

О перспективах выявления магматогенно-гидротермальных железорудных образований на Украинском щите

© А. А. Юшин, 2015

Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, Киев, Украина
Поступила 11 мая 2015 г.

Представлено членом редколлегии О. Б. Гинтовым

За даними аналізу літературних матеріалів і власних спостережень автора в різних регіонах світу описано особливий комплекс залізорудних і споріднених з ними родовищ, що отримали міжнародну назву «гідротермальні залізооксидно-золото-мідні родовища» (IOCG — Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold Deposits). Найважливішою особливістю родовищ типу IOCG є наявність великих мас заліза, які нерідко утворюють скупчення багатих магнетитових (рідше гематитових) руд магматогенного і магматогенно-гідротермального генезису. На прикладі встановленої в межах Криворізько-Кременчуцької структурно-металогенічної зони парагенетичної асоціації гідротермально-метасоматичного зруденіння золото-поліметалевих проявів і деяких типів багатих залізних руд показано, що родовища типу IOCG можуть бути відкриті в межах шовних зон Українського щита. Провідну роль при цьому мають відігравати геофізичні дослідження.

Ключові слова: родовища магматогенні, залізооксидні, мідь, золото, структури, Український щит.

Введение. Известно, что в докембрийских формациях Украинского щита (УЩ) локализуются уникальные месторождения железа, крупные месторождения урана, графита. За последние 20—30 лет в различных структурах УЩ были выявлены месторождения и многочисленные рудопроявления золота, молибдена, меди, редкоземельных элементов. Значительная часть этих объектов локализуется в шовных зонах и крупных зонах разломов. Казалось бы, что распространенность таких объектов позволяет с новых позиций рассматривать особенности металлогенической эволюции и прогнозную оценку региона. Однако признание гидротермального или метасоматического происхождения большинства таких проявлений обычно не содержит достаточной информации о возможных источниках рудного вещества, процессах рудоотложения, а также факторах, контролирующих проявления рудно-геохимической зональности и закономерности пространственного размещения рудопроявлений. Отсюда следует дискуссионность оценок генетической позиции многих из выявленных рудопроявлений.

Показательной в этом отношении является наиболее разбуренная и изученная Криворож-

ско-Кременчугская зона разломов, известная уникальными железорудными и крупными урановыми месторождениями. В различных структурах Криворожско-Кременчугской зоны за последние 20 лет были выявлены десятки рудопроявлений золота, из которых одно уже оценено как месторождение [Юшин, 2008б; Юшин, Бутырин, 2009; Юшин и др., 2013], молибдена (в том числе одно месторождение) и меди [Юшин, 2008а; Юшини др., 2008]. Известны (но не изучены) проявления полиметаллов, точки минерализации платины, редких земель.

В процессе детализационных исследований было установлено, что позиции подавляющего большинства этих рудопроявлений контролируются серией протяженных зон тектонического смятия (реже — оперяющимися разломами). Иногда золотомедное оруденение накладывается на более древние железисто-кремнистые образования саксаганской свиты криворожской серии. В ряде случаев фиксируется отчетливо секущее положение тел магнетитовых руд по отношению к залеганию вмещающих железистых кварцитов. Обобщение большого массива геологических и аналитических данных позволяет предполагать существование в границах длительно развивавшей-

ся Криворожско-Кременчугской структурно-металлогенической зоны определенной связи между формированием гидротермально-метасоматического оруденения золотополиметаллических проявлений и некоторых типов богатых железных руд.

Отметим, что примерно на рубеже XX—XXI вв. было выделено и достаточно четко очерчено особое семейство железорудных и родственных им месторождений, получившее общее название «Гидротермальные железокислотно-золотомедные месторождения» (Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold Deposits (IOCG)). Первоначально представления о таком типе комплексного оруденения были сформулированы на основе обобщения результатов изучения таких известных объектов, как Олимпик Дэм и его аналогов в Австралии, Швеции (Кируна), США (район Миссури), комплексных железокислотно-медно-урановых брекчиевых руд района Вернеке (Юкон, Канада) и ряда других [Hydrothermal..., 2002]. Следует особо подчеркнуть, что большинство месторождений, характеристики которых составили основу представления о IOCG, локализованы в докембрийских формациях Северной Америки, Австралии и Балтийского щита.

Дальнейшие активные исследования в этом направлении существенно расширили не только перечень конкретных месторождений, но и их возрастной диапазон: месторождения этого типа известны в палеозойских, мезозойских и даже четвертичных образованиях. Сейчас интерес к месторождениям семейства IOCG в мире очень высок, свидетельством чему — огромное количество публикаций. Наиболее активно и широко проводились исследования в Африке, Южной и Северной Америке, Австралии, известны результаты исследований по отдельным районам южной части Азии [Hydrothermal..., 2002]. В настоящее время к этому семейству относят многие ранее известные и новые рудные объекты, в том числе Баян Обо (Китай), месторождения рудного района Каражас (Салобо и др.) в Бразилии, месторождения Маркона, Канделярия, Манто Верде и др. (Чили и Перу), месторождения магнетитовых лав вулкана Эль Лако в Чили и многие другие. Среди месторождений семейства IOCG известны крупные и даже уникальные по запасам (и выявлены еще далеко не все), недаром обобщающие издания озаглавлены «Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold and Related Deposits: a Global Perspective». В целом, как по литературным данным, так и по соб-

ственным наблюдениям автора в различных регионах, выделяемое разными исследователями семейство IOCG в настоящее время представляет собой чрезвычайно пеструю смесь генетически существенно различающихся объектов. Существующие классификации по многим позициям еще весьма дискуссионны, решение спорных вопросов требует проведения более детальных геологических и металлогенических исследований.

Значительный интерес представляют результаты исследований в различных регионах России, посвященные как описанию геологических особенностей магматогенных железорудных объектов и сопутствующего оруденения [Митропольский, 1959; Калугин и др., 1981; Корабельникова, Фон дер Флаас, 1981; Беляшов, 1982; Дунаев, 1982; Павлов, 1983; Платонов, Санин, 1998], так и общим вопросам генезиса таких месторождений [Поспелов, 1959; Гоньшакова, 1961; Дымкин, Пругов, 1980; Бекмухаметов, 1987; Никулин и др., 1991; Гусев и др., 2006].

В Украине, если не считать недостаточно обоснованных представлений И. И. Танатара (1916), в этом направлении исследования практически не проводились. Вместе с тем доказательное выявление рудных представителей семейства IOCG на УЩ могло бы существенно изменить представления о металлогении щита, сформулированные в обобщающих работах Н. П. Семененко [Критерии..., 1974], Я. Н. Белевцева [Металлогения..., 1974] и других исследователей. Следует отметить, что Я. Н. Белевцев [Белевцев, 1959] отмечал в составе железорудных формаций Криворожья присутствие метасоматических (эпигенетических по отношению к железистым кварцитам) железных руд, однако генетические особенности последних так и остаются неизученными. Поэтому, к сожалению, решение вопроса о наличии в докембрии УЩ проявлений магматогенно-гидротермальных железных руд приходится начинать практически «с нуля».

В условиях современного состояния украинской геологии важнейшее значение приобретают данные геофизических исследований, позволяющие выявить локальные аномалии, которые могут соответствовать потенциально магматогенным железорудным объектам. Важным фактором, способствующим эффективности использования геофизических данных, является специфичность структур именно железорудной матрицы месторождений, относимых к семейству IOCG.

Некоторые геологические и структурные особенности месторождений семейства ЮСГ.

В настоящее время большинство исследователей к семейству ЮСГ относят месторождения малосернистых низкотитанистых преимущественно магнетитовых, гематит-магнетитовых и гематитовых руд, содержащих, как правило, не менее 20 об. % железооксидных минералов — магнетита и/или гематита, в ряде случаев обогащенных медью, золотом, иногда ураном и/или редкоземельными элементами. Кроме того, разные исследователи указывают на их связь с зонами глубинных разломов, широкое распространение брекчий, развитие гидротермально измененных пород, определенный характер связи месторождений с глубинным магматизмом (вплоть до образования массивного магнетита из «магнетитовой магмы» [Park, 1961; Frutos, Oyarzun, 1975] как излившейся на поверхность, так и кристаллизовавшейся на глубине).

Многие железорудные (нередко с апатитом) месторождения этого семейства рассматриваются в качестве «предшественников» собственно железооксидно-золотомедных месторождений. Обычно на последних процессы образования основной массы железооксидного и золотомедного оруденения разорваны во времени. Отмечаются вероятные парагенетические (возможно, и генетические) связи месторождений, включаемых в семейство ЮСГ, со скарновыми месторождениями, с одной стороны, а также с золотомедными месторождениями, часто обогащенными магнетитом, с другой. Это позволяет выделить собственно железорудные месторождения с резко преобладающим объемом железных руд в качестве возможных «незавершенных предшественников» железооксидно-золотомедных месторождений.

Убедительным доказательством магматогенного и магматогенно-гидротермального происхождения таких железных руд является, безусловно, само существование таких.

Наиболее яркий и наглядный пример подобных руд — многочисленные месторождения магнетитовых руд, локализующиеся на протяжении более 3000 км в узкой полосе западного побережья Южной Америки (Западная Кордильера) на территориях Чили и Перу. Здесь железооксидные и сопутствующие им золотомедные месторождения и рудопроявления приурочены к полосе Чилийско-Перуанского вулканогенного пояса шириной 200 км, прослеживающегося вдоль Тихого океана с юга на се-

вер на 5 тыс. км. Значительные площади Западной Кордильеры перекрыты субаэральными андезитами эоцена—плиоцена. В осевой части зоны распространены гранитоидные интрузивы Батолита Коста (так называемый Андийский батолит, верхний мел—палеоген) — крупнейшая региональная геолого-структурная единица, определяющая особенности геологического строения и металлогеническую специализацию от северной границы Перу и до южной границы Чили.

В пределах Чилийского сектора этого пояса наиболее молодые вулканы относятся к мелу и палеогену, хотя известны и современные (кимеридж—нижний мел, верхний мел и палеоген—плейстоцен). По составу они относятся главным образом к андезитам, хотя присутствуют дациты, натриевые трахиты и риолиты, риолитовые игнимбриты. В Перуанском секторе вулканогенный пояс сложен субаэральными известково-щелочными продуктами кислого вулканизма. В их составе преобладает андезито-дацитовая формация, местами сменяющаяся липаритами и кислыми игнимбритами кайнозойского возраста. В Береговой Кордильере Прибрежной зоны распространены интрузии мела—палеогена среднего и кислого состава, прорывающие толщи докембрийских гнейсов, амфиболитов, гранитов и нижнепалеозойских осадочных пород, в которых размещаются месторождения железооксидных, золотомедных и полиметаллических руд.

Уникальными являются потоки магнетитовой лавы, обнаруженные в 1958 г. в северной части Чили на склонах древнечетвертичного вулкана Лако [Park, 1961; Park, MacDiarmid, 1964], сложенные в основном магнетитом (до 95 %), в меньшей степени — магнетитом и гематитом. Магнетитовые залежи Эль Лако расположены на флангах андезит-дацитового вулкана, включают семь основных рудных тел с ресурсами около 500 млн т руды на площади 30 кв. км. Радиологический возраст оруденения составляет около 2 млн лет. Магнетитовое оруденение образует потоки лав и дайковидные тела, маркирующие подводящие каналы, а также пирокластический материал и субвулканические тела, включая куполовидные интрузивы (рис. 1, 2).

По личным наблюдениям автора, рудные поля с магнетитовыми штоками и сериями магнетитовых жил мощностью от 10—20 см до 8—10 м (см. рис. 2) фиксируются также, начиная от границы с Чили на юге (провинция

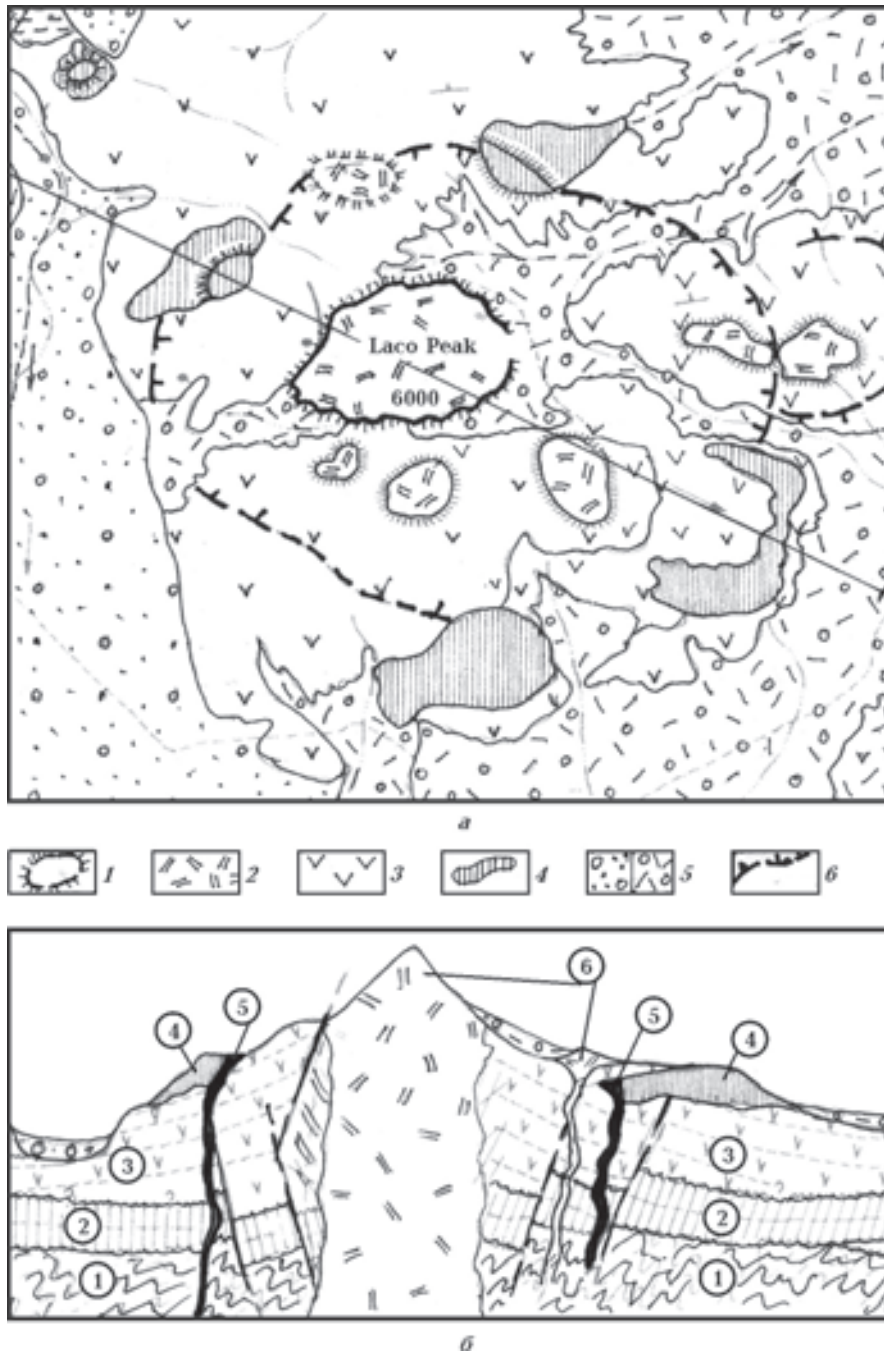


Рис. 1. Схематическая геологическая карта (а) и принципиальный разрез участка месторождения Эль Лако, Чили (б), по [Park, 1961], с изменениями автора: 1 — контуры основного и боковых жерл вулкана, 2 — жерловые фации лав, 3 — потоки лав и туфов, 4 — потоки магнетитовых лав, 5 — флювиогляциальные отложения, 6 — контуры кальдер. Цифры в кружках: 1 — терригенные отложения палеозоя, 2 — горизонт игнимбритов палеоцена, 3 — андезиты плиоцена-плейстоцена, 4 — магнетитовые лавы, 5 — дайки и подводящие каналы, выполненные магнетитом, 6 — лавы жерловых фаций.

Такна) (рис. 3, 4) до крайних северных районов Перу, район Олмос.

В рудном районе Понго-Акари кроме основной залежи скарнового типа отмечены рои магнетитовых даек и жил (например, на участке Ауриам-1, рис. 3 и 4). На одной из магнетито-

вых жил этого участка еще в конце 1950-х годов ежемесячно добывалось 100 тыс. т богатой магнетитовой руды. Типично инъекционное заполнение магнетитом мощностью от 4 до 20 м веерной системы трещин, прослеживающихся на поверхности на расстоянии от 200 до 2000 м.



Рис. 2. Небольшая дайка и гнездо магнетита (указаны стрелками) в туфах вулкана Эль Лако, Чили, по [Park, 1961; Frutos, Oyarzun, 1975].

Магнетит этих даек массивный, микропористый, тонкозернистый. В некоторых жилах отмечается присутствие медной минерализации, содержание меди в отдельных пробах достигает 2 % при совместном с медью присутствии золота с содержанием от 0,05 до 0,2 г/т.

Однако наиболее крупные железорудные месторождения в Перу относятся к типу

скарновых, например, месторождения рудного района Маркона (1440 млн т железных руд) и Пампа де Понго (около 1000 млн т железных руд) [Hydrothermal..., 2002].

Следует отметить, что потоковидные тела и жилы магнетита, магнетитовые бомбы в туфах известны не только в молодых рудных районах вроде Чилийско-Перуанской полосы. Такие образования выявлены и описаны также в районе Кируна [Park, 1961; Park, MacDiarmid, 1964], в Центральном Иране на площади железорудных месторождений Бафк, в некоторых рудных районах России [Дымкин, Пругов, 1980; Павлов, 1983] и других железорудных регионах. Для многих месторождений этих групп известны проявления секущих магнетитовых жил, субсогласных тел и цемента брекчий, но важной особенностью этих месторождений является все же присутствие в рудных горизонтах обломков так называемых «рудных порфиритов» — взрывной брекчии эффузивов, содержащих магнетит до 20—30 %. Специфические «рудные порфириты» были описаны в рудном поле Холзуновского месторождения среди кембрийских вулканических отложений Кондомского района Горной Шории, а также в рудных районах Тургая и Восточного Саяна [Дымкин, Пругов, 1980]. Их присутствие — надежное доказательство участия магмати-

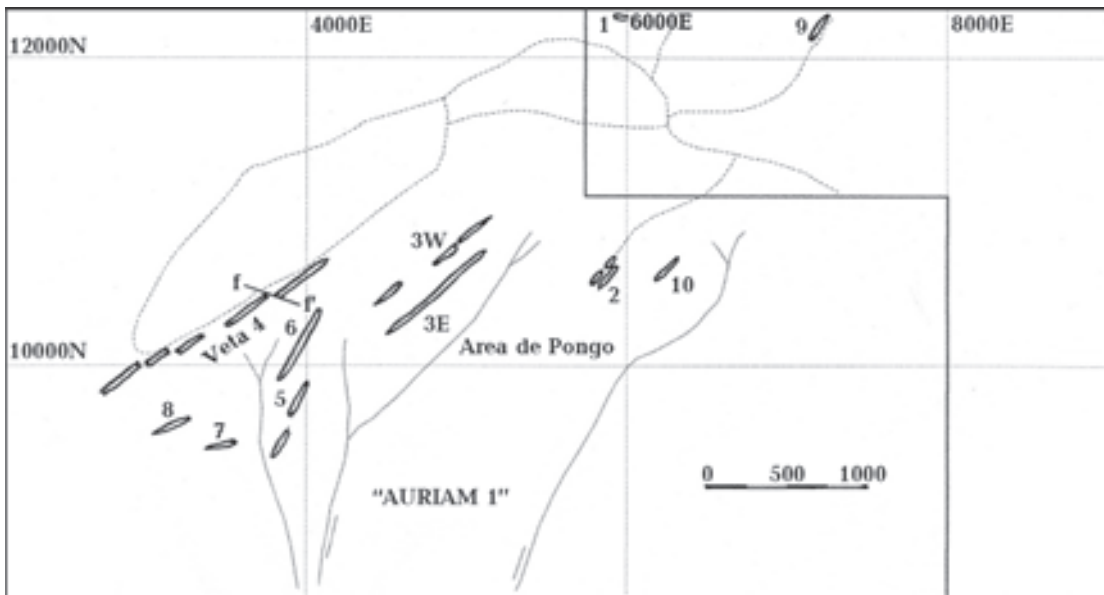


Рис. 3. План расположения основных магнетитовых даек и жил на участке Ауриама. Материалы владельца концессии.

Inq. Fernando Castilla	CONCESION AURIAM	1:20000
	Plan Geologico del Area Pongo	Enero 2004



Рис. 4. Выработка по крупной магнетитовой дайке. Месторождение золото-магнетитовых руд в рудном районе Акари, Перу (проект Ауриам). Фото автора.

ческого рудного вещества в многостадийном процессе образования этих месторождений.

Соотношение собственно магматических и гидротермально-метасоматических руд в этом

случае уже не имеет принципиального значения в силу совершенно недостаточной изученности почти всех железорудных районов.

Железорудные месторождения в трубках брекчий являются специфическими, но широко распространенными как в фанерозое, так и в докембрии образованиями, они известны в районах Миссисипи (США) и Восточной Сибири (Россия). Характерна многоэтапность процессов брекчирования и формирования руд, ассоциация с магматическими комплексами повышенной щелочнометальности (что иногда служит основанием для предположений об их карбонатитовом генезисе).

Фанерозойские Ангаро-Илимские железорудные месторождения в трубках брекчий расположены в юго-западной части Сибирской платформы [Гоньшакова, 1961; Калугин и др., 1981; Корабельникова и др., 1991; Никулин и др., 1991]. Трубки прорывают пологозалегающие осадочные толщи чехла платформы. Отмечается увеличение объема основных магмати-

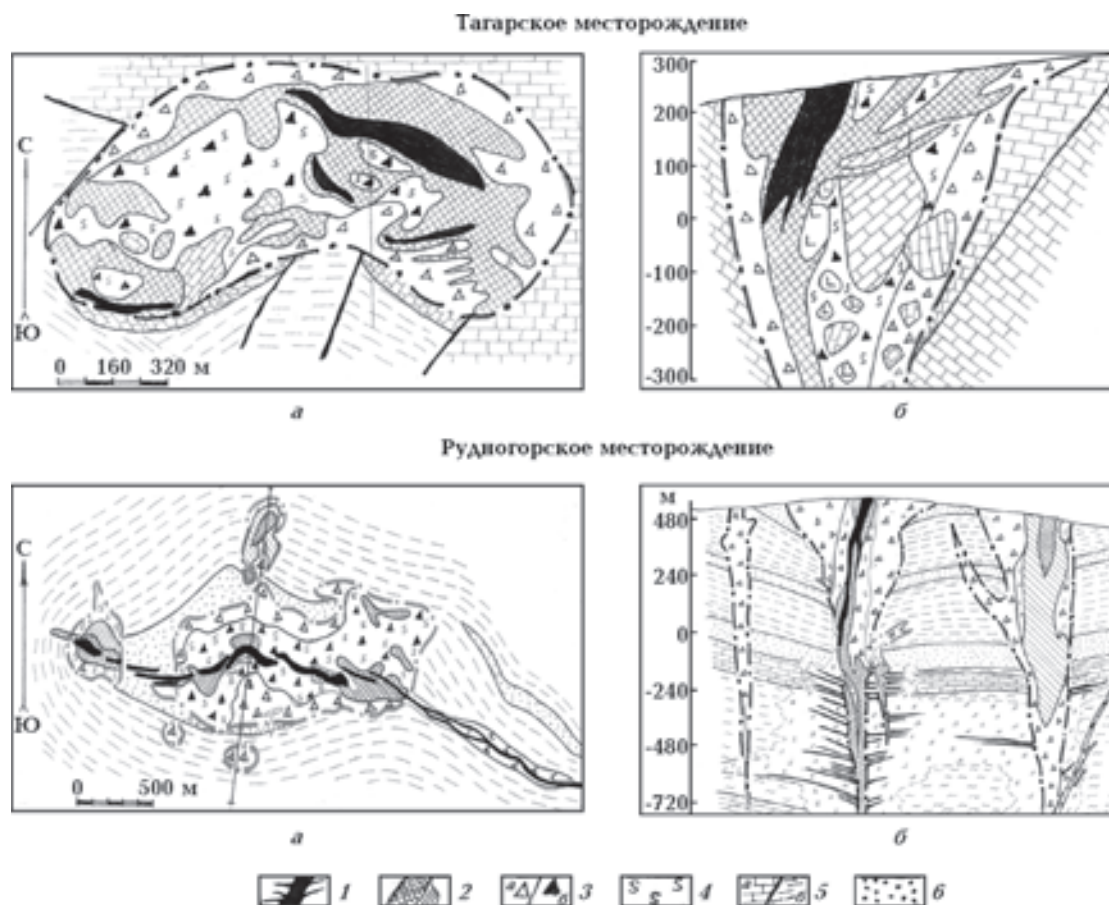


Рис. 5. Типичные структуры трубок Ангаро-Илимской группы в плане (а) и разрезе (б), по [Калугин и др., 1981]: 1 — массивные и брекчиевые магнетитовые руды и их апофизы, 2 — вкрапленные магнетитовые руды, 3 — взрывные брекчии неизмененные (а), измененные (б), 4 — скарнированные породы, 5 — карбонатные породы (а) и сланцы (б), 6 — песчаники и алевролиты.

ческих пород на глубину, в некоторых трубках брекчии содержат также обломки гранитов, гранит-порфиров, сиенитов, кварцевых порфиров, граносиенитов, кварцитов и других пород, которые, вероятно, были привнесены из докембрийского фундамента платформы. Центральная часть трубок обычно характеризуется многократным брекчированием, обломки сцементированы тонкоперетертой массой, полностью замещенной скарнами, послескарновыми метасоматитами и железокислыми рудами. Оруднение представлено в основном магнетитом с незначительной примесью магномагнетита, гематита и мартита (рис. 5).

Согласно геофизическим данным, массивное магнетитовое оруднение прослеживается до глубин в несколько километров и, возможно, продолжается и в докембрийском фундаменте.

Выше специально сосредоточено внимание на молодых проявлениях магматического и гидротермально-метасоматического генезиса, поскольку их обнажения на земной поверхности обеспечивают наглядность и детальность изучения, что для докембрийских месторождений УЩ почти невозможно.

Обращаясь к собственно докембрийским месторождениям этого семейства, следует среди них отметить наиболее значительные, изучение которых и создало базовые представления о семействе месторождений ЮСГ.

Своеобразные структуры характерны для оруднения в трубках брекчии на месторождениях штата Миссури, США [Hydrothermal...,

2002]. Рудный район соответствует крупному блоку докембрийского фундамента, который является частью вулканоплутонического пояса между докембрийскими террейнами Черчилл и Гренвилл. Здесь широко развиты образования «трахитового комплекса», который включает «магнетитовые трахиты», трахиты, трахибазальты, трахиандезиты, монцограниты и сиениты, образующие кольцевые интрузии (рис. 6).

Железорудные месторождения локализованы в различных структурных элементах, связанных с полями риолитовых вулканитов, интрузивами гранитов и трахитов. Большинство крупных месторождений приурочено к границам предполагаемых кальдер. Оруднение локализуется в вулканитах, около контактов плутонов, в останцах кровли и тесно пространственно ассоциирует с трахитами, «магнетитовыми трахитами» и «метасиенитами», иногда с риолитами. Руды обычно магнетитовые, массивные. В составе рудной минерализации распространены также редкоземельные минералы.

Рудный район Кируна (Северная Швеция) расположен на южной границе архейского кратона с минимальным абсолютным возрастом вулканитов $2184 \pm (1-5)$ млн лет. Месторождения локализованы в докембрийских метаморфических толщах, прорванных несколькими интрузивными комплексами сиенитов, гранофиоров и гранитов. Апатитсодержащие магнетитовые руды приурочены к пачкам средних и кислых экструзивных образований

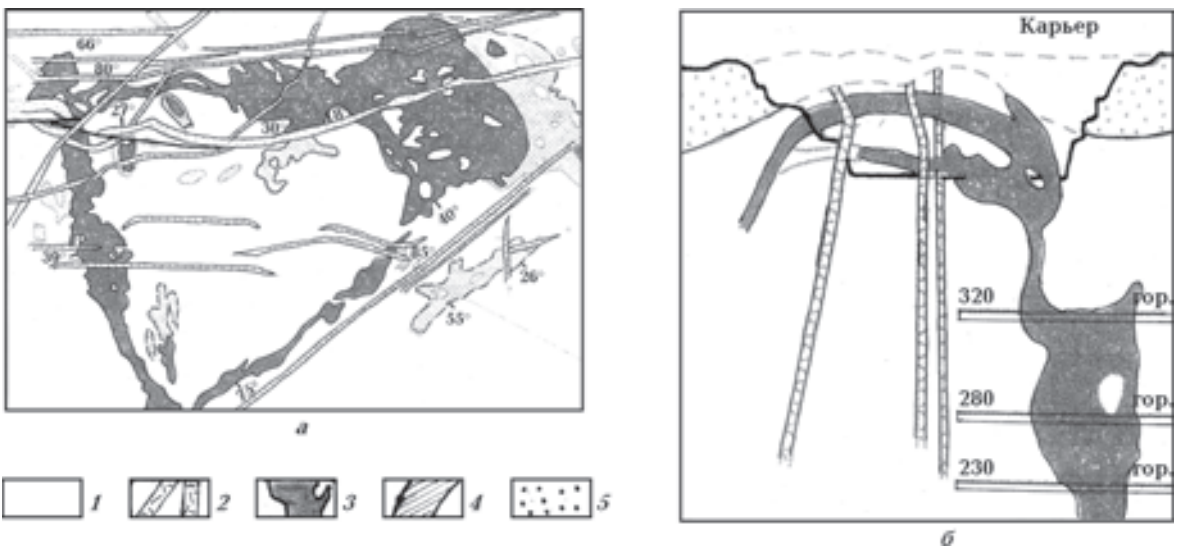


Рис. 6. Морфология рудной залежи месторождения Айрон Маунтин, район Миссури, США [Hydrothermal..., 2002], с упрощениями автора: 1 — рудовмещающие андезит-порфиры, 2 — дайки андезитов, 3 — тело богатых руд, 4 — бедные вкрапленные руды, 5 — породы осадочного чехла (кембрий).

и осадочных и вулканогенных пород (рис. 7). Общие резервы высококачественных железных руд в этом районе составляли порядка 3,3 млрд т.

Рудное тело месторождения Кирунаваара прослеживается в виде полосы приблизительно 4 км длиной и 90 м шириной, с падением 50—60°, согласно с залеганием вмещающих вулканогенных и вулканогенно-осадочных пачек. Нередко магнетитовые руды содержат миндалевидные пустоты, а также столбчатый магнетит, указывающие на кристаллизацию магнетитовых лав. На некоторых участках обогащенные апатитом железорудные тела имеют четкие интрузивные контакты с сиенит-порфирами.

Для рудного района Каражас (Северная Бразилия) известны многочисленные проявления железокислотно-золотомедных месторождений. Рудный район сложен породами архейского основания, метаморфизованного в гранулитовой фации и перекрытого вулканогенно-осадочными и кремнисто-обломочными образованиями древнего платформенного чехла, которые прорваны разновозрастными интрузивными комплексами. Собственно месторождение Салобо залегает в толще амфиболитов, метаграувакк, кварцитов и полосчатых железистых формаций общей мощностью 300—600 м. Железнокислотно-золотомедное оруденение локализовано в нижней части толщи, образованной метаграувакками и амфиболитами, вмещающие породы подверглись интенсивным гидротермальным изменениям. Рудные залежи представлены массивными линзовидными телами магнетита, локализованными вдоль тектонической зоны и круто падающими к юго-западу. Состав руд характеризуется ассоциациями халькозин—борнит—магнетит и халькопирит—борнит—магнетит с преобладанием магнетита (рис. 8).

Совершенно особый тип оруденения присущ уникальному месторождению Олимпик Дэм, открытому в Южной Австралии в 1975 г. [Hydrothermal..., 2002]. Результаты многолетних детальных исследований этого месторождения и стали в дальнейшем основой для выделения месторождений IOCG как особой группы.

Месторождение Олимпик Дэм и несколько более мелких его аналогов локализируются в трубках брекчий среди докембрийских образований кратона Говлер. Олимпик Дэм — одно из крупнейших в мире комплексных месторождений меди, урана, золота и редких земель.

Рудное поле месторождения перекрывает

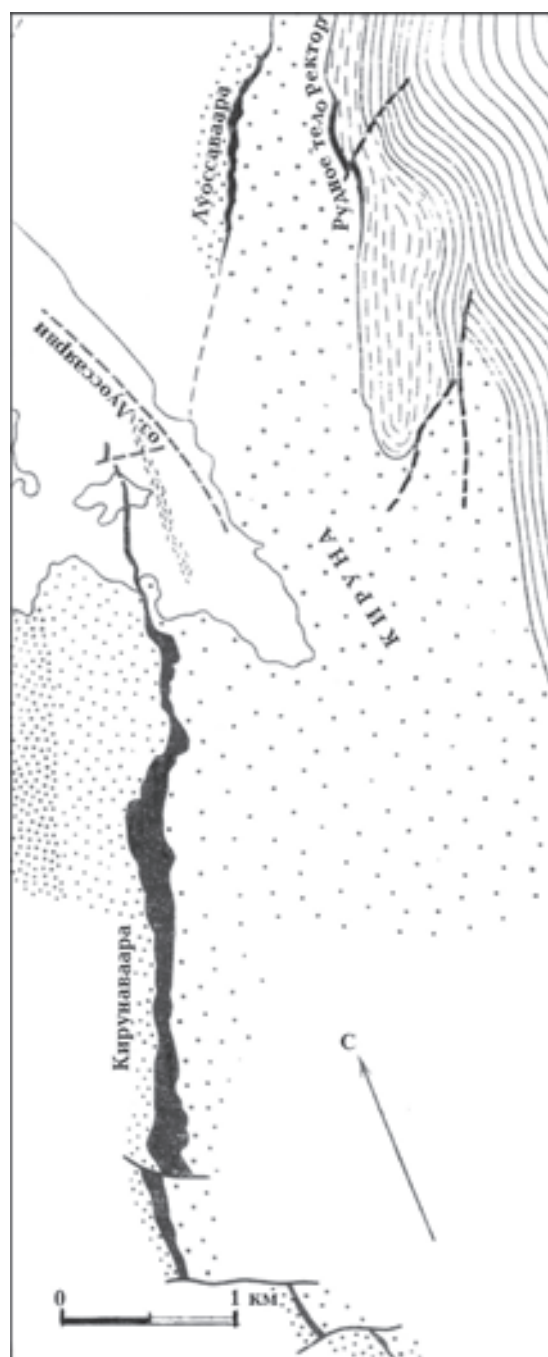


Рис. 7. Морфология жильных залежей богатых магнетитовых руд месторождения Кирунаваара и мелких проявлений. Район Кируна, Швеция. Рудные тела отмечены черной заливкой, по [Park, MacDiarmid, 1964], с упрощением.

ся толщей платформенных отложений (снизу вверх: конгломераты, доломиты, сланцы палеозоя и мезозоя) общей мощностью от 260 до 500 м.

Оруденение собственно месторождения Олимпик Дэм локализуется в породах интрузивного комплекса Хилтаба (граниты, гранодиориты, кварцевые монцитоны, кварцевые

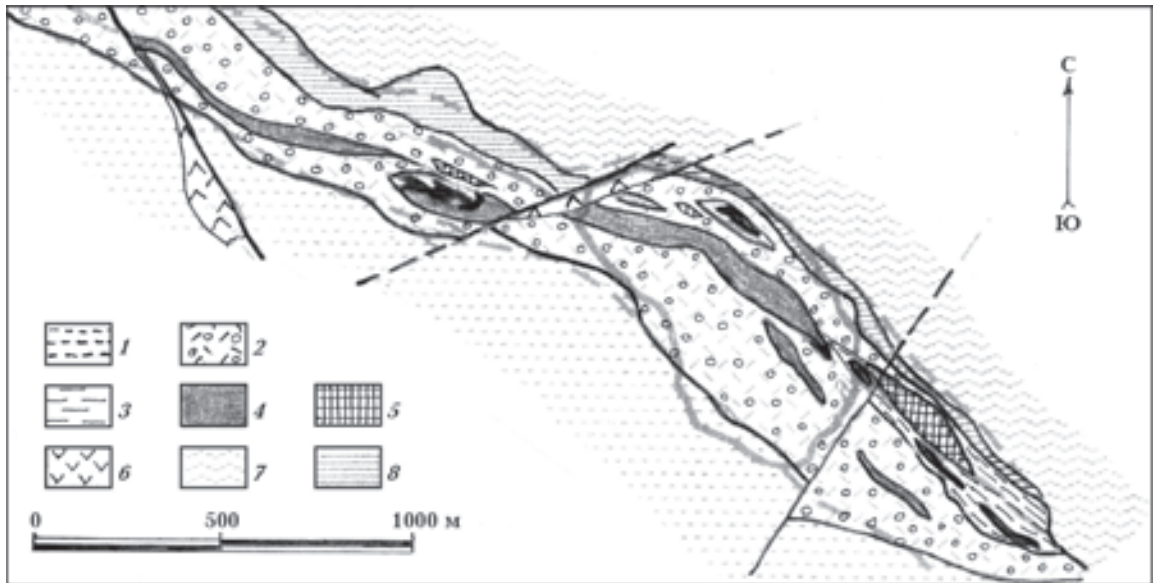


Рис. 8. Схематическая геологическая карта рудного поля месторождения Салобо, Каражас, Северная Бразилия, по [Hydrothermal..., 2002]: 1 — кварциты безрудные, 2 — метаграувакки, 3 — железисто-кремнистая формация с медной минерализацией, 4 — богатые железные руды с медной минерализацией, 5 — амфиболиты, 6 — дайки диабазов, 7 — гнейсы, 8 — зоны расщелачивания.

сиениты и кварцевые монцодиориты), возраст которых датируется в 1588—1596 млн лет. Оруденение приурочено к диатреме в апикальной части гранитного массива, представлено серией сближенных дайкоподобных тел гематитовых брекчий мощностью 10—100 м, залегающих среди сильнотрещиноватых гранитов. В центральной части месторождения эти тела сливаются в единый рудный гематит-кварцево-брекчиевый комплекс размером в плане примерно 3×5 км (рис. 9, а). Гематит является наиболее распространенным минералом месторождения, но отмечаются и значительные локальные скопления магнетита. Тела гематитовых брекчий образуют сложную по форме конусовидную залежь и вмещают большую часть ураново-медного оруденения (рис. 9, б).

В процессе многолетней разведки месторождения глубокими (до 1400 м) скважинами ресурсы комплексных руд постоянно увеличивались. Так, если в 2002 г. они оценивались в 600 млн т руды с 30 млн т меди, 930 тыс. т урана, 1200 т золота, 6700 т серебра и около 10 млн РЗЭ, то в 2007 г. общие ресурсы руд оценивались в 7,7 млрд т.

В рудном районе месторождения Олимпик Дэм распространены также месторождения и рудопроявления с магнетит-гематитовой, медной и золоторудной минерализацией. В 1976 г. в 57 км от месторождения Олимпик Дэм при заверке контрастных гравитационной и магнитной аномалий под 500-метровой толщей

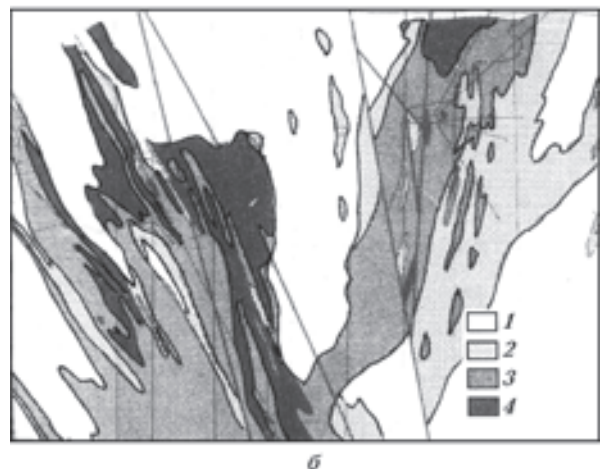
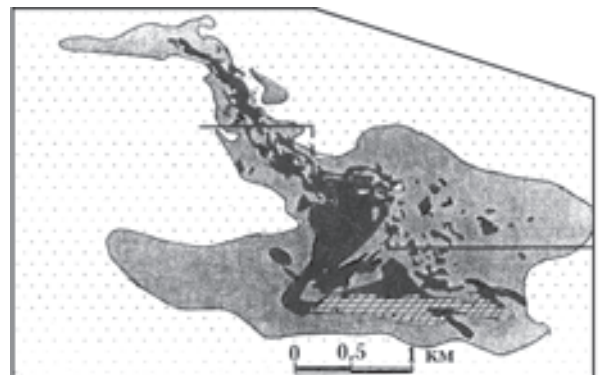


Рис. 9. Морфология рудных тел трубки месторождения Олимпик Дэм. Схематическая геологическая карта (а) и разрез месторождения (б), по [Hydrothermal ..., 2002]: 1—4 — уровень концентрации меди, % (1 — менее 0,3; 2 — 0,3±1,0; 3 — 1,0±3,0; 4 — более 3).

осадочных пород было открыто крупное месторождение Ок Дэм, по структуре и вещественному составу руд сходное с месторождением Олимпик Дэм.

К этому же типу, вероятно, принадлежат сравнительно небольшие месторождения Сю-Дайэн и НиКо, а также брекчии Вернеке в Канаде.

Заключение. Приведенный выше краткий обзор месторождений, относимых к семейству ЮСГ, свидетельствует о весьма широком распространении месторождений этого типа в докембрийских блоках земной коры, что позволяет обосновать целесообразность поиска таких объектов и в пределах УЩ.

Некоторые признаки рудных процессов этого типа фиксируются, по данным наших исследований, в пределах Криворожско-Кременчугской структурно-металлогениической зоны серией зон с золотомедной, медно-урановой минерализацией в определенных структурных соотношениях с отдельными залежами богатых железных руд.

Определенные сложности с идентификацией принадлежности объектов к семейству ЮСГ часто обусловлены пространственным разобщением собственно железоксидных и сопутствующих рудных процессов, что проявляется формированием в единых рудных полях (районах) как железорудного оруденения, так и зон «отщепленного» медного, золотомедного оруденения и др. Невысокие уровни содержания цветных и благородных металлов в мелких проявлениях подобного типа обычно не привлекают особого внимания геологов, и такие объекты остаются слабоизученными.

В силу сложного сочетания разновозрастных и разнотипных процессов рудообразования для месторождений семейства ЮСГ характерна конвергентность многих признаков, что требует учета ряда факторов.

1. Специфическим проявлением магматогенного железорудного процесса является присутствие собственно магнетитовых лав, даек, штоков, реликтов пород, до 20 % и более обогащенных магнетитом; жил и трубок как с магнетитовым, так и с гематитовым составом железоксидных руд. Скарновые месторождения являются распространенным, хотя и не всегда главным, компонентом рудных полей с комплексным оруденением типа ЮСГ. Их присутствие в конкретном регионе фиксирует определенный этап эволюции рудогенерирующего процесса с вероятным развитием более поздних гидротермально-метасоматических процессов.

2. Наиболее ценные комплексные Fe-Au-Cu руды формируются в тех случаях, когда на железные руды накладываются более поздние гидротермально-метасоматические процессы, в которых при незначительности содержания меди (до 0,5—1 %) и золота (0,2—1 г/т) запасы, например, золота составляют тонны—многие десятки тонн (Салобо в Бразилии, Маркона в Перу, трубки Миссури в США и др.), а на уникальном месторождении Олимпик Дэм в Австралии запасы золота в комплексных (Cu, U, РЗЭ, Ag, Fe) рудах превышают 1200 т.

3. Во многих случаях проявления гидротермально-метасоматического оруденения пространственно не совмещаются с массивами железных руд, формируя ореолы автономных («отщепленных») рудных тел в форме жил, штокверков, зон рассеянной рудной минерализации с медным, золотомедным, медно-урановым и подобным оруденением промышленного уровня (например, Канделярия в Чили, Оркопампа и Сьеро Верде в Перу, месторождения Кузнецкого Алатау в России и т. д.). Но во всех случаях наблюдается их региональная сопряженность с железорудными объектами.

Обращаясь к проблеме поисков магматогенно-метасоматических залежей железных руд на УЩ, следует отметить, что признаки именно последнего («отщепленного») типа медного, золотомедного и золотого оруденения, по данным наших исследований, достаточно отчетливо проявлены вдоль Криворожско-Кременчугской зоны, где серией тектонических зон контролируются многочисленные проявления медной, золотомедной, медно-урановой с золотом минерализации и даже железоксидных с золотом руд [Юшин, 2008а,б; Юшин и др., 2008, 2013; Юшин, Бутырин, 2009]. Анализ первичных геологических материалов выявляет ссылки на присутствие в некоторых разрезах криворожской серии магнетитовых песчаников с кластогенным магнетитом, источником которого были не железистые кварциты, что позволяет предполагать проявление эндогенных (магматогенно-гидротермальных) процессов.

По имеющимся данным, вполне вероятно развитие комплексного оруденения типа ЮСГ в тектонически переработанных зонах западного борта Ингульского мегаблока (в частности, в Голованевской шовной зоне) и восточного борта Бутского мегаблока УЩ.

Доминирующие в течении десятков лет представления о сугубо осадочном генезисе раннепротерозойских железисто-кремнистых

формаций УЩ и исключительной роли метаморфогенно-гидротермальных процессов в формировании богатых железных руд [Белевцев, 1959] привели к игнорированию самой вероятности присутствия на УЩ процессов формирования магматогенно-метасоматического железооксидного оруденения и, соответственно, их возможного металлогенического значения. Этим обусловлено практически полное отсутствие результатов соответствующих геологических наблюдений и коллекционного каменного материала (особенно по месторождениям, которые давно отработаны), что чрезвычайно осложняет проведение необходимых минералого-геохимических исследований.

Таким образом, выявление комплексных месторождений семейства ЮСГ на УЩ требует,

по мнению автора, первоочередного проведения целенаправленных геофизических исследований, в том числе пересмотра и переинтерпретации материалов ранее выполненных гравиметрических и магнитометрических съемок, что позволит выявить локальные интенсивные аномалии, в определенном приближении соответствующие структурам рудных тел различной морфологии (дайки, жилы, штоки, трубки рудных брекчий, массивы богатых руд и т. д.).

Отнесение выявленных по геофизическим аномалиям локальных объектов к магматогенно-метасоматическому генетическому типу должно производиться на основе комплекса структурно-геологических, минералого-петрографических и изотопно-геохимических параметров.

Список литературы

- Бекмухаметов А. Е. Магматогенные железорудные формации. Москва: Недра, 1987. 213 с.
- Белевцев Я. Н. Генезис железных руд Криворожского бассейна. Киев. Изд. АН УССР, 1959. 307 с.
- Беляшов Н. М. Давыдовское рудное поле в Тургае — типичный пример полигенности и полихронности скарново-магнетитовых месторождений. *Геология рудных месторождений*. 1982. № 4. С. 46—53.
- Гоньшакова В. И. Трапповый магматизм и магнетитовое оруденение юго-восточной части Сибирской платформы. Москва: Изд-во АН СССР, 1961. 296 с.
- Гусев Н. И., Николаева Л. Е., Гусев А. И. Позднепалеозойские и мезозойские железооксидно-золотомедные системы на юго-западе Алтае-Саянской области Сибири. *Региональная геология и металлогения*. 2006. № 6. С. 88—99.
- Дунаев В. А. Брекчии в трубках Коршуновского железорудного месторождения в связи с их генезисом. *Литология и минеральные ресурсы*. 1982. № 3. С. 48—58.
- Дымкин А. М., Пругов В. П. Стратиформный тип железооруденения и его генетические особенности. Москва: Наука, 1980. 200 с.
- Калугин А. С., Калугина Т. С., Иванов В. И. Железорудные месторождения Сибири. Труды СНИИГИМС. Вып. 501. Новосибирск: Наука, 1981. 238 с.
- Корабельникова В. В., Фон дер Флаас Г. С. Эксплозивные брекчии на железорудных месторождениях ангаро-илимского типа. *Геология и геофизика*. 1981. № 8. С. 36—43.
- Критерии прогнозирования месторождений Украинского щита и его обрамления. Под ред. Н. П. Семененко. Киев: Наук. думка, 1974. 590 с.
- Металлогения Украины и Молдавии. Под ред. Я. Н. Белевцева. Киев: Наук. думка, 1974. 508 с.
- Митропольский А. С. Гидротермальные комплексные месторождения железа. В кн.: *Железорудные месторождения Алтае-Саянской области*. Т. 1. Москва: Изд-во АН СССР, 1959. С. 498—511.
- Никулин В. И., Фон дер Флаас Г. С., Барышев А. С. Эксплозивно-вулканические базальтовые рудообразующие системы Ангарской железорудной провинции. *Геология рудных месторождений*. 1991. № 3. С. 26—40.
- Павлов А. А. Генезис магматических магнетитовых месторождений. Тр. Сиб. Ин-та геологии и геофизики. Вып. 552. Новосибирск: Наука, 1983. 220 с.
- Платонов А. Н., Санин В. Н. Золото в скарново-магнетитовых месторождениях Алтае-Саянской области. *Руды и металлы*. 1998. № 2. С. 57—66.
- Поспелов Г. А. Закономерности размещения магматогенных железорудных месторождений Алтае-Саянской складчатой области. В кн.: *Закономерности размещения полезных ископаемых*. Т. 2. Москва: Изд-во АН СССР, 1959. С. 244—288.
- Юшин А. А. Геохимия платиновых металлов в ультрабазитах как показатель региональной специфики мантийно-коровых взаимодействий. *Материалы ХLI Тектонического совещания «Общие*

- и региональные проблемы тектоники и геодинамики». Т. 2. Москва: ГЕОС, 2008а. С. 506—510.
- Юшин А. А. Эпитермальный тип золотого оруденения в раннем докембрии Украинского щита в аргиллизитах и вторичных кварцитах Желтоводского месторождения Криворожья. В кн.: *Проблемы геологии рудных месторождений, минералогии, петрологии и геохимии*. Москва: Изд. ИГЕМ РАН, 2008б. С. 232—235.
- Юшин А. А., Бутырин В. К. Некоторые проблемы оценки золоторудного потенциала Криворожья. *Наукові праці УкрНДМІ*. Вип. 5. Ч. 2. Донецьк, 2009. С. 336—343.
- Юшин А. А., Бутырин В. К., Гальчанский А. В., Стагнишина Н. В., Бондаренко И. Н. Некоторые геохимические особенности и перспективы выявления комплексного оруденения на Восточно-Анновском месторождении Криворожья. *Наукові праці Донецького НТУ. Сер. «Гірничо-геологічна»*. 2008. Вип. 8(136). С. 240—244.
- Юшин А. А., Мороз В. С., Проскурко Л. И. Генетические особенности проявлений оруденения благородных и цветных металлов в углеродистых комплексах раннего докембрия Криворожья. *Геолого-мінералогічний вісник КрНУ*. 2013. № 1-2(29-30). С. 12—20.
- Frutos J. J., Oyarzun J. M., 1975. Tectonic and Geochemical Evidence Concerning the Genesis of El Laco Magnetite Lava Flow Deposits, Chile. *Econ. Geol.* 70(5), 988—990.
- Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits a global perspective. Vol. 1. Published by Australian Mineral Foundation Inc. PGC Publishing. Adelaide, 2002. 340 p.
- Park C. F. Jr., 1961. A Magnetite «Flow» in Northern Chile. *Econ. Geol.* 56, 431—441.
- Park C. F. Jr., MacDiarmid R. A., 1964. Ore Deposits. San Francisco — London: W. H. Freeman and Company, 560 p.

On the prospects of identifying magmatogene-hydrothermal iron-ore deposits in the Ukrainian Shield

© A. A. Yushin, 2015

According to the analysis of literary materials and author's own observations in different regions of the world, a specific set of iron-ore and related deposits, won the international title of «hydrothermal iron-oxide-gold-copper deposits» (IOCG — Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold Deposits) has been described here. The most important feature of IOCG-type deposits are large masses of iron, often forming clusters of magnetite-rich (at least — hematite) ores of magmatogene and magmatogene-hydrothermal genesis. It is shown that the type of IOCG deposit can be discovered within the suture zones of the Ukrainian Shield on the example of the installation within the Krivoy Rog-Kremenchug structural and metallogenic zone of paragenetic association of hydrothermal-metasomatic mineralization of gold-polymetallic manifestations and certain types of rich iron-ore. Geophysical surveys must play the leading role.

Key words: deposits, magmatic, iron oxides, copper, gold, structures, the Ukrainian Shield.

References

- Bekmuhametov A. E., 1987. Magmatic iron formation. Moscow: Nedra, 213 p. (in Russian).
- Belevtsev Ya. N., 1959. Genesis of Kryvyi Rig iron ore basin. Kiev: Publ. House of the UAS, 307 p. (in Russian).
- Belyashov N. M., 1982. Davydov ore field in Turgai — a typical example of polygenic and polychronic skarnov-magnetite deposits. *Geologiya rudnyih mestorozhdeniy* (4), 46—53 (in Russian).
- Gonshakova V. I., 1961. Trapped magmatism and magnetite mineralization of the South-Eastern part of the Siberian Platform. Moscow: Publ. House of the AS of the Soviet Union, 296 p. (in Russian).
- Gusev N. I., Nikolayeva L. E., Gusev A. I., 2006. Late Paleozoic and Mesozoic iron-oxide-gold-copper system in the south-west of the Altai-Sayan region of Siberia. *Regionalnaya geologiya i metallogeniya* (6), 88—99 (in Russian).
- Dunayev V. A., 1982. Breccias in the pipes of the Korshunov iron ore deposit in connection with their genesis. *Litologiya i mineralnyie resursy* (3), 48—58 (in Russian).

- Dymkin A. M., Prugov V. P., 1980. Stratiformed type of the iron-ore mineralization and its genetic features. Moscow: Nauka, 200 p. (in Russian).
- Kalugin A. S., Kalugina T. S., Ivanov V. I., 1981. Iron-ore deposits of Siberia. Proceedings of the SNIIGGIMS. Vol. 501. Novosibirsk: Nauka, 238 p. (in Russian).
- Korabelnikova V. V., Fon der Flaas G. S., 1981. Explosive breccias on iron-ore fields of the Angara-Ilim type. *Geologiya i geofizika* (8), 36—43 (in Russian).
- Criteria for forecasting of deposits of the Ukrainian Shield and its surroundings, 1974. Ed. N. P. Semenenko. Kiev: Naukova Dumka, 590 p. (in Russian).
- Metallogeny of Ukraine and Moldova, 1974. Ed. Ya. N. Belevtsev. Kiev: Naukova Dumka, 508 p.
- Mitropolsky A. S., 1959. Hydrothermal complex deposits of iron. Iron ore deposits of the Altai-Sayan region. Vol. 1. Moscow: Publ. AS USSR, P. 498—511 (in Russian).
- Nikulin V. I., Von der Flaas G. S., Baryshev A. S., 1991. Explosive volcanic basaltic ore-forming system of the Angarsk iron-ore province. *Geologiya rudnyih mestorozhdeniy* (3), 26—40. (in Russian).
- Pavlov A. L., 1983. The genesis of magmatic magnetite deposits. Proceedings of the Siberian Institute of Geology and Geophysics. Novosibirsk: Nauka, is. 552, 220 p. (in Russian).
- Platonov A. N., Sanin V. N., 1998. Gold in the skarn-magnetite deposits of the Altai-Sayan region. *Rudy i metally*, 57—66 (in Russian).
- Pospelov G. L., 1959. Regularities of location of magmatic iron deposits of Altai-Sayan folded area. In: *Regularities of location of mineral resources*. Vol. 2. Moscow: Publ. AS USSR, P. 244—288 (in Russian).
- Yushin A. A., 2008a. Geochemistry of platinum metals in ultrabasic rocks as an indicator of regional specificity of mantle-crust interaction: Materials of XLI Tectonic Conference «Common and regional problems of tectonics and geodynamics». Vol. 2. Moscow: GEOS, P. 506—510 (in Russian).
- Yushin A. A., 2008b. Epithermal type of gold mineralization in the Early Precambrian of the Ukrainian shield in argillizites and secondary quartzites of the Zhel'tovod deposit of the Kriviy Rig. In: *Problems of ore geology, mineralogy, petrology and geochemistry*. Moscow: Publ. IGEM RAS, P. 232—235 (in Russian).
- Yushin A. A., Butyrin V. K., 2009. Some problems of assessment of gold-ore potential of Kryvorizhzhya. *Naukovi pratsi of UkrNDMI*, is. 5, ch. 2, 336—343 (in Russian).
- Yushin A. A., Butyrin V. K., Galchanskiy L. V., Stadnishina N. V., Bondarenko I. N., 2008. Some geochemical characteristics and prospects of identifying complex mineralization at the East-Annovsk Kryvorozhzhya. *Naukovi pratsi Donetskogo NTU. Ser. «Girnichologichna»*, is. 8 (136), 240—244 (in Russian).
- Yushin A. A., Moroz V. S., Proskurko L. I., 2013. Genetic features of displaying of mineralization of precious and non-ferrous metals in carbonaceous complexes of Early Precambrian of Kryvorozhzhya. *Geologomineralogichniy visnik KrNU* (1-2), 12—20 (in Russian).
- Frutos J. J., Oyarzun J. M., 1975. Tectonic and Geochemical Evidence Concerning the Genesis of El Laco Magnetite Lava Flow Deposits, Chile. *Econ. Geol.* 70(5), 988—990.
- Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits a global perspective. Vol. 1. Published by Australian Mineral Foundation Inc. PGC Publishing, Adelaide, 2002. 340 p.
- Park C. F. Jr., 1961. A Magnetite «Flow» in Northern Chile. *Econ. Geol.* 56, 431—441.
- Park C. F. Jr., MacDiarmid R. A., 1964. Ore Deposits. San Francisco — London: W. H. Freeman and Company, 560 p.