЙ ТОЛЩЕ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ
ЕЕ СТРУКТУРЫ И ПРОЦЕССОВ МЕТАМОРФИЗМА
(МАМСКАЯ СЛЮДОНОСНАЯ ПРСВИНЦИЯ)**

Минеральные преобразования в толще парапород разделены на прогрессивно-метаморфические, регressive-метаморфические и гидротермально-метасоматические. Жильные образования гранит-пегматитовых полей провинции, относящиеся ко второй фазе развития мамско-оронского комплекса, по относительному возрасту сгруппированы в генетический ряд и прослеживаются на всех этапах формирования структуры толщи. Устанавливается степень сложности морфологии жильных образований, структурный контроль полей и узлов пегматитов различных возрастных и петрографических групп. Отмечается зависимость внутреннего строения пегматитов от конкретных путей движения расплавов, от тектонических и литологических условий. В процессе становления пегматитового расплава в камерах происходит закономерная смена роли щелочей — натрия на калий. Аналогично изменяются состав и щелочность — кислотность в постмагматических растворах при формировании сегрегационно-метасоматических пегматитов в метаморфической толще.

Г. Б. Кочкин (ВСЕГЕИ)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ ЕНИСЕЙСКОГО ВЫСТУПА

1. Под Енисейским выступом понимается область распространения докембрийских образований юго-западного обрамления Сибирской платформы (Енисейский кряж, запад Восточных Саян). В период времени от архея до среднего протерозоя развитие этой территории отвечало прогеосинклинальному режиму, а в среднем — позднем протерозое (с частичным захватом раннего кембрия) — протогеосинклинальному иprotoорогенному режимам. В геотектоническом отношении есть основания рассматривать Енисейский выступ с последокембрийского времени как часть фундамента Сибирской платформы и предполагать некоторые черты сходства его с Алданским и Анабарским щитами. Тектоно-магматическая активизация проявляется в раннем палеозое и мезозое.

2. Архейско-раннепротерозойскому прогеосинклинальному периоду свойственны рудные формации, связанные преимущественно с процессами метаморфизма. Наиболее древними являются ильменитовые залежи в метагаббро-норитах и пироксен-плагиоклазовых метасоматитах. Среди гранито-гнейсов отмечаются участки обильной вкрапленности и скопления редкоземельных минералов. Пегматиты весьма разнообразны по составу; промышленный интерес представляют керамические, мусковитовые и другие разновидности. Меньшее значение имеют проявления графита и фосфатов в метаморфических породах, а также железистые кварциты.

3. Средне-позднепротерозойский протогеосинклинальный период характеризуется более разнообразными типами оруденения. Среди основных рудных формаций в порядке возрастной последовательности выделяются медно-полиметаллическая колчеданная, магнетитовая в гидротермально-метасоматических породах, редкометальная грейзеновая, золоторудная кварцево-жильная, магнезитовая и тальковая в карбонатных метасоматитах, полиметаллическая стратиформная, фосфоритовая в доломитах, гематитовая метаморфизованная пластовая, сурьмянная жильная. Недостаточно выясненное положение занимают золоторудная в кварцевых конгломератах, марганцевая пластовая, сульфидная жильная, пегматитовая и некоторые другие рудные формации.

4. В целом геологические условия и последовательность проявления основных рудных формаций протогеосинклинального периода имеют много общего с соответствующими данными по более молодым складчатым областям. Выявление связей рудных формаций с осадочными, магматическими и метаморфическими формациями показывает направленное развитие региона в докембрии, что позволяет уточнять его перспективную оценку. Имеющаяся специфика связана главным

образом с проявлением процессов регионального метаморфизма и гранитизации.

5. Сравнение особенностей средне-позднепротерозойских (или байкальских) складчатых областей различных регионов позволило установить относительно большую длительность развития, сравнительно невысокую дифференцированность как осадочных, так и магматических процессов, сравнительную простоту тектонических структур. Для них специфичны рудные концентрации железа, титана, редких металлов в разнообразных по составу метасоматитах, магнезитовые, тальковые, фосфоритовые месторождения в метаморфизованных карбонатных толщах, гематитовые пластовые руды осадочно-метаморфогенного происхождения. Большое значение имеют также золоторудные жильные и полиметаллические стратиформные месторождения. Эти особенности байкалид как протогеосинклинальных образований соответствуют их переходному положению от собственно докембрийских к фанерозойским образованиям, формирующемся в ходе направленного геосинклинального развития.

Л. В. Ли (Сибирский науч.-исслед. ин-т геол.,
геофизики и минер. сырья,
Красноярское отд.)

РЕГИОНАЛЬНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ДОКЕМБРИИ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

1. Енисейский кряж — сложное глыбово-складчатое сооружение, состоящее из байкалид Заангарья и архейского жесткого массива Ангаро-Канской части. Эндогенное золотое оруденение, проявленное на его территории, характеризуется значительным разнообразием типов, условий формирования и размещения в геотектонических структурах.

2. На площади байкалид Заангарья поля концентрированного оруденения размещаются во внутренней части многоеосинклинальной и периферической части эвгеосинклинальной структурно-формационных зон, различающихся тектоническим режимом и геологической историей развития. Для первой, отличающейся большим количеством месторождений и рудопроявлений золота, при значительном разнообразии типов минерализации характерно развитие золото-кварцевой мало-сульфидной формации. Здесь широко развиты верхнепротерозойские геосинклинальные терригенные и терригенно-карбонатные отложения, метаморфизованные преимущественно в условиях зеленосланцевой фации, и менее — среднепротерозойские породы эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций, подвергшиеся на участках проявления плутонометаморфизма мигматизации и гранитизации. Значительное однообразие литологического и петрохимического состава этих отложений на большом интервале разреза, очевидно, явилось благоприятным условием для образования протяженных по вертикали месторождений. Следует подчеркнуть, что, по данным радиоактивационных анализов, породы протерозойских толщ обогащены золотом: средние значения содержания его превышают кларк данного элемента в осадочных породах земной коры от 6 до 15 раз. Несомненно, что такие содержания золота в породах, в том числе и в тех, которые явились родоначальными для метасоматических и палингенных гранитоидов, определили накопления его в рудах.

3. Сочетание благоприятных литологических и геохимических условий, а также наличие глубинно-разрывных структур и систем оперяющих их разломов, выраженных в виде зон повышенной трещиноватости, обусловили значительный диапазон распространения золотого оруденения в разрезе протерозойских толщ — от среднепротерозойской тейской серии до удерейской свиты верхнепротерозойской сухопитской серии включительно. Суммарная протяженность этого рудоносного интервала составляет 3,5—4 км. В отложениях верхней части разреза сухопитской серии и вышележащей тэлци тунгусикской серии сколько-нибудь значительных рудных проявлений неизвестно.

4. Специфической чертой золотого оруденения миогеосинклинальной структурно-формационной зоны является его преимущественная локализация в поясе сосредоточения массивов позднеорогенных палингенных гранитоидов. При рассмотрении взаимоотношений золотого оруденения с гранитоидными интрузиями устанавливается не только тесная пространственная связь и синхронность формирования его с интрузиями, но и закономерная позиция месторождений по отношению к их контурам. Золоторудные поля примыкают к интрузивам преимущественно со стороны висячего бока и, группируясь часто в линейные зоны, опоясывают массивы параллельно контактам. Кроме того, в распределении золоторудной минерализации нередко наблюдается зональность относительно гранитоидных массивов, заключающаяся в закономерном изменении в пространстве структурно-морфологических типов оруденения, состава минеральных парагенезисов, интенсивности гидротермального метаморфизма вмещающих пород и т. д. Такие особенности указывают на связь формирования золотого оруденения с гранитоидным магматизмом. Независимо от того, каков характер этой связи, несомненно, что определяющим условием для образования золотого оруденения явилось развитие и эволюция процессов палингенного гранитообразования.

5. В эвгеосинклинальной структурно-формационной зоне золотоносность проявлена слабо. Рудопроявления здесь хотя и многочисленны, но изучены недостаточно. Для данной зоны типичны колчеданные руды, обнаруживающие закономерную приуроченность к полям широкого развития эффузивов и несущие нередко повышенные концентрации золота. Пластообразные и линзовидные залежи сплошных и прожилково-вкрапленных колчеданных руд залегают согласно со структурой вмещающих пород сухопитской и тунгусикской серий. Среди кристаллических сланцев, мигматитов и гнейсов тейской серии они не отмечаются.

6. Для протерозойских толщ рассматриваемой структурно-формационной зоны характерна литологическая неоднородность пород, обусловленная в основном распространением в разных частях их вулканогенных образований различного петрографического состава. Это могло препятствовать возникновению выдержанного на значительную глубину оруденения. Однако широко развитые системы разрывных нарушений различных направлений, осложняющие складчатые структуры, могли быть выполнены жильным материалом на большом интервале по падению. В связи с этим известные на данной площади рудопроявления золото-кварцевой формации, нередко с повышенным содержанием золота, вызывают определенный интерес, хотя геохимические условия не совсем благоприятны для накопления больших масс золота. В частности, низкие содержания золота устанавливаются в породах тейской серии, что, по-видимому, ограничивало заимствование большого количества его при процессах гранитизации и палингена. Понижена концентрация золота также в породах тунгусикской серии. Видимо, этим

обусловлена убогая золотоносность развитых среди них колчеданных руд. Только породы сухопитской серии так же, как и в миогеосинклинальной зоне, обогащены золотом, что не исключает возможности асимиляции значительной массы его аллохтонным палингенным гранитным расплавом, последующего накопления в магматических дистиллятах и миграции в зону рудоотложения.

7. В архейском жестком массиве Ангаро-Канской части известно небольшое число однотипных месторождений и рудопроявлений золота, связанных с кварцево-золото-серебряно-полиметаллической формацией. Они залегают среди архейских глубоко метаморфизованных пород гранулитовой фации, подвергшихся на значительных площадях ретроградному метаморфизму в условиях амфиболитовой фации, и пространственно ассоциируют с верхнепротерозойскими гранитоидными и основными интрузиями. Для пород вмещающих толщ характерно пониженное содержание золота. Развитие оруденения определялось наличием мобильных глубинных разломов и систем оперяющих их нарушений, многие из которых были выполнены золото-сульфидно-кварцевыми жилами. Рудообразование происходило в условиях полной консолидации архейской структуры в байкальский металлогенический цикл на небольших глубинах и при невысоких температурах.

8. Рассмотренные данные достаточно отчетливо характеризуют различие тектоно-магматических, структурно-фациальных и геохимических условий рудообразования в разных геотектонических структурах Енисейского кряжа, определивших различную интенсивность проявленного в них золотого оруденения.

П. Ф. Великоборец (ВИРГ)

ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ ПОЛИМЕТАЛЛОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

1. Полиметаллическое оруденение центральной части Енисейского кряжа расположено в верхнепротерозойских складчатых сооружениях. Здесь известно Горевское полиметаллическое месторождение и большое число мелких месторождений и рудопроявлений, расположенных в зоне северо-северо-западного направления, простирающейся между реками Ангарой и Большим Питом и далее на расстоянии свыше 250 км.

2. Известные ранее геологические данные и сопоставления построенной по геолого-геофизическим материалам тектонической схемы с картой полезных ископаемых района позволяют говорить о существовании литолого-стратиграфических, структурных и магматических критериев локализации оруденения, которые определенным образом проявляются в физических полях.

Литолого-стратиграфический критерий. Известные в районе месторождения и рудопроявления свинца и цинка гидротермально-метасоматического и колчеданного типов расположены в пределах Центрального (Кайтыбинского) и Орловско-Тисского синклиниориев. Они залегают преимущественно среди метаморфизованных осадочно-эффузивных толщ тунгусикской серии и реже в отложениях сосновской (сухопитская серия) свиты. Подавляющее большинство участков полиметаллического оруденения (93%) приурочено к карбонатным породам и лишь небольшая их часть (7%) — к глинистым сланцам.

Гравиметровые и магнитные съемки на фоне метаморфизованных осадочно-эффузивных толщ верхнего протерозоя не выделяют кар-

бонатные породы и используются для картирования ряда геологических образований: выходов горбилокской и более древних свит сухопитской и тейской серий в антиклинальных поднятиях (Огненский тектонический блок, Алешкинская антиклиналь и др.), молодых отложений карбона и юры, заполняющих тектонические впадины (Зыряновская грабен-синклиналь), и т. п.

Структурные критерии. В районе намечается приуроченность полиметаллического оруденения к складчатым структурам высокого порядка. Горевское месторождение и Рудниковское рудопроявление тяготеют к восточному крылу Алешкинской антиклинали. Рудопроявления Лимонитовое, Линейное, Водораздельное приурочены к брахиантиклинальным структурам.

Полиметаллические месторождения и рудопроявления, литогеохимические и гидрохимические аномалии расположены линейно, что свидетельствует о важной роли в их локализации тектонических нарушений.

Горевское месторождение с прилегающими к нему Рудниковским и Картичным рудопроявлениями расположено на участке пересечения Горевского субмеридионального разлома и Ангарской субширотной тектонической зоны. Рудопроявления Боровое, Верхнедолгое, Водораздельное, Лимонитовое, Рассохинское, Каильбинское, Дауглинское расположены в зоне влияния северного продолжения Горевского и Западно-Горевского разломов, на участках пересечения их с предполагаемыми по геофизическим данным субширотными нарушениями. Усть-Ангарское месторождение, Савинское, Сухопитское, Моисеевское, Зыряновское рудопроявления связаны с Зыряновским разломом.

Геофизические съемки, в особенности магнитные и гравиметровые, широко и успешно применяются для выделения антиклинальных структур, рудоконтролирующих разрывных нарушений.

Магматические критерии. Гидротермально-метасоматические месторождения, очевидно, имеют генетическую связь с интрузивными комплексами.

Усть-Ангарское гидротермально-метасоматическое месторождение расположено в непосредственной близости от Согринской интрузии гранитов, обладающей повышенными магнитными свойствами. Северо-восточнее Горевского месторождения наблюдается область пониженного гравитационного поля и совпадающая с ее южной частью положительная магнитная аномалия. Такое сочетание физических полей в районе, вероятнее всего, объясняется наличием кислых интрузий, обладающих повышенными магнитными свойствами, что является одним из признаков перспективности площадей.

3. Наиболее характерными чертами полиметаллического оруденения в районе являются:

а) древний (докембрийский), около 900 млн. лет, возраст руд и значительные масштабы оруденения при локальном площадном его распространении и сравнительно простой морфологии рудных тел;

б) интенсивное метасоматическое преобразование вмещающих пород и среднетемпературный характер процесса формирования минерализации;

в) сравнительно простой минеральный состав руд при наличии в них повышенных концентраций Ag, Cd, Ge, Tl, Jn.

4. Проведенные металлогенические исследования дают основание рекомендовать шире использовать геолого-геофизические материалы с целью подтверждения установленных связей между тектоникой, магматизмом и металлогенией Енисейского кряжа и выявления новых закономерностей размещения полиметаллических и других руд. Особен-

но важен анализ геофизических материалов для изучения левобережья р. Ангара, где верхнепротерозойские породы перекрыты чехлом рыхлых отложений мощностью в несколько десятков метров.

*В. Т. Григоров, В. А. Филонюк, В. В. Кривоборский
(Иркутский ин-т редких металлов)*

**ФАКТОРЫ КОНТРОЛЯ И УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ
ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ
ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА КАК ПОКАЗАТЕЛИ
ЕГО ВОЗМОЖНОГО МЕТАМОРФОГЕННОГО ГЕНЕЗИСА
(НА ПРИМЕРЕ СОВЕТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)**

Золоторудная минерализация северной части Енисейского кряжа относится к золото-кварцевому малосульфидному типу. Представителем его является Советское месторождение, которое по укоренившемуся мнению является кварцево-жильным и контролируется разломами. Исследования по выявлению структурного контроля оруденения показали тесную пространственно-временную связь складчатости вмещающих пород с образованием кварцевых рудных тел. Складки первого порядка контролируют распределение «жильных» зон, замки складок второго порядка — рудные тела. Золотая минерализация наложена на кварцевые тела, но полностью контролируется ими. Разломы на месторождении являются пострудными. Это позволяет отнести Советское месторождение к метаморфогенному типу.

АЛДАНСКИЙ ЩИТ

T. V. Билибина, B. M. Терентьев
(ВСЕГЕИ)

МЕТАЛЛОГЕНИЯ АЛДАНСКОГО ЩИТА

1. Металлогеническая специализация Алданского щита определяется ассоциацией месторождений меди, железа (0,5% мировых запасов), золота, редких металлов, флогопита, флюорита, горного хрусталия и каменного угля. Совокупность их характеризует промышленный потенциал этого региона.

2. Месторождения Алданского щита принадлежат к различным формационным типам (от ультраметаморфогенных до гидротермальных и осадочных), пестрота и сочетание которых обусловлены эволюцией геологических процессов от протогеосинклинальных к платформенным и активизационным. Тесная взаимосвязь этих процессов предопределяет унаследованность в рудообразовании с появлением «сквозных» металлов (железо, золото, редкие металлы) в различные металлогенические эпохи и концентрацию рудных элементов за счет мобилизации вещества в глубинных зонах земной коры.

3. Выделяется пять эпох накопления полезных ископаемых — архейская, раннепротерозойская, позднепротерозойско-раннепалеозойская, мезозойская и кайнозойская. Раннепротерозойская (меди, железо, флогопит, горный хрусталь и др.) и мезозойская (золото, редкие металлы, флюорит) металлогенические эпохи характеризуются наибольшими параметрами оруденения. Значение архейской эпохи заключается главным образом в концентрации громадных масс рассеянного рудного вещества в крупных блоках фундамента, которая влияет на металлогеническую специализацию щита в последующие эпохи.

4. Для Алданского щита характерен коровый тип геохимических ассоциаций рудных элементов (железо, медь, золото, редкие металлы), обусловленный преимущественной локализацией рудообразующих процессов в пределах гранитно-метаморфического слоя как в докембрии — при формировании супракrustальных толщ, так и в активизационные периоды — при трансформации отдельных блоков этого слоя. Рудная ассоциация, связанная с базальтовой оболочкой, ограничена никелем и хромом в связи с офиолитовой формацией архея. Типичными для Алданского щита являются меднорудная формация в песчаниках и алевролитах, а также железорудная в магнетитовых кварцитах и скарнидах. Весьма полно проявлены процессы активизации, ведущие к появлению гидротермальных месторождений золота и флюорита в купольно-блочных поднятиях и каменного угля в континентальных впадинах.

5. Закономерности размещения полезных ископаемых на Алданском щите определяются факторами структурного, геохимического и стратиграфо-литологического контроля. Ведущими структурными обстановками для эндогенных месторождений являются системы межблоко-

ковых глубинных разломов и внутриблоковых разломов в эпохи тектоно-магматической активизации. Экзогенные типы оруденения преимущественно связаны с наложенным структурами типа приразломных прогибов, грабен-синеклиз и континентальных впадин.

6. Алданский щит является важной металлогенической провинцией Советского Союза, значение которой резко возрастает в связи с освоением территории вдоль трассы БАМа. Кроме полезных ископаемых, промышленный потенциал которых уже определен (железо, медь, золото, редкие металлы, каменный уголь, флогопит и др.), в пределах щита прогнозируются новые формационные типы месторождений золота и молибдена для протерозойских эпох, полиметаллическое стратиформное оруденение позднего протерозоя и раннего палеозоя на прилегающих к щиту платформенных склонах, а также разновозрастные редкометальные комплексы.

М. З. Глуховский, В. С. Коген, В. М. Моралев,
Б. Е. Рунов, А. Л. Ставцев
(Объединение «Аэрогеология»)

К ПРОБЛЕМЕ МЕТАЛЛОГЕНИИ ТРОГОВОГО КОМПЛЕКСА АЛДАНСКОГО ЩИТА И ЕГО ОБРАМЛЕНИЯ

1. В пределах Алданского щита и Становой области в последние годы выявлены многочисленные шовные прогибы (троги), выполненные метаморфизованными вулканогенно-осадочными отложениями (троговый комплекс, янканская, чульманская, джелтулакская, усть-глийская серии, унгринский, сахоборский, субганский комплексы). Шовные прогибы приурочены к сложной ортогональной системе глубинных разломов, разделяющих блоки архейских кристаллических пород. На западе и востоке Алданского щита они ориентированы в субмеридиональном, а на юге щита и в Становой области — в субширотном направлении.

2. Образования трогового комплекса представлены в основном вулканитами, слагающими нижние части разреза, а также терригенно-вулканогенными и вулканогенно-карбонатными отложениями, тяготеющими к верхам. Вместе с тем отмечается индивидуальность разрезов отдельных трогов, указывающая на автономность их развития. Преобладание вулканитов основного состава и появление терригенных пород в верхних частях трогового комплекса характерно для Хани-Олондинского, Каларского и ряда других трогов запада Алданского щита, Тукулингрского трога на юге Становой области. Для Тунгурчинского (запад щита) и Тыркандинского (зона сочленения щита и Становой области) трогов наряду с основными вулканитами характерно развитие в верхах разреза карбонатных пород. В пределах Билякчанского и Таинчинского трогов (восточная окраина щита и Становой области) преобладают вулканиты основного и среднего состава при относительно широком развитии кератофиров и кварцевых порфиров и ограниченном распространении терригенных пород. Аналогичный разрез наблюдается на отдельных участках Тукулингрского и Хани-Олондинского трогов. В пределах Бурпалинского, Эвонокитского, Яргинского и некоторых других трогов на западе Алданского щита довольно широким развитием пользуются терригенные породы, которым подчинены вулканиты основного состава.

3. Образования трогового комплекса метаморфизованы преимущественно в условиях амфиболитовой фации глубинности, реже преобладает фация зеленых сланцев, характерная для трогов восточной окра-

ины Алданского щита. Вулканогенные породы превращены в амфиболи-биотитовые сланцы и гнейсы, амфиболиты, актинолитовые, слюдистые и кварцево-слюдистые сланцы, иногда с реликтами первичных структур и текстур, свойственных диабазам, кварцевым порфирам и т. д. Осадочные породы превращены в биотит-гранатовые гнейсы, дистен-ставролит-гранатовые и другие сланцы, кварциты, мраморы. Интрузивные образования, известные в пределах трогов, представлены метагаббро, гипербазитами; широко распространены палингенно-метасоматические гранитоиды. Изредка отмечаются субвулканические тела кислого и среднего состава.

4. Троги обычно имеют четкие тектонические ограничения и выклиниваются по простианию. Толщи, выполняющие троги, интенсивно дислокированы и залегают в виде чешуйчатых моноклиналей либо кильвидных простых синклиналей. В широких трогах отмечаются и более сложные складки.

5. Образования трогового комплекса перекрываются без углового несогласия нижнепротерозойскими протоплатформенными отложениями удоканской серии. Интрузии габброидов в пределах трогов пересекаются жилами пегматитов с возрастом до 2540—2510 млн. лет. Нижний возрастной предел устанавливается по наличию гальки архейских пород в базальных конгломератах трогового комплекса. Таким образом, формирование вулканогенно-осадочных толщ, по-видимому, относится к позднему архею — раннему протерозою.

6. Намечаются изменения формационного состава образований трогового комплекса в пределах Алданского щита и его обрамления с запада на восток. В этом направлении увеличивается степень дифференциации вулканогенных рядов, так что на востоке наблюдается наиболее полный дифференцированный формационный ряд — от основных метавулканитов через средние до риолит-трахитовых. В этом же направлении роль железисто-кремнистых пород, как и базитов — гипербазитов, уменьшается. Наряду с этим отмечается уменьшение степени метаморфизма пород и возрастание неоднородности в распределении метаморфических фаций.

7. К троговому комплексу и тесно связанным с ним интрузиям приурочены многочисленные месторождения магнетитовых руд (джеспилитов), проявления золота, меди, хрома, никеля, кобальта, асбеста и талька (запад Алданского щита), золота в кварцевых жилах, зонах пиритизации и в колчеданных рудах (юг и восток щита), свинца и цинка (восточная окраина щита, Становая область).

8. По формационному составу и структурным особенностям, метаморфизму и магматизму, взаимоотношениям с древними толщами и характеру дислокаций рассматриваемые образования сопоставляются с комплексами зеленокаменных поясов древних щитов Евразии, Северной Америки, Австралии и Африки. В древних шовных структурах на многих щитах известны крупнейшие месторождения золота, меди, полиметаллов, магнетита, а также хрома, никеля, кобальта.

9. Приведенные данные позволяют полагать, что троговый комплекс Алданского щита и его обрамления обладают определенным металлогеническим сходством с зеленокаменными поясами древних щитов других стран. При этом, учитывая различия в формационном составе, метаморфизме и магматизме отдельных частей рассматриваемого региона, можно ожидать увеличения значимости золотого и медно-полиметаллического оруденения в направлении от западной к восточной окраине щита. В этом же направлении резко уменьшается масштабность магнетитового оруденения, а также минерализации, связанной с базитами-гипербазитами (хром, никель, медь, асбест, тальк).

А. Ф. Петров

(Ин-т геол. Якутского фил. СО АН СССР)

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛДАНСКОГО ЩИТА

1. На западе Алданского щита (Олекмо-Чарское междуречье) выделяются три структурно-вещественных комплекса: нижний — кристаллический фундамент, средний — орогенный комплекс и верхний — платформенный чехол.

2. В строении нижнего структурно-вещественного комплекса выделяются: структурный этаж основания — Чарский, Иманграканский и Оломокитский блоки, сложенные курультинской серией, главный протогеосинклинальный структурный этаж (олекминская и верхи чарской серии) иprotoорогенный (по терминологии К. В. Боголепова) структурный этаж — борсалинская серия.

Отложения protoорогенного этажа выделяются в базальто-терригенную формацию с подформацией железистых кварцитов. С protoорогенным этапом развития связывается образование амуннактинского комплекса габбро, габбро-диоритов, диоритов, гранодиоритов (габро-диорит-гранодиоритовая формация) и токкинского комплекса гранитоидов (гнейсо-гранитовая формация). Наиболее древний возраст габброидов, определенный калий-агроновым методом по слюдам, 3150 млн. лет (материалы В. В. Ляхницкого), гранитоидов — 2935—3100 млн. лет.

Отложения протогеосинклинали образуют обширные выходы и смыты в систему субмеридиональных и северо-западных антиклиниориев и синклиниориев, осложненных серией антиклинальных и синклинальных складок. На отдельных участках образуются крупные купола.

Отложения protoорогенного этажа формировались в приразломных прогибах типа межгорных впадин, смыты в линейные узкие и брахиформные складки.

Для вышеописанных отложений характерен метаморфизм от гранулитовой до эпидот-амфиболитовой фации, проходивший в глубинных условиях.

Средний структурно-вещественный комплекс объединяет дейтероорогенные (по терминологии К. В. Боголепова) образования нижнего и среднего протерозоя. В его строении выделяются два структурных этажа.

Нижний дейтероорогенный этаж раннего протерозоя включает отложения, выполняющие приразломные, шовные межгорные прогибы, — олондинская, субганская, тунгурчинская, тасмиэлинская и другие толщи. Выделяются два структурных подэтажа — олондинский и тасмиэлинский. Слагающие их отложения объединяются в две формации: нижнюю, терригенно-трахиандезитовую (олондинская, субганская и другие серии) и верхнюю, терригенную верхнемолассовую (тасмиэлинская, тарагайская, яргинская серии). С этим этапом связано образование тепраканского комплекса габбро, габбро-норитов, гипербазитов, андезитов и липаритов (андезитовая формация), Каларского массива анортозитов (анортозитовая формация) и чарнокитов, двуслюдянных, гранат-мусковитовых турмалинсодержащих гранитов (гранитоидная формация). Возраст некоторых тел габброидов 2070 и 2450 млн. лет, анортозитов — 1800—1960 млн. лет, гранитов — 2540 млн. лет.

Отложения смыты либо в брахиформные складки (тасмиэлинская серия), либо образуют чешуйчатые моноклинали (олондинская серия).

Верхний дейтероорогенный нижне-среднепротерозойский структурный этаж объединяет отложения удоканской и угуйской серий, вы-

полняющих Удоканский прогиб, Угуйскую, Олдонгинскую и Ханинскую грабен-синклинали.

Отложения нижнепротерозойского Удоканского подэтажа (кодарская и чинейская подсерии удоканской серии, чарапаканская, намсалинская и ханинская свиты угуйской серии) объединяются в карбонатно-терригенную шлировую формацию, с незначительным количеством базальтов и андезитов в основании разреза.

С этим этапом связывается формирование чинейского комплекса габбро, габбро-норитов, габбро-диоритов, диоритов, гипербазитов и аортозитов (габбро-аортозитовая формация) и куандинского комплекса гранитоидов (мигматит-гранитовая формация). Возраст гранитоидов 1800—2400 млн. лет.

Среднепротерозойский кебектинский подэтаж (кеменская подсерия удоканской серии, кебектинская (станахская) свита патомской серии) залегает с угловым несогласием на нижнем. В основании разреза терригенной верхнемолассовой формации этого подэтажа отмечены про слой кислых эфузивов небольшой мощности. С этим этапом связывается образование чуйско-кодарского комплекса гранитов (гранитоидная формация). Возраст гранитов 1550—1950 млн. лет.

Отложения верхнего этажа смяты в простые брахиформные складки.

Между вышеописанными этажами и подэтажами повсеместно наблюдаются резкие перерывы и угловые несогласия.

Метаморфизм пород этого структурно-вещественного комплекса малоглубинный, от амфиболитовой фации до стадии эпигенеза.

3. Верхний структурно-вещественный комплекс (платформенный чехол) слагают отложения верхнепротерозойского и палеозойского возраста, образующие терригенную (ничатская и кумахулахская свиты), терригенно-карбонатную (ималыкская, токкинская и торгинская свиты) и карбонатную (юдомская, пестроцветная и другие свиты) формации. Две нижние формации имеют в строении черты орогенных и платформенных образований и занимают как бы промежуточное положение между орогенным комплексом и платформенным чехлом. С этим этапом связывается образование габбро-диабазовой, гранитной, диабазовой формаций и формации щелочных гранитов.

4. Как показало изучение распределения месторождений и проявлений полезных ископаемых, большинство их связано с орогенными образованиями или сформировалось в орогенный этап развития.

Так, с верхнеархейскимиprotoорогенными образованиями связано большинство месторождений железных руд, проявления никеля, кобальта, хрома, мусковита, золота, талька и т. д. С дейтероорогенными протерозойскими образованиями связаны месторождения меди, титаномагнетитовых руд, мусковита, проявления минерализации ниobia, tantalа, редких земель, циркония, иттрия, золота, рубидия, цезия и т. д. С платформенными образованиями связаны проявления серы, битумов, молибдена и т. д.

Ф. Л. Смирнов
(Ин-т геол. Якутского фил. СО АН СССР)

МЕСТОРОЖДЕНИЯ И РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АПАТИТА В ДОКЕМБРИЙСКИХ КОМПЛЕКСАХ АЛДАНСКОГО ЩИТА

1. Выявленные за последние годы на Алданском щите метаморфогенные месторождения и рудопроявления апатита приурочены к древним архейским отложениям федоровской свиты иенгрской серии, изме-

ненным в условиях амфиболитовой и гранулитовой метаморфических фаций, и к архейским гранитоидам.

Выделяются три подтипа апатитовых месторождений и рудопроявлений.

К первому подтипу относятся месторождения, подчиненные древним (раннедокембрийским) толщам доломитовых мраморов — метаморфические с метасоматическим способом отложения рудного вещества (Селигдарское, Учурское и др.).

Во второй подтипе входят гидротермальные регенерированные апатитопроявления, заключенные в архейских гранитах (Нирянджа).

Третий подтипа включает регионально- и контактово-метаморфизованные апатитопроявления среди диопсидовых пород, вмещающих флогопитовые месторождения (подтипа Слюдянки).

Наибольшее практическое значение имеют апатитовые месторождения и проявления первого подтипа. Они известны на водоразделах ручьев Нирянджа — Нирянджакан, Большой Нимныр, р. Селигдар — руч. Тигровый, руч. Травный — Турукан и в других местах. Вмещающими породами в большинстве случаев являются основные кристаллические сланцы и кальцифиры федоровской свиты архея, в которых локализуются также основные флогопитовые месторождения Алдана. По особенностям геологического строения эти месторождения и проявления имеют много общих черт с месторождениями, известными в КНДР (Енью, Синпхун, Сеечен); КНР (Чинпингшан); Канаде (провинции Квебек и Онтарио).

Д. П. Сердюченко считает, что апатитовая минерализация, широко распространенная в породах алданского архея, имеет первично-осадочный метаморфический генезис.

С другой стороны, характеризуя апатит-флогопитовые проявления в бассейне р. Учур и Сеечен (Сино-Корейский щит), А. А. Маракушев отмечает значительную роль в формировании подобных месторождений процессов метасоматоза и возможность связи их с гранитоидным и гранатосениитовым магматизмом.

Подобная противоречивость в представлениях о генезисе характерна для наиболее крупного Селигдарского месторождения апатита и ряда апатитопроявлений Центрального Алдана.

Наблюдающийся литологический и стратиграфический контроль апатитового оруденения, выраженный в четкой его приуроченности к карбонатным породам и мраморам федоровской свиты иенгрской серии архея, и в то же время наложенный, струйчатый, приуроченный к ослабленным зонам характер распределения апатита в карбонатной толще свидетельствуют о весьма сложной природе апатитового оруденения.

2. Изучение контактных взаимоотношений пород рудного комплекса с перекрывающими кембрийскими отложениями показало, что наряду с обломочным апатитом, встреченным в базальных конгломератах надрудной толщи, в кембрийских песчаниках и доломитах наблюдаются включения апатита, взаимоотношения которого с породой позволяют рассматривать его как результат импрегнации апатита во вмещающие породы. Последнее указывает, что наряду с докембрийским апатитовым оруденением, которое подчиняется литологическому и стратиграфическому контролю, на месторождениях присутствует и более поздний апатит, по-видимому, гидротермально-метасоматического генезиса. Возраст апатитового оруденения в центральной части Алданского щита по данным определения абсолютного возраста, а также по соотношениям с породами платформенного чехла и дайками секущих протерозойских диабазов устанавливается как протерозойский (1300—

1600 млн. лет). Особенности геологического строения Алданского щита, четкий стратиграфический и литологический контроль апатитового оруднения, выраженный в приуроченности основной массы апатита к доломитовым мраморам федоровской свиты иенгрской серии архея, широкое площадное распространение пород федоровской свиты на Алданском щите существенно облегчают задачу прогнозирования и поисков апатитовых руд, позволяя рассчитывать на выявление новых промышленных скоплений апатита в этом районе.

*В. А. Кудрявцев, И. М. Симанович, Б. Р. Шпунт,
Б. Р. Забуга, В. А. Кудрявцева
(Якутское ГУ, Ин-т геол. Якутского фил.
АН СССР)*

ПРОБЛЕМА ДОКЕМБРИЙСКОГО ЗОЛОТА ЯКУТИИ

1. Интерес к проблеме докембрийского золота обусловлен определенным сходством докембра Якутии с докембriем Канадского щита и юга Африканской платформы.

2. Наиболее полно исследованы метаморфизованные обломочные породы, железистые кварциты и эфузивы среднего докембра западной части Алданского щита, в которых установлены проявления полигенетического золотого оруднения. Доказано существование золота кластогенного, хемогенно-осадочного и метаморфогенного типов, а также эндогенной и гипергенной золоторудной минерализации в зонах разломов.

3. На северо-востоке Сибирской платформы, в районе блоковых выступов фундамента Уджинского прогиба, на небольшой глубине от современной эрозионной поверхности, по-видимому, залегает протерозойская толща, содержащая золото. Этот вывод подтверждается находками золотосодержащих образцов метаосадочных пород, морфологическими особенностями и химизмом золотин, а также составом минералов — спутников золота во вторичных ореолах рассеяния среди раннечетвертичных покровных песков, галечников и в современном аллювии.

4. Вторичные ореолы рассеяния золота, связанные с размывом докембрийских металлоносных песчаников, наблюдаются в районе палеоВилюйского авлакогена (Вилюйская синеклиза). В сводовых частях Сунтарского и Якутского блоковых поднятий установлены повышенные концентрации золота своеобразного облика, аналогичного уджинскому. Состав грубообломочного материала и аксессориев базальных горизонтов верхнего палеозоя и мезозоя Вилюйской синеклизы на участках, обогащенных золотом, свидетельствует о размыве протерозойских отложений выступов фундамента Сибирской платформы.

5. При изучении охарактеризованных проявлений золота метаморфогенно-осадочного типа получены данные в пользу гипотезы о его перераспределении при метаморфизме. Предполагаются значительные масштабы миграции первично-седиментогенного золота внутри мощных терригенных толщ, а также привнос металла из зоны более высокого метаморфизма.

6. Выработан следующий ряд эмпирических критериев поисков руд золота метаморфогенно-осадочного типа: а) среднедокембрыйский возраст отложений; б) локализация грубообломочных толщ докембра в областях сочленения древних кратонов и парагеосинклинальных прогибов, где существовала благоприятная палеогеографическая обстановка для формирования россыпей и хемогенной садки металла (дель-

товые и прибрежно-морские фации), а также для последующего метаморфизма толщ; в) наличие источников золота в близких областях сноса и в толщах, подстилающих продуктивную; г) существенно кварцевый состав продуктивной терригенной толщи, свидетельствующий о высокой зрелости кор выветривания, развитых на породах областей сноса; д) зональный метаморфизм, обусловивший перераспределение золота и его концентрацию в локальных участках; е) связь с сульфидами.

B. C. Коген, M. Z. Глуховский
(Объединение «Аэрогеология»)

К ВОПРОСУ О РУДОНОСНОСТИ ДИАФТОРИТОВ СТАНОВОГО ХРЕБТА

1. В области Станового хребта вдоль разломов древнего заложения широко распространены диафториты — рассланцованные и регressive метаморфизованные архейские кристаллические породы. Преобладают образования амфиболитовой и зеленосланцевой фаций глубинности, из которых первая связана с процессами раннепротерозойского тектогенеза и гранитизации, а вторая — также и с наложением мезозойских гидротермальных растворов.

Пиритсодержащие диафториты с линзовидными прожилками кварца нередко являются слабозолотоносными. Вопрос о возрасте золотой минерализации в диафторитах остается дискуссионным. Авторы, вслед за Д. С. Коржинским, полагают, что помимо наложенного мезозойского оруденения в области Станового хребта, несомненно, имеются многочисленные проявления древних золотоносных диафторитов. А. И. Перелыгина, В. Г. Ветлужских и другие исследователи считают золоторудные проявления в диафторитах мезозойскими.

Изучение диафторитов в зоне сочленения Становой области с Алданским щитом позволило собрать дополнительный материал, подтверждающий первую точку зрения. В бассейне р. Нижняя Джелинда вдоль крупного субмеридионального разлома архейские кристаллические породы превращены в кварц-олигоклаз-эпидот-актинолитовые гнейсы, эпидот-актинолитовые сланцы. В них обнаружены золото (0,1—2 г/т), вольфрам (0,005—0,3%), свинец и медь (0,01%). В протолочках встречаются пирит, шеелит, реже вольфрамит, самородное золото, сульфиды свинца, меди и цинка. Аналогичная минерализация отмечается в пластиах мраморов и в линзовидных прожилках стекловатого массивного кварца, содержащего примесь полевых шпатов, эпидота, актинолита, хлорита, карбоната и мусковита. Околоэильные изменения не отмечаются. В локально развитых на этом участке кварц-сернистовых сланцах также установлено золото (0,1—0,5 г/т) и вольфрам (до 0,01%).

К северному окончанию разлома, контролирующему эти проявления, приурочены золото-кварцевые жилы, ассоциирующие с мезозойскими дайками диабазов. В отличие от древних прожилков, они сложены друзовидным молочно-белым кварцем с примесью карбоната и серниста, содержат гнезда пирита, пирротина, халькопирита и галенита, вкрапленность самородного золота, теллуридов свинца, серебра, золота и висмута. Жилы сопровождаются зонами интенсивного гидротермального изменения, в результате которого диафторированные сланцы и древние гранитоиды превращены в березиты (ассоциация кварца, доломита, серниста, альбита и пирита).

2. Аналогичные по морфологии, текстурно-структурным и минералогическим особенностям древние кварцевые прожилки установлены в бассейне р. Алгома среди регressive метаморфизованных архейских

пород (на этом участке также имеются мезозойские жилы, сходные с вышеописанными). Следует подчеркнуть, что в пределах нижнепротерозойских габбро-амфиболитов, клиноцизит-слюдистых сланцев, развитых здесь в пределах древней шовной структуры, установлены многочисленные линзовидные кварцевые прожилки стекловидного массивного кварца с редкой вкрапленностью сульфидов (содержания золота до 1 г/т).

3. В бассейне рек Гонам и Сутам помимо проявлений, охарактеризованных выше, в зонах диафтореза установлены пиритсодержащие рассланцованные кварциты, в которых анализами обнаружено золото в количестве до 1—3 г/т.

4. В пределах Станового хребта и по его периферии галька стекловатого, иногда золотоносного (до 1—2 г/т) кварца и пиритсодержащих диафторированных пород спорадически фиксируется в конгломератах нижнего протерозоя (р. Мая), среднего и верхнего протерозоя (верховья р. Учур), юры и мела (бассейны рек Сутам, Гонам, Брянта и др.).

5. Приведенные данные свидетельствуют о широком развитии древней золотоносности в области Станового хребта. Многочисленные зоны диафтореза, известные в бассейнах рек Тимптон, Сутам, Алгома, Идюм и др., изучены еще недостаточно. Вследствие значительных размеров эти зоны могут представить интерес в отношении золота, а также вольфрама и других редких элементов. По-видимому, наиболее интересны зоны диафторированных архейских пород в бортах позднеархейских — раннепротерозойских шовных прогибов (трогов), где, как и в самих прогибах, наиболее распространены кварцевые жилы и зоны сульфидной минерализации.

А. В. Сочава (ИГГД АН СССР)

ПРОЦЕССЫ ЭКЗОДИАГЕНЕЗА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УДОКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИСТЫХ ПЕСЧАНИКОВ

1. Удоканскоое месторождение медистых песчаников, одно из крупнейших в СССР, интенсивно исследуется на протяжении последних двух десятилетий. Результаты этих исследований и их интерпретация, наряду с данными о близком по генезису Джезказганском месторождении, составляют основу представлений о строении и происхождении медных месторождений данного типа.

2. Изучение текстур и анализ особенностей ритмичности отложений удоканской серии позволили нам прийти к выводу о континентальном (аллювиальном) генезисе рудоносных читкандинской, сакуканской и намингинской свит, вопреки широко распространенной точке зрения о прибрежно-морском, лагунном и дельтовом происхождении этих отложений (так же как и рудоносных толщ джезказганской свиты). При этом в отношении Джезказганского месторождения отдельными исследователями приводились доводы в пользу исключительно континентального происхождения вмещающих толщ, что представляется нам не лишенным основания.

3. Состав и текстуры пород сакуканской свиты в районе месторождения Удокан позволяют говорить о ее значительном сходстве с фанерозойскими формациями карбонатных красноцветов аллювиального генезиса. Ритмы (циклотемы), слагающие рудоносный горизонт, по своим основным признакам идентичны циклотемам фанерозойских аллювиальных отложений. Их составляют следующие элементы: 1) кососло-

истые карбонатные песчаники и внутриформационные брекчи аргиллитовых обломков с поверхностями размыва в основании — русловые отложения; 2) косослоистые среднезернистые и мелкозернистые песчаники, характерным признаком которых является наклонная слоистость (обычно описывается как очень крупная косая слоистость) — отложения прирусовой отмели; 3) мелкозернистые песчаники, алевролиты и аргиллиты с мелкомасштабной косой, косоволнистой или горизонтальной слоистостью и многочисленными трещинами усыхания — пойменные отложения. Наиболее богатые скопления сульфидов характерны для первого и третьего элементов циклотемы.

4. При аридном и semiаридном климате в континентальных отложениях высокую интенсивность приобретает аутигенное минералообразование, вызванное приповерхностным экзодиагенетическим эпигенезом. Образующиеся в результате этого процесса карбонатные коры вместе с продуктами их разрушения и переотложения составляют основную часть карбонатного материала аллювиальных красноцветных формаций. В медистых песчаниках Удоканского месторождения (как и в других месторождениях этого типа) медной минерализации обычно сопутствует обогащение терригенных пород карбонатами, а распределение медного оруденения по ритмам повторяет общую картину распределения карбонатного материала. Столь крупное скопление аутигенных минералов в грубообломочных аллювиальных толщах, как в Удоканском месторождении, по-видимому, может быть связано лишь с инфильтрационно-эпигенетическими процессами — основным фактором аутигенного минералообразования в карбонатных красноцветах. Возможность миграции растворенных соединений меди в содовых подземных водах, характерных для районов накопления красноцветов, показана А. И. Перельманом. В инфильтрационно-эпигенетической гипотезе данного автора, предполагающей образование медного оруденения при глубинном эпигенезе, не находят объяснение многочисленные следы механического переотложения рудного материала. Принимая эту гипотезу в общих чертах, мы находим возможным допустить, что восстановительный сероводородный барьер располагался не ниже зоны развития кислородных содовых подземных вод, как это предполагает А. И. Перельман, а над ней в приповерхностных условиях и определялся развитием почвенной и озерно-болотной органики. Сходное вертикальное расположение геохимических зон и ведущая роль подземных вод как транспортирующего агента постулируются А. М. Лурье в гипотезе образования медистых сланцев мансфельдского типа.

5. Большое влияние на окончательное распределение медного оруденения в Удоканском месторождении оказали процессы размыва и механического переотложения осадочного материала, столь широко распространенные при аллювиальном осадконакоплении. Свидетельства этого процесса — соотношение сульфидного оруденения с текстурами вмещающих пород, лентообразная форма некоторых рудных тел и др. Механическое переотложение определяло дополнительное обогащение рудного материала.

Б. В. Ермаков, В. Т. Свириденко, В. С. Чечеткин
(Читинское ГУ, ВСЕГЕИ)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ НИЖНПРОТЕРОЗОЙСКИХ ПРОТОПЛАТФОРМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДА АЛДАНСКОГО ЩИТА

Пестроцветная протоплатформенная формация западной части Алданского щита (удоканская серия) характеризуется отчетливой метал-

логенической специализацией, сходной со специализацией аналогичных образований Гурона (Канада), Витватерсранда (Африка) и других районов.

Наиболее четко эта формация специализирована на медь, значительные концентрации которой, кроме известных месторождений в верхней кеменской подсерии, установлены и на других ее стратиграфических уровнях.

Выявлена также полиметаллическая (Сюльбанский и Икабья-Читкандинский районы), золотая, железорудная (Намингинский и Сюльбанский районы) и редкометальная специализация формации.

В совокупности данная информация может быть прямо использована при металлогеническом анализе и прогнозной оценке западной части Алданского щита.

Э. Ф. Гrintаль (Читинское ТГУ)

О ФОРМАЦИОННОМ ПОЛОЖЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ УДОКАНСКОЙ СЕРИИ НИЖНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ

Формационный анализ показывает, что осадочные меденосные формации могут быть подразделены на сероцветные формации внешних поясов геосинклиналей и пестроцветные формации прогибов платформ. Рудные тела сероцветной формации, в отличие от рудных тел пестроцветной, которые имеют обычно значительную протяженность при небольшой мощности, различны по размерам и по мощности. Характерно фациальная изменчивость отложений по латерали, влекущая за собой значительные колебания мощности меденосных горизонтов и рудных залежей. Месторождения пестроцветных формаций имеют однообразный состав оруденелых пород (медиевые сланцы, медиевые песчаники), тогда как месторождения сероцветных формаций очень трудно характеризовать литологически однозначно. Удоканско месторождение является превосходным примером месторождений сероцветной формации, для которых при поисковых работах большое значение имеет анализ литолого-фациальных особенностей отложений.

М. И. Рабкин, А. Н. Вишневский
(Севморгео)

СТРОЕНИЕ АНАБАРСКОГО ЩИТА И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ЕГО БЛОКОВ

1. По тектоническому развитию и характеру метаморфизма Анабарский щит рассматривается как гетерогенное сооружение, консолидация которого завершилась на границе раннего и среднего протерозоя. Преобладают породы гранулитовой фации метаморфизма, относящиеся к трем сериям (снизу вверх): далдынской, верхнеанабарской и хапчанская. Нижняя серия состоит из двупироксеновых плагиогнейсов и кристаллических сланцев с горизонтами кварцитов и прослойями высокоглиноземистых пород. В составе верхнеанабарской серии преобладают двупироксеновые плагиогнейсы. Хапчанская серия сложена двупироксеновыми либо только салитовыми плагиогнейсами, а также гранатовыми и гранат-гиперстеновыми гнейсами; маркирующее значение имеют пачки салит-скаполитовых пород, кальцифиров и мраморов. Возраст гранулитовой толщи верхнеархейский (2300—3000 млн. лет). Все серии залегают между собой согласно и интенсивно дислоцированы в северо-западном направлении.

В пределах щита установлены зоны тектонической активизации (дробления и смятия), разделяющие щит на крупные блоки. Эти зоны претерпели повторный метаморфизм в условиях амфиболитовой фации, в результате чего гранулитовые породы превратились в биотитовые, биотит-амфиболовые и амфиболовые гнейсы, амфиболиты; лишь местами сохранились реликты пироксенов и прослои пироксеновых плагиогнейсов. Возраст периода активизации раннепротерозойский.

Магматические и ультраметаморфические образования связаны с двумя тектоно-магматическими циклами. К позднеархейскому циклу относятся маломощные межплаковые интрузии перidotитов и пироксенитов, а также анатектические гиперстеновые плагиограниты (эндербиты) и граниты (чарнокиты), ассоциирующие с вмещающими их пироксеновыми гнейсами. К образованиям раннепротерозойского многоэтапного цикла относятся последовательно: порфиробластические биотит-роговообманковые гранитоиды, расслоенные аортозитовые массивы и, наконец, жильные биотитовые и двуслюдянные граниты и пегматиты, сущущие аортозиты.

2. В центральной части щита, где распространены породы далдынской серии, встречаются критические минеральные ассоциации гранат-кордиерит-гиперстен-кварцевого и гранат-кордиерит-гиперстен-силлиманит-сапфирового составов с железистостью граната 41—50% в первой ассоциации и 43—49% во второй. Здесь же присутствуют алюмогиперстен-кордиерит-сапфировые (безгранатовые) и эклогитоподобные породы. Такие минеральные парагенезисы указывают на высокие давления, порядка 10 кбар, существенно превышающие средние (умеренные) давления для гранулитовой фации. Куполовидная структура щита

со ступенчатыми сбросами к его периферии позволяет интерпретировать высокие давления как доказательство формирования низов гнейсовой толщи (далдынская серия) на очень большой глубине — порядка 30 км.

3. В зонах нижнепротерозойской активизации среди биотит-амфиболовых гнейсов встречаются прослои гранат-кордиерит-силлimanит-биотитовых гнейсов, в которых железистость граната составляет 68—72%. По этим данным и по высокой железистости граната и амфиболя в гранатовых амфиболитах можно полагать, что процессы наложенного метаморфизма амфиболитовой фации, после предварительной сильной тектонической подготовки, протекали при значительно меньших давлениях и в менее глубинных условиях, чем при формировании пород гранулитовой фации.

4. К гранулитовой толще приурочены месторождения железа и некоторых других полезных ископаемых. Самыми распространенными являются магнетитовые кристаллические сланцы, залегающие в виде малоносочных прослоев во всех сериях. Однако в центральной части щита в пределах развития далдынской серии магнетитовые сланцы слагают пачки, состоящие из нескольких (до 11) пластов мощностью десятки метров и длиной до 4 км. А в общем продуктивная толща достигает 10 км по ширине и 30 км по простиранию. В ее составе преобладают двутироксен-кварц-магнетитовые сланцы, но встречаются и другие разновидности: гиперстен-кварц-магнетитовые, кварц-магнетитовые, нередко и гранатодержащие. В рудных сланцах магнетит распределяется неравномерно, образуя линзы, прослойки или шлировые обособления. Помимо магнетита, присутствует примесь магнезита, гематита или титаномагнетита. Содержание рудных минералов в штуфных пробах составляет 30—40%, достигая иногда 60%. Весьма приближенно геологические запасы магнетитовых руд составляют около 2 млрд. т. Анабарская железорудная формация генетически относится к осадочно-метаморфическим образованиям, претерпевшим локально небольшие изменения под воздействием метасоматоза.

Среди далдынской и хапчанской серий в гиперстен-гранатовых гнейсах местами встречаются прослои, обогащенные графитом, содержание которого достигает 25%. Происхождение графитовых сланцев осадочно-метаморфическое.

В форстеритовых или в скаполит-диопсидовых кальцифирах (хапчанская серия) известны проявления флогопита, пластики которого иногда составляют 10—15% от общей массы породы.

5. С зонами развития повторного метаморфизма, которые можно сопоставлять с зонами автономной активизации по А. Д. Щеглову, связана редкометальная и золотая минерализация.

Проявление редкометальной минерализации связано с самыми молодыми в пределах щита пегматитами, чаще всего мусковитовыми. Они образуют согласные или секущие жилы. Мощность жил колеблется от 0,5 до 5 м при длине от сотен метров до 1,5 км. Преобладают крупно-кристаллические пегматиты массивной текстуры; иногда они зональные, с кварцевыми обособлениями вдоль осевой части тел. Мусковит образует гнездовые скопления, слюда обычно деформирована и имеет другие дефекты. В некоторых жилах в рассеянном виде встречены кристаллы самарсита и колумбита.

Золото в коренном виде обнаружено лишь в нескольких пунктах. Оно встречено в кварцевых жилах и в брекчированных породах в зонах милонитизации. За счет этих источников местами образуются бедные золотоносные россыпи. Обычно пластинки золота мелкие.

Следует отметить, что полезные ископаемые Анабарского щита изучены слабо и их перспективы полностью не выявлены.

A. M. Смирнов

(Дальневосточный геол. ин-т ДВНЦ
АН СССР)

НЕКОТОРЫЕ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИХООКЕАНСКОГО ДОКЕМБРИЯ

1. Минерагения докембрийских комплексов внутренних и внешних зон Тихоокеанского подвижного пояса и его платформенной рамы обладает некоторыми характерными чертами, которые, по-видимому, обусловлены двумя главными причинами.

С одной стороны, эволюция процессов формирования структур, магматизма и осадконакопления, протекавшая здесь с раннего докембра, привела не только к существенным отличиям докембрийской и фанерозойской минерализации, но и определила минерагеническую специализацию разновозрастных докембрийских комплексов. Эти (исторические) причины роднят минерализацию докембра Тихоокеанского сегмента Земли и других регионов мира.

С другой стороны, концентрически-зональное строение Тихоокеанского пояса, унаследованно развивавшегося с архея (?), вызвало и зональное распределение месторождений полезных ископаемых. Эта закономерность, установленная С. С. Смирновым для фанерозойских структур, в общем выдерживается и по отношению к структурам докембра.

2. Присутствие докембрийских комплексов в основании многих зон Тихоокеанского пояса оказывается на их минерагенических особенностях развития в фанерозое, на что указывала Е. А. Радкевич. По-видимому, уже сейчас можно говорить об известной направленности в развитии минерагении этих зон на протяжении нескольких, в частности докембрийских, этапов.

Вместе с тем выяснилось, что минерагеническая зональность Тихоокеанского пояса отличается большей сложностью, чем это предполагал С. С. Смирнов, и в его схему были внесены значительные коррективы. Сейчас едва ли можно говорить о полностью салическом профиле внешних и фемическом — внутренних зон пояса. Такое значительное усложнение, возможно, связано с горизонтальными перемещениями, в результате которых сиалические блоки, отторженцы внешних зон пояса, частично сложенные докембriем, могли оказаться в пределах внутренних зон. Известную роль, очевидно, играет и раздробление сиалических глыб на блоки, разделенные симатическими «швами».

3. Подобные явления затрудняют восстановление первичной минерагенической зональности докембра. Осложняют картину также позднейшие магматические и метаморфические процессы, с которыми связана наложенная минерализация, затушевывающая минерагенические черты, свойственные различным подразделениям докембра.

Тем не менее уже сейчас для докембрия Тихоокеанского сегмента Земли удается выделить пять главных минерагенических эпох и наметить некоторые закономерности пространственного размещения полезных ископаемых.

4. Катархейский базитовый комплекс с возрастом 3,5—4,0 млрд. лет (низы зверевского комплекса и серии Иль-де-Кайенн) отличается весьма слабой структурной дифференцированностью, возможно, подстилает все более молодые образования и материков и океана, входя в состав «базальтового» слоя. Катархейская минерагеническая эпоха отличалась условиями, неблагоприятными для накопления значительных концентраций полезных компонентов. Судя по развитию почти исключительно ультраосновного и основного магматизма, в это время были возможны накопления преимущественно халькофильных и сидерофильных элементов.

5. На раннеархейском этапе по периферии современного Тихого океана сформировалась прерывистая цепь крупных гранито-гнейсовых глыб, что, возможно, предопределило будущую кольцевую структуру Тихоокеанского пояса. В раннеархейскую минерагеническую эпоху в пределах Тихоокеанского сегмента Земли образовались концентрации тех же эндогенных и экзогенных минералов, которые свойственны нижнему архею и других регионов (магнетит, людвигит, силлimanит, графит, а также пирротин, ильменит, хромит и т. д.). Они приурочены преимущественно к платформам, но встречаются и в срединных массивах внешних зон Тихоокеанского пояса.

6. В позднем архее по периферии раннеархейского сиалического обрамления Тихого океана кое-где заложились первые краевые эзогеосинклинали, которые, возможно, явились фрагментами будущего Тихоокеанского пояса. Одновременно внутри раннеархейских глыб возникли внутренние эзогеосинклинали (Йеллоунайф) и своеобразные внутрикратонные прогибы (Аньшань). С этими разнородными структурами связана несколько различная минерализация: в краевых эзогеосинклиналях — золото, мусковит, высокоглиноземистые минералы, никель; во внутренних эзогеосинклиналях — золото, железо, марганец, хром, медно-никелевые руды и т. д.

7. В среднем докембрии (ранний — средний протерозой) возникли уже значительные участки (краевые протогеосинклинали) Тихоокеанского кольца. На платформах в это время развивались вторичные подвижные прогибы, частично геосинклинального типа, а местами (серия Порайма) накапливались осадки чехла. Минерагеническая специализация среднедокембрейских структур весьма значительна: во внутриплатформенных прогибах формировались месторождения железа, марганца, фосфора, меди, магнезитов; с габброидными интрузиями были связаны крупные концентрации ильменита, титаномагнетита, а со щелочными породами, впервые появившимися в среднем докембрии, — редкоземельные и другие полезные компоненты. К гранитным пегматитам краевых протогеосинклиналей приурочены месторождения олова и других элементов, характерных уже для фанерозойских образований Тихоокеанского пояса.

8. В позднем докембрии, возможно, полностью сформировалась кольцевая структура Тихоокеанского пояса, и позднедокембрейская минерализация имела много общего с фанерозойской: формировались месторождения меди, свинца и цинка, олова и т. д. Архаическими чертами этой эпохи было развитие осадочных и вулканогенно-осадочных месторождений железа (джеспилитов), марганца и фосфора, нехарактерных для фанерозойской минерагении Тихоокеанского сегмента Земли.

9. В целом, для докембрийских минерагенических эпох характерна постепенная смена концентраций сидерофильных и халькофильных элементов литофильными, что, очевидно, связано с разрастанием коры континентального типа по периферии Тихого океана.

Е. П. Леликов

(Тихоокеанский океанологич. ин-т ДВНЦ
АН СССР)

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ПОЗДНЕПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГРАНИТОВ ХАНКАЙСКОГО МАССИВА ПРИМОРЬЯ

Палингенные граниты позднепротерозойского комплекса (500—735 млн. лет) Приморья характеризуются металлогенической специализацией на олово, тантал и ниобий. Внешним фактором их геохимической специализации является повышенная металлоносность докембрийских толщ, служащих субстратом для формирования палингенных очагов магмообразования. Локальное обогащение рудными компонентами отмечается в апикальных частях гранитных массивов, что связано с автометасоматической переработкой последних кислотными растворами, привносившими олово, тантал и ниобий из центральных частей массивов.

Ф. Ф. Вельдяков, М. Л. Гельман, В. Г. Корольков,
А. П. Фадеев, В. М. Шевченко
(Северо-Восточное ТГУ)

ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ДОКЕМБРИЯ СЕВЕРО-ВОСТОКА СССР

1. На Северо-Востоке СССР выходы докембрия занимают немногим более 1% площади и сосредоточены в срединных массивах, разделяющих системы мезозоид, реже в поднятиях их фундамента. Предполагается, что аналогичные обнаженным докембрийские образования повсеместно (или почти повсеместно) составляют фундамент мезозоид. Геология и металлогения докембрия Северо-Востока изучены плохо.

2. Среди докембрийских образований различаются: а) полиметаморфические кристаллические комплексы гранулитовой и амфиболитовой фаций с реликтами эклогитов и аортозитов (архей?), которые имеют основное значение в строении основания Омолонского и Охотского массивов и Тайгоносского поднятия; б) кристаллические комплексы амфиболитовой фации с признаками первичного слоистого строения (нижний и средний протерозой?); эти комплексы не отделяются пока от архея и распространены, вероятно, очень ограниченно в пределах Охотского и Омолонского массивов; в) существенно карбонатные кристаллические толщи Восточно-Чукотского массива (протерозой); г) обычно неметаморфизованные терригенно-карбонатные толщи, изредка базальты, охарактеризованные остатками водорослей (верхний протерозой).

3. В связи с ярко проявленной металлогенией золота в мезозоидах Северо-Востока и открытием нескольких эпох золотой минерализации неоднократно высказывалась мысль о возможности обнаружения месторождений золота в докембрийских толщах. Предполагалось, что по богатству докембрийским золотом Северо-Восток не должен существенно отличаться от важнейших золотоносных провинций мира. Однако

дальнейшее изучение показало, что метаморфические породы, вмещающие источники некоторых россыпей золота на Омоловском массиве, Тайгоноцком и Приколымском поднятиях, имеют не дорифейский, а фанерозойский возраст. Остаются лишь косвенные свидетельства дорифейской золотоносности — единичные значки в рифейских грубообломочных отложениях, слабая золотоносность железистых кварцитов. Тем не менее в качестве золотоносных должны привлечь внимание кристаллические толщи нижнего и среднего протерозоя (?).

4. Месторождения железа — наиболее значимые в характеристике докембрийской металлогении Северо-Востока. С древнейшими кристаллическими комплексами связаны железистые кварциты, обнаруженные на Омоловском и Охотском массивах. Прогнозные запасы руды в Верхнеомоловском месторождении близки к 1 млрд. т, а в Южно-Омоловском узле в целом превосходят 1,5 млрд. т. Руды представляют собой метасоматические образования, развивающиеся по амфиболитам. С их размывом связано накопление в рифейских отложениях слоев циркон-мартитовых песчаников, представляющих собой другой генетический тип железных руд (непромышленных) докембрийского возраста. Осадочное происхождение (хемогенное) имеют также рифейские руды Побединского месторождения.

5. Известное значение в металлогении докембрая имеют и другие черные металлы. На Охотском массиве обнаружены богатые марганцем эвлизы, что может указывать на наличие архейской марганцевой провинции. Во многих разновидностях кристаллических сланцев содержится аксессорный рутил, который может накапливаться в россыпях при их разрушении.

6. Пегматиты, приуроченные к архейским мигматитовым телам, содержат иногда повышенное количество редких земель, а также вкрапленность галенита, сфалерита, молибденита.

7. В метаморфических комплексах докембрая могут быть выявлены месторождения различного нерудного сырья, в частности флогопита и декоративного мрамора на Восточной Чукотке, различных кварцитов на Омоловском и Охотском массивах и т. д.

СОДЕРЖАНИЕ

Часть первая. ОБЩАЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

Т. В. Билибина, В. К. Титов, К. О. Кратц, Ю. М. Соколов, Н. П. Лаверов, В. Н. Полуэктов, К. Д. Беляев. Металлогенез докембрия и металлогенические эпохи	5
А. И. Тугаринов. Об эволюции процессов рудообразования в докембрии	8
Т. В. Билибина, В. Т. Свириденко, В. М. Терентьев, Ю. М. Шувалов, К. О. Кратц, Ю. М. Соколов, Н. П. Лаверов, В. Н. Полуэктов, Л. М. Парфенов. Металлогенические провинции и их положение в тектонике континентов	9
Я. Н. Белевцев. Основы научного прогноза рудных месторождений в до- кембрии	11
В. С. Домарев. О метаморфических рядах рудных месторождений	14
А. А. Смыслов, В. К. Титов. Геохимическое районирование щитов и пробле- ма прогнозирования месторождений	15
Р. М. Деменицкая. Генетическая классификация типов земной коры и проб- лема металлогенеза докембрия	17
И. Д. Батиева, И. В. Бельков, В. Р. Ветрин, А. Н. Виноградов, Г. В. Вино- градова, М. И. Дубровский. Сравнительная характеристика рудогенерирующих возможностей гранитоидов нижнего докембра и неогея	18
О. М. Розен. Потенциальные источники рудного вещества при метаморфизме и палингенезе: некоторые количественные оценки миграции и концентрации эле- ментов	20
Ю. М. Соколов, Г. Г. Родионов, В. А. Глебовицкий, М. Е. Салье. Минера- геническая модель пегматитообразования в докембреи	21
В. В. Жданов. Металлогенез метаморфо-метасоматических процессов в до- кембреи	24
Д. А. Михайлов. Метаморфогенно-метасоматическое рудообразование в до- кембреи	—
Г. М. Беляев, В. А. Рудник. О комплементарности рудно-метасоматических формаций докембра и их связи с процессами ультраметаморфизма (на примере Алданского щита)	26
В. И. Казанский, К. В. Прохоров. Структурный контроль щелочных мета- соматитов докембра	28
В. М. Моралев. Характерные черты металлогенеза и тектоническая природа архейских зеленокаменных поясов	29
Н. В. Горлов. О тектонической исходной установке к металлогеническим построениям в архейских гранит-зеленокаменных областях	31
И. И. Абрамович, И. Г. Клушин. О возможных причинах различной рудо- носности архейских зеленокаменных поясов	32
Д. И. Горжеевский, Г. В. Ручкин. Эволюция колчеданного и свинцово-цин- кового рудообразования в докембреи	33
В. Г. Кушев, В. Е. Руденко, Ю. Л. Руденко. Метаморфогенное полиметал- лическое месторождение в южной части Алданского щита	192

лическое оруденение и роль докембрийских образований в формировании месторождений фанерозоя	35
<i>М. В. Денисова.</i> Основные черты металлогенеза сульфидного никеля в докембрийских щитах	36
<i>К. Д. Беляев, А. В. Синицын.</i> О поисковых признаках докембрийского сульфидно-никелевого оруденения в свете современных тектонических концепций	38
<i>Г. В. Ручкин, В. Д. Конкин, Т. П. Кузнецова, Н. А. Пирижняк, Н. Е. Сергеева.</i> Региональный метаморфизм сульфидных залежей месторождений колчеданного класса	39
<i>В. К. Головенок.</i> Железистые кварциты раннего докембра и проблема их происхождения	40
<i>Н. А. Созинов.</i> Позднедокембрийская эпоха накопления осадочных сидеритов	42
<i>В. Н. Мошкин, И. Н. Дагелайская, Б. Д. Дворкина.</i> Металлогеническая специализация главнейших докембрийских аноортозитсодержащих формаций	43
<i>Ю. П. Казанский.</i> Физико-химические особенности выветривания и бокситообразования в докембре	44
<i>М. П. Метелкина, Б. И. Прокопчук, О. В. Суходольская, Е. В. Францессон.</i> Поисковые критерии алмазных месторождений, связанных с продуктивными комплексами докембра	46
<i>Н. Б. Ильгина, Г. П. Воеводова, Л. С. Плотников, В. Т. Свириденко.</i> Сравнительная металлогенеза Воронежского массива и запада Алданского щита	47
<i>Б. А. Горлицкий.</i> Металлогеническое значение распределения различных форм углерода в метаморфических породах докембра	49
<i>В. Т. Свириденко.</i> Металлогенез областей докембрийской тектономагматической активизации древних щитов и массивов	51
<i>Э. Б. Наливкина.</i> О закономерностях размещения оруденения в областях раннего докембра	52
<i>В. И. Шкурский, В. Е. Попов.</i> Некоторые аспекты золотоносности докембрейских щитов	—
<i>С. Е. Колотухина.</i> Редкометальная металлогенеза докембра континентов южного полушария	53
<i>Д. В. Полферов.</i> Особенности глобального структурного положения никеленосных регионов	—
Часть вторая. РЕГИОНАЛЬНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ	
Балтийский щит	
<i>Т. В. Билибина, Л. В. Григорьева, В. Е. Попов, Д. В. Рундквист, А. А. Смыслов, К. Д. Беляев, М. А. Корсакова, В. З. Негруца, Д. В. Полферов, Ю. И. Рабинович.</i> Металлогенез восточной части Балтийского щита	57
<i>К. О. Кратц, В. А. Глебовицкий, В. Б. Дагелайский, М. Е. Салье, Ю. М. Соколов, С. И. Турченко.</i> Металлогенез метаморфических поясов восточной части Балтийского щита	59
<i>Г. А. Поротова, О. С. Белоглазова, Р. В. Былинский, Г. А. Завинская, М. Я. Цирюльникова.</i> Геофизические методы при металлогенических построениях в докембре (на примере Балтийского щита)	61
<i>А. И. Богачев, А. И. Кайряк, В. Д. Слюсарев, С. А. Морозов, Е. М. Михайлук, В. С. Куликов.</i> Научные основы прогнозирования сульфидных медно-никелевых месторождений в Карелии	63
<i>А. П. Светов, А. И. Голубев.</i> Прогнозирование оруденения на площадях развития платформенных вулканогенных комплексов Карелии	65
<i>С. И. Турченко.</i> Металлогеническая модель сульфидного рудообразования в подвижных поясах Балтийского щита	67
<i>М. Л. Сахновский, М. Б. Рыбаков.</i> О комплексном количественном прогнозировании медно-никелевых месторождений в областях докембрийской складчатости	69

<i>К. В. Ковалева, Н. Н. Колесник, В. И. Опарин, Л. Н. Рудник.</i> Структурный контроль при метаморфогенном рудообразовании (на примере Карело-Кольского региона)	71
<i>В. И. Робонен, С. И. Рыбаков.</i> Метаморфическая регенерация колчеданных месторождений Карелии и Финляндии	73
<i>А. И. Кайряк, В. З. Негруца, Ю. К. Гуменный.</i> К проблеме золотоносности карелий	74
<i>Т. П. Жаднова, А. Д. Даин.</i> Некоторые особенности золотой минерализации докембрийских формаций Кольского полуострова	76
<i>Ж. Д. Никольская, Л. И. Гордиенко, А. М. Ларин.</i> Особенности петрологии и металлогения гранитоидных формаций Карелии	78
<i>Л. В. Григорьева, Н. Н. Колесник, Н. Ф. Шинкарев.</i> Тектономагматическая активизация на Балтийском щите, формы проявления и металлогения	79
<i>Ю. И. Рабинович, В. Е. Попов, В. З. Негруца, А. И. Кайряк, О. С. Белоглавова, А. М. Тараканков, И. П. Рачинская, Г. Д. Толстова, В. А. Коровкин.</i> Этапы эндогенного оруденения и формационная принадлежность руд золота, меди и полиметаллов восточной части Балтийского щита	81
<i>О. Н. Анищенкова, А. Н. Берковский, Д. И. Гарбар, В. Х. Петерсилье, В. А. Пуура, С. Н. Тихомиров.</i> Глубинное строение и металлогения южного и юго-восточного склонов Балтийского щита	82
<i>В. Е. Попов, Ю. И. Рабинович, А. М. Тараканков, Л. П. Харченко.</i> Глубинное строение восточной части Балтийского щита и связь с ним эндогенного оруденения	83
<i>Н. К. Булин, Л. В. Григорьева, К. В. Ковалева, Н. Н. Колесник.</i> Глубинное строение и металлогения области позднепротерозойской активизации в южной Карелии	84
<i>А. В. Савицкий, Г. О. Гукасян.</i> Об особенностях проявления типоморфной ассоциации редких металлов на Кольском полуострове	87
<i>В. П. Малышев, Г. А. Назарко.</i> Геологическое положение и характеристика железисто-кремнистых формаций восточной части Балтийского щита	—
<i>Е. Д. Чалых, Ю. И. Рабинович, Н. И. Колпаков, А. Н. Спиро.</i> Некоторые факторы контроля медно-никелевых эпигенетических руд в Печенгско-Аллареченском районе	88
<i>С. А. Сидоренко.</i> Связь сульфидоносных интрузий основного и ультраосновного состава с системой разломов, выявленных комплексом аэрометодов на западе Кольского полуострова	—
<i>С. И. Зак, А. И. Богачев, В. Д. Слюсарев, И. В. Давиденко, Л. Л. Гродницкий.</i> К проблеме структурно-металлогенического районирования Карело-Кольского региона	89
<i>Ю. Б. Богданов, А. С. Воинов.</i> Металлогенические особенности осадочных и осадочно-вулканогенных формаций раннего докембрая восточной части Балтийского щита	89
<i>В. В. Чупров.</i> Тектоническое строение и металлогения Центрально-Кольской глубинной зоны длительной активизации	90
<i>Л. П. Свириденко.</i> Геохимическая специализация главных генетических типов гранитоидов Карелии и ее металлогеническое значение	—
<i>М. И. Бураков, А. С. Воинов, Н. Н. Еляков, Ю. С. Полеховский, А. С. Сергеев, И. П. Таракасова.</i> Геохимические особенности тектонитов зон разломов восточной части Балтийского щита и их значение для металлогенического анализа	91
<i>В. В. Сиваев, В. А. Попова.</i> О структурном контроле в размещении пегматитов Юго-Западного Беломорья	—
<i>В. М. Чернов, В. Я. Горьковец.</i> Геохимические и петрохимические особенности вулканогенно-осадочных железисто-кремнистых формаций Балтийского щита	—
<i>Г. Ф. Кадыров, А. И. Кайряк, Ю. В. Александров.</i> Перспективы увеличения запасов железистых кварцитов в Западной Карелии	92

<i>А. И. Ивлиев, В. И. Пожиленко.</i> Марганцево-железистые силикатные породы в раннедокембрийских образованиях Кольского полуострова и их значение для прогнозирования месторождений железных и марганцевых руд	92
<i>М. В. Денисова.</i> Особенности металлогенеза сульфидного никеля в Кольском мегаблоке (на примере Аллареченского, Мончегорского и Печенгского рудных полей)	—
<i>В. В. Прокуряков.</i> Особенности докембрийского базит-гипербазитового магматизма Печенгско-Аллареченской никеленосной провинции (северо-запад Кольского полуострова)	93
<i>К. Д. Беляев, А. В. Синицын.</i> О закономерной зональности золоторудных формаций Балтийского щита	—
<i>В. З. Негруца, Т. Ф. Негруца.</i> Роль литогенеза в металлогенезе карелид и их формационных аналогов	94
<i>Ю. Б. Богданов, А. С. Воинов, Е. В. Леманов, Т. Ф. Негруца.</i> Блоковое строение докембрия Карелии и некоторые особенности металлогенеза	—

Украинский щит

<i>Я. Н. Белевцев, С. Т. Борисенко, Л. С. Галецкий, Г. И. Каляев, А. И. Стрыгин.</i> Металлогенеза Украинского щита	95
<i>Н. П. Щербак.</i> Эпохи рудообразования в докембрии Украинского щита	97
<i>Н. П. Семененко.</i> Типы метасоматоза Украинского щита и их металлоносность	—
<i>Я. Н. Белевцев, Ю. П. Мельник, М. А. Ярощук.</i> О возможной связи процессов образования богатых мартитовых руд Криворожья с эволюцией метаморфогенных растворов	98
<i>А. Н. Комаров.</i> Роль процессов ультраметаморфизма в формировании зон натриевого метасоматоза и их металлогенической специализации в докембрии Украинского щита	100
<i>Г. И. Князев, Л. И. Федоровская.</i> Процессы формирования докембрийских кварцево-магнетитовых метасоматитов правобережного района Кривбасса	101
<i>Г. В. Жуков, С. Т. Борисенко, А. И. Зарицкий.</i> Особенности металлогенеза и закономерности размещения месторождений в юго-восточной части Украинского щита (Приазовский блок)	103
<i>А. И. Стрыгин, А. Н. Комаров, Л. Р. Казаков, Г. Х. Димитров, В. А. Белоус.</i> Альбититы Украинского щита, их структурное положение и металлоносность	105
<i>С. В. Металиди.</i> Металлогеническая специализация докембрийских гранитов Сущано-Пержанской тектонической зоны	107
<i>А. О. Шмидт, В. К. Титов, Н. Г. Топоркова, В. Е. Бурянов.</i> Глубинное строение Украинского щита и некоторые особенности его металлогенеза	108
<i>В. Б. Соллогуб, А. В. Чекунов.</i> Глубинная структура земной коры Украинского щита	110
<i>Н. П. Семененко, В. Л. Бойко, И. Н. Бордунов.</i> Металлоносность метаморфизованных геологических формаций Украинского щита	112
<i>В. А. Стульчиков.</i> Рудные формации Украинского кристаллического щита	—
<i>А. А. Сиворонов, Г. М. Яценко.</i> Некоторые закономерности распределения полезных ископаемых в архейских формациях супракrustальных пород Украинского щита	113
<i>В. А. Решилько.</i> Некоторые особенности геологического строения, метаморфизма и рудоносности докембраия Украинского щита	—
<i>А. С. Дранник.</i> Металлогенические особенности и стратиграфическое расчленение докембраия Овручского кряжа	—
<i>Т. В. Билибина, А. Д. Дацкова, А. О. Шмидт, Г. Д. Фатеев.</i> Средне-верхне-протерозойская тектономагматическая активизация Украинского щита	114
13*	195

Русская плита

Г. И. Каляев. Структурно-исторические элементы докембрийских щитов Русской платформы и основные черты их металлогенеза	116
А. П. Никольский. Особенности оруденения в докембрею юго-запада Русской платформы и закономерности его размещения	118
А. П. Биркис, О. А. Богатиков. Металлогеническая специфика докембрийских габбро-норит-анортозитовых комплексов (на примере Украины и Западной Латвии)	120
И. В. Головин. Геофизические аномалии и металлогенические зоны докембрийских щитов и западной части Русской плиты	121
М. А. Данилов. Отражение в геофизических полях особенностей глубинного строения и металлогенеза фундамента северной окраины Русской платформы	123
В. А. Пуура, Б. А. Судов. К вопросу о зонах платформенной тектонической активизации южной части Балтийской антеклизы и их металлогенеза	125
Е. М. Крестин. Эндогенная металлогенеза докембрая КМА	128
Н. Д. Кононов. Основные закономерности локализации золота в грубообломочных породах базального горизонта пртерозоя Курской магнитной аномалии	129
Е. И. Леоненко. О геохимической специализации докембрийских гранитоидных комплексов мегаблока КМА Воронежского кристаллического массива	132
Ю. С. Бурмин, И. Н. Леоненко. Глубинное строение, структурно-фацальное районирование и металлогенез Воронежского кристаллического массива	—
В. Е. Островский. Регрессивный метаморфизм и рудообразование в докембреи Белорусского массива	133
А. С. Махнач, В. Ф. Красовский. Главнейшие черты металлогенеза кольцевых и линейно-вытянутых тектонических структур докембрая Белоруссии	135
М. Н. Давыдов, Г. Г. Домниковский, Л. И. Матрунчик, В. И. Пасюкович. Этапы тектоно-магматической активизации и особенности металлогенеза кристаллического фундамента Белоруссии	137
И. П. Бордон, З. В. Криводубская, К. И. Шитц, Н. С. Сплошнова, В. Е. Бордон. Связь рудопроявлений с исходной природой (субстратом) глубоко метаморфизованных и гранитизированных толщ докембрая Белоруссии	139

Урал

И. В. Черменинова, В. Н. Лукошков, В. Т. Гордиенко. Железисто-кремнистые формации в докембреи Урала	140
Ю. Р. Беккер. Вендинские гематитовые и шамозит-гематитовые руды в молассах Урала	141

Казахстан и Средняя Азия

А. А. Абдулин, А. Е. Бекмухаметов, А. И. Русин, Х. Г. Шангиреев, А. С. Крюков. Некоторые черты металлогенеза докембрая Казахстана	142
В. Е. Гончаренко. Металлогенез докембрая Kokчетавского массива	143
Л. Н. Белькова, В. Н. Огнев. О металлогенезе докембрая Тянь-Шаня	144
В. В. Киселев, В. Г. Королев. Основные черты металлогенеза докембрая Тянь-Шаня и смежных регионов	145
А. А. Абдулин, А. И. Русин. Некоторые закономерности образования и размещения полезных ископаемых в докембреи Мугоджар	147

Прибайкалье, Забайкалье, Байкало-Патомское нагорье, Средне-Витимское плоскогорье, Таймыр

А. Л. Додин. Основные закономерности минерагенеза байкалид Южной Сибири	148
М. П. Лобанов. Особенности тектоно-магматической эволюции краевой зоны юга Сибирской платформы в связи с рудоносностью	150
196	

<i>А. Н. Булгатов.</i> Основные черты металлогенеза области байкальской складчатости Забайкалья	152
<i>Ф. В. Кузнецова.</i> Наложенный метаморфизм в Южном Прибайкалье и связь с ним полезных ископаемых	153
<i>Б. Р. Шпунт.</i> Глубинное строение фундамента и металлогенеза докембрия северо-востока Сибирской платформы	155
<i>А. И. Сезько.</i> Некоторые черты металлогенеза докембрия центральной части Восточного Саяна в связи с метаморфической зональностью	157
<i>В. Е. Загорский, В. М. Макагон, А. И. Макрыгин.</i> Особенности состава и условий формирования докембрийских пегматитов натро-литиевого типа с различной редкометальной специализацией	159
<i>В. А. Макрыгина.</i> Изменение состава и рудной специализации жильных образований в связи с метаморфической зональностью в докембрии Хамар-Дабана	161
<i>А. А. Бухаров.</i> О докембрийском эпимермальном рудогенезе и металлогенезе Прибайкальского вулканического пояса	162
<i>О. Г. Шулягин, Ю. И. Захаров.</i> Минерагенические особенности зонального метаморфизма докембрия Таймыра	164
<i>А. П. Шмотов.</i> Гидротермально-метасоматические образования и их связь с золотосульфидной минерализацией	166
<i>М. П. Лобанов, И. А. Охотников.</i> К вопросу о структуре и генезисе Сухоложского золоторудного месторождения	—
<i>С. А. Гурулев, М. Ф. Трунева.</i> О новом генетическом типе медно-никелевых сульфидных месторождений Северного Прибайкалья	167
<i>Л. П. Тигунов.</i> Основные черты минерагенеза стратифицированных формаций докембрия Западного Прибайкалья	—
<i>А. М. Рябых, Э. М. Рябых, Л. П. Тигунов.</i> Докембрейский магматизм и древние оловорудные формации Западного Прибайкалья	—
<i>А. В. Спиридонов.</i> Эволюция процессов пегматитообразования в мамской толще в связи с развитием ее структуры и процессов метаморфизма (Мамская слюдоносная провинция)	168

Енисейский кряж

<i>Г. Б. Кочкин.</i> Металлогенез докембрия Енисейского выступа	169
<i>Л. В. Ли.</i> Регионально-геологические и геохимические условия формирования золотого оруденения в докембрии Енисейского кряжа	170
<i>П. Ф. Великоборец.</i> Особенности металлогенеза полиметаллов центральной части Енисейского кряжа	172
<i>В. Т. Григоров, В. А. Филонюк, В. В. Кривоборский.</i> Факторы контроля и условия локализации золотого оруденения северной части Енисейского кряжа как показатели его возможного метаморфогенного генезиса (на примере Советского месторождения)	174

Алданский щит

<i>Т. В. Билибина, В. М. Терентьев.</i> Металлогенез Алданского щита	175
<i>М. З. Глуховский, В. С. Коген, В. М. Моралев, Б. Е. Рунов, А. Л. Ставцев.</i> К проблеме металлогенеза трогового комплекса Алданского щита и его обрамления	176
<i>А. Ф. Петров.</i> Тектоническое строение и металлогенез докембрия западной части Алданского щита	178
<i>Ф. Л. Смирнов.</i> Месторождения и рудопроявления апатита в докембрийских комплексах Алданского щита	179
<i>В. А. Кудрявцев, И. М. Симанович, Б. Р. Шпунт, Б. Р. Забуга, В. А. Кудрявцева.</i> Проблема докембрийского золота Якутии	181
<i>В. С. Коген, М. З. Глуховский.</i> К вопросу о рудоносности диафторитов Станового хребта	182

<i>A. B. Сочава.</i> Процессы экзодиагенеза при формировании Удоканского месторождения медистых песчаников	183
<i>Б. В. Ермаков, В. Т. Свириденко, В. С. Чечеткин.</i> Некоторые особенности металлогенеза нижнепротерозойских протоплатформенных отложений запада Алданского щита	184
<i>Э. Ф. Гринталь.</i> О формационном положении месторождений меди удоканской серии нижнего протерозоя	185

Анабарский щит

<i>[М. И. Рабкин], А. Н. Вишневский.</i> Строение Анабарского щита и металлогеническая специализация его блоков	186
---	-----

Дальний Восток и Северо-Восток

<i>А. М. Смирнов.</i> Некоторые минерагенические особенности тихоокеанского докембria	188
<i>Е. П. Леликов.</i> Металлогеническая специализация позднепротерозойских гранитов Ханкайского массива Приморья	190
<i>Ф. Ф. Вельдяков, М. Л. Гельман, В. Г. Корольков, А. П. Фадеев, В. М. Шевченко.</i> Проблемы металлогенеза докембria Северо-Востока СССР —	—

Министерство геологии СССР
Всесоюзный ордена Ленина научно-исследовательский геологический институт
(ВСЕГЕИ)
Научный совет по геологии докембрия Отделения геологии,
геофизики и геохимии АН СССР
Институт геологии и геохронологии докембрия АН СССР

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ

Тезисы докладов I Всесоюзного совещания по металлогенезу докембрия

(25—28 февраля 1975 г.)

Редакторы *Л. В. Белова, В. А. Митракова*

Технический редактор *Т. В. Гвоздева*

Корректоры *Е. Е. Вагунина, Г. А. Полиевская*

М-31386. Сдано в набор 3/I 1975 г. Подписано к печати 18/II 1975 г.
Формат бумаги 70×108^{1/16}. Уч.-изд. л. 15,64. Печ. л. 12,5. Тираж 1500 экз.
Зак. 2. Цена 1 р. 66 к.

Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология»

1 p. 66 κ.

1899