



УДК 552.11:552.3

РОЛЬ РУДНЫХ МАГМ В ОБРАЗОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

С. С. Долгушин¹, А. П. Долгушин^{1,2}¹Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск Россия; ²Березовгеология, Новосибирск, Россия

Обосновываются представления о том, что определяющее значение в формировании группы так называемых гидротермальных месторождений имеют не истинные малоконцентрированные гидротермальные растворы (в том числе и их более концентрированные производные – коллоиды), а высококонцентрированные магматические системы (рудные магмы, образующие месторождения интрузивным путем). В то же время одновременно сосуществующие с ними гидротермальные (в том числе и газо-гидротермальные) растворы, как более подвижные и химически активные, производят лишь метасоматические изменения вмещающих пород и околорудную вкрапленность, маскируя магматическую природу месторождений.

Ключевые слова: рудная магма, гидротермальный раствор, коллоиды, растворимость, рудное вещество.

ROLE OF ORE MAGMAS IN THE FORMATION OF DEPOSITS

S. S. Dolgushin¹, A. P. Dolgushin^{1,2}¹Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia; ²Berezovgeologia, Novosibirsk, Russia

Notions are substantiated that for a certain group of so-called hydrothermal deposits, not regular low-concentration hydrothermal solutions, including their more concentrated derivatives, colloids, are not of decisive importance in their formation, but highly concentrated magmatic systems – ore magmas forming deposits by intrusive way, at a time when hydrothermal (including gas-hydrothermal) solutions coexisting with them, being more mobile and chemically active, produce only metasomatic changes in the host rocks and wallrock dissemination, masking the magmatic nature of deposits.

Keywords: ore magma, hydrothermal solution, colloids, solubility, ore matter.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-2-84-91

Основой учения о рудных месторождениях является признание их генетических связей с магматическим очагом, в пределах которого в результате эволюционного развития тем или иным способом (термостатирование, кристаллизационная дифференциация, ликвация и др.) образуется так называемый рудный остаток – рудный флюид, раствор-расплав, гидротермальный раствор, концентрированный раствор, рудная рапа, коллоид и т. д. При всей неясности его физического состояния, как правило, предполагается, что это гидрозоль, т. е. гидротермальный раствор, основой которого является вода, как стехиометрический остаток в результате кристаллизации магматического очага с растворенным рудным веществом, образующим месторождение. При этом под рудным веществом понимается вся масса привнесенных из очага металлогенных и петрогенных элементов, составляющих рудное тело.

Однако многие исследователи [3, 4, 6, 8–10, 13, 15, 17] расходятся в представлениях об источниках и процессах формирования рудных тел месторождений, особенно крупных с богатыми, массивными рудами. Наряду с классическими гипотезами образования руд из гидротермальных высококонцентрированных растворов и коллоидов предполагается формирование богатых рудных тел из рудосодержащих расплавов или рудных магм, которые являются своеобразными выплавками магматических очагов, самостоятельно внедряющимися в окружающие породы.

Разные способы формирования месторождений предполагают разные геолого-структурные особенности локализации рудных тел и разную методику их поиска, что требует обоснованного исследования особенностей их рудообразования с целью исключения ошибок при проектировании видов и методик геолого-разведочных работ.

Гидротермальный раствор

Проблема роли водного (гидротермального) раствора при рудообразовании заключается в степени концентрации рудного вещества, определяющего его физическое состояние: от малоконцентрированного раствора в ионной форме до высококонцентрированного коллоида. Именно степень концентрации рудного вещества в гидротермальном растворе определяет главное противоречие гидротермальной теории: ничтожно малая растворимость рудного вещества (тысячные доли процента) в ионной форме в месте его генерации при высокой концентрации (вплоть до 100 %) в коллоидной форме на месте локализации рудных тел месторождения.

По экспериментальным данным (А. А. Маракушев [9], В. Н. Фирсов [14], В. И. Смирнов [16], Д. С. Белянкин, А. В. Бетехтин, В. И. Воробьев, И. Д. Рябчиков, Ф. В. Чухров и др.) установлено, что растворимость рудных металлов в водных растворах даже при экстремальных условиях не превышает долей процента. Согласно Ф. В. Чухрову [17, с. 141] растворимость в воде (мг/л) серебра $2 \cdot 10^{-7}$,



свинца $5 \cdot 10^{-4}$, цинка $5 \cdot 10^{-5}$, меди $5 \cdot 10^{-4}$, сурьмы 10^{-5} , в то время как растворимость сернистых соединений (моль/л) для перечисленных им 13 сульфидов (PbS, CuS, ZnS, FeS и др.) составляет $(3-7) \cdot 10^{-6} \dots 10^{-10}$ [17, с. 131], а по J. C. Branner, даже до $n \cdot 10^{-20} \dots 10^{-27}$. Крайне низка растворимость в воде петрогенных элементов рудных ассоциаций, в первую очередь кремния, при $T = 150^\circ \text{C}$ и $P = 399 \text{ атм}$ – 203 мг/л , при $T = 300^\circ \text{C}$ – всего 100 мг/л . В. И. Вернадский еще в 1927 г. изучал растворимость кремния как главного компонента месторождений и отмечал, что она слишком низка и это вообще исключает возможность выделения жильного кварца из обычных водных растворов. Академик Ф. В. Чухров [17, с. 141], как и многие другие исследователи, отталкиваясь от экспериментальных данных по растворимости рудных и петрогенных элементов, сделал вывод о том, что «главнейшим препятствием теории переноса минералообразующих веществ истинными растворами является малая ионная или молекулярная растворимость ряда металлов».

Малая растворимость ионно-молекулярного рудного вещества в противоположность концентрированным растворам (коллоидам) определяет как малую концентрацию гидротермального раствора, так и его устойчивость при изменении физико-химических условий существования, неизбежных при перемещении к месту формирования месторождения. Именно поэтому в гидротермальной теории истинные ионно-молекулярные растворы считаются основными транспортантами рудного вещества от места генерации до места локализации в виде месторождения.

В связи с малой растворимостью рудного вещества в водном растворе предполагается, что для образования месторождения истинными гидротермальными растворами малой концентрации требуется очень большое количество воды.

К. В. Краускопф в 1970 г. подсчитал, что для образования всего 1 т киновари исходя из ее растворимости в воде требуется 100 мировых океанов. С. С. Смирнов, критически оценивая возможности гидротермального генезиса месторождений, писал, что для образования только одной кварцевой жилы с 5 % галенита необходимо четыре годовых стока р. Волга. Н. П. Ермаков в 1960 г., рассматривая проблему растворимости кремния в гидротермальных растворах, показал, что для образования всего лишь шести наиболее крупных жил в Каибском плутоне Казахстана (а их там больше) потребовалось бы пропустить через трещины воды в объеме крупного моря. Ф. В. Чухров в 1950 г. писал, что для образования только одной свинцовой рудной кварцевой жилы потребовалось бы около 1500 млрд т воды, что сравнимо с Аральским морем.

Даже эти весьма приблизительные расчеты показывают, что для образования только одного рудного тела (жилы), составляющего лишь ничтожно малую часть месторождения, требуются объемы

воды океанических масштабов. Однако, по данным Г. Горансона (1931), максимально возможное содержание воды в гранитоидном массиве не более 8–10 %, что предполагает невозможность появления больших объемов воды (гидротерм) из массива для образования месторождения. Участие больших объемов воды в формировании месторождений подразумевает наличие очень крупных ореолов гидротермально измененных пород вокруг рудных тел, которые на месторождениях незначительны и фактически не превышают размеры месторождений.

Малая растворимость рудного вещества в гидротермальных растворах, определяет невозможность формирования месторождений этими растворами. Поэтому сторонники гидротермальной гипотезы, учитывая малую вероятность образования месторождений малоцентрированными растворами, вынуждены обращаться к высокоцентрированным системам коллоидного типа, которые способны формировать рудные тела месторождений.

Коллоиды

Коллоиды представляют собой микрогетерогенные системы. Дисперсная среда в них – вода; дисперсная фаза представлена микромерными (доли микронов) агрегатами рудного вещества, способными обеспечить высокие его концентрации, а не ионами и молекулами элементов (как в истинных растворах), которые этого не могут. Установлено, однако, что и истинные растворы с малой концентрацией рудного вещества в определенных условиях при потере дисперсной воды могут переходить в более концентрированные растворы – коллоиды. В свою очередь, последние в результате коагуляции (свертывания) густеют и переходят в гидрогель – тестообразную массу, которая при синерезисе (уплотнении с потерей воды) образует густые рудные массы. В гидротермальной теории предполагается, что месторождения образуются именно так.

На образование руд из густых тестообразных масс на месторождениях указывает наличие колломорфных текстур руд (кружевные, петельчатые, рябчиковые, вихревые, обтекания), сохранность которых зависит от степени их перекристаллизации, а также резкие контакты интрузивного типа с вмещающими породами [4, 6, 8, 10, 15, 20].

Образование рудных тел месторождений из густых высокоцентрированных коллоидов отмечают разные исследователи. А. Н. Заварицкий (1941) считал, что колчеданные месторождения Урала образовались из коллоидных систем. Этой же точки зрения придерживался и П. Ф. Иванкин [6] в отношении алтайских полиметаллических месторождений. В. П. Панов (1951) отмечал, что свинцово-цинковые месторождения Южной Осетии образовались из концентрированных коллоидных систем. Ю. С. Париллов [12], рассматривая проблему формирования месторождений цветных металлов, писал, что многие из них образовались из густых концентрирован-



ных систем. О. Д. Левицкий (1955) и Е. А. Руткевич (1952) считали, что колчеданные и оловянные руды месторождений Дальнего Востока являются продуктами кристаллизации высококонцентрированных коллоидных систем. Г. В. Холмов (1929) к тому же типу отнес вольфрамовые руды Шерловогорского месторождения Забайкалья. Н. В. Петровская (1961), Г. А. Юргенсон и Г. В. Грабеликс (1995) утверждают, что жилы БалеЙского золоторудного месторождения образовались из золотоносного кремнеземного геля; то же самое доказывал В. Линдгрэн (1933) применительно к золоторудным месторождениям Невады. Подобные способы, по мнению Ю. Г. Юргенсона (1997), характерны для золоторудных месторождений Забайкалья. Д. Е. Кодди и М. Х. Хэнкокку (1959) доказали, что урановые месторождения Большого Медвежьего озера в Канаде образовались при раскristализации коллоидных растворов. В. С. Кормилицын (1973) предполагал, что месторождения золота, олова, вольфрама, молибдена, флюорита и др. сформировались из высококонцентрированных гелеобразных систем типа рудных магм.

Ф. В. Чухров, один из сторонников существования коллоидов, на основании многочисленных наблюдений вынужден был признать, что «заполнение жильного пространства вязкими массами можно рассматривать как акт инъекции» [17, с. 60]. Именно инъекционный путь становления рудной магмы отличает ее от медленного, многовекового просачивания гидротермальных растворов, в том числе коллоидов.

Фактические данные об образовании месторождений из высококонцентрированных систем, считающихся коллоидами, предполагают превращение изначально малоцентрированного раствора в высококонцентрированный коллоид.

По этому поводу имеются разные представления, но господствует мнение о загустевании малоцентрированного раствора по мере его обезвоживания. Так, например, А. В. Бетехтин полагает, что «коллоидные растворы (гидрозоли) могут образовываться из истинных растворов как в результате резкого пересыщения или переохлаждения растворов, так и в процессе химических реакций, особенно разложения» [10, с. 136]. Ф. В. Чухров относительно возникновения коллоидов не на месте генерации раствора (т. е. в магматическом очаге), а по пути следования к месторождению пишет: «предполагается, что коллоидные растворы возникают позже, причем перенос рудообразующих веществ в них осуществляется на сравнительно небольшие расстояния» [17, с. 149]. При превращении малоцентрированного раствора в высококонцентрированный (до состояния геля) с изменением физико-химических условий (пересыщение, переохлаждение, химические реакции, потеря газовой фазы, влияние катализаторов и т. д.) резко изменяется объем гидротермальной системы из-за ее обез-

воживания. Так, например, Л. В. Фирсов [16], исходя из малой растворимости в воде кремния, подсчитал, что объем гидротермальной системы при обезвоживании в связи с превращением ее в кремнеземный гель, формирующий золотоносные кварцевые жилы, уменьшился в 263 раза. Даже с учетом приближенности расчетов возникает проблема высвобождения океанических объемов воды при превращении истинных растворов в коллоиды. Для многих месторождений это утверждение опровергается малым распространением гидротермально измененных пород.

Как отмечал А. В. Бетехтин [10], транспортировка рудного вещества гидротермальными растворами осуществляется в истинных малоцентрированных растворах в ионно-дисперсной форме и концентрированными растворами в коллоидном состоянии в виде зелей с последующим их превращением в гели. По данным Ф. В. Чухрова [17] и А. В. Бетехтина [10], представления о коллоидах как о транспортерах рудного вещества на большие расстояния противоречат главному свойству коллоидов – их неустойчивости при изменении внешних условий среды и внутреннего состояния коллоидов; это существенно затрудняет и даже, возможно, исключает транспортировку рудного вещества с последующим формированием месторождений.

Обоснование освобождающихся объемов воды при превращении истинных растворов в коллоиды предполагает формирование коллоидов изначально в магматическом очаге в форме некоторых соединений – сульфатов, галоидов или других образований. Так считают некоторые авторы [10]. К. Н. Фенер (1937) и А. В. Бетехтин [10] предположили не ионную, а галоидную форму переноса металлов в гидротермальном растворе, что увеличило их возможную концентрацию на несколько порядков, однако и это не позволяет создать гелеобразные рудные массы месторождений. Кроме того, выяснилось, что галоидная форма переноса металлов применима только к сульфидам, но не к другим рудным и петрогенным элементам, составляющим руды месторождений.

Таким образом, неустойчивость коллоидов как транспортантов рудного вещества, часто фиксируемые особенности интрузивной формы залегания рудных тел и их четкие контакты с вмещающими породами, слабое метасоматическое воздействие на них – все это позволяет сделать вывод о невозможности образования богатых крупных рудных тел месторождений подобным способом. В то же время существует альтернативная гипотеза их формирования из рудных магм.

Рудные магмы

Рудные магмы, в противоположность гетерогенным дисперсным водным растворам (гидрозолям) – коллоидам с дисперсной средой, представленной водой, являются гомогенными расплавленными



магматическими системами, лишь содержащими рудные элементы в промышленно значимых количествах. По сравнению с гетерогенными дисперсными водными коллоидами магматические расплавы устойчивы к изменению условий среды. Рудные магмы способны аккумулировать и транспортировать рудное вещество на большие расстояния от места генерации до места локализации [17], что отличает их от неустойчивых водных растворов-коллоидов и позволяет формировать любые концентрации рудного вещества до 100 %, как, например, в магнетитовых лавах (Лако в Чили).

Источником рудных магм является очаг гранитоидной магмы, где по мере раскристаллизации происходит образование остаточных локальных магматических выплавок, обогащенных металлогенными элементами, водой, щелочами и летучими компонентами, которые образуют так называемый *рудный остаток* [20].

По современным представлениям, основанным на экспериментальных данных [1, 2, 8, 9, 11, 12, 15, 18–20 и др.] и обобщенных А. А. Маракушевым [8, 9], в определенных условиях под воздействием ликвации происходит дифференциация рудного остатка на две совместно существующие фазы – газовой-гидротермальную и флюидный силикатный расплав. При этом наиболее существенно адсорбирует рудные элементы силикатный расплав, представляющий собой рудную магму, которая может интрузивным путем образовывать богатые рудные тела месторождений. При этом газовой-термальная фаза, обогащенная рудными элементами, только производит метасоматическую проработку вмещающей среды и формирует рассеянную рудную вкрапленность. Соотношение в остаточном очаге этих фаз и определяет тип руд конкретного месторождения [8, 9]. Именно влияние газовой-гидротермальной фазы, сопутствующей интрузии рудной магмы, затушевывает магматический облик месторождения, позволяя классифицировать руды как гидротермальные.

При использовании термина «рудная магма» как рудоносного магматического расплава особенности его физического состояния, в том числе совместно существующего с ним гидротермального раствора, рассматриваются с разных точек зрения.

При использовании этого термина Дж. Сперр [15, 20] и Ч. Парк [11, с. 31] писали, что «магмы или магматические фракции, которые при затвердевании оказываются рудами, называются рудными магмами». В соответствии с этим к рудным магмам следует относить как магматические расплавы с высоким (до 100 %) содержанием рудного компонента (рудные порфиры, магнетитовые лавы типа Локо или сульфидные расплавы норильско-седберевского типа), так и силикатные расплавы (магмы) с низким (доли процента), но промышленным его содержанием типа золоторудных диоритовых даек Колымы или золотоносных кварцевых жил [1].

Основоположником представлений о формировании рудных месторождений из рудоносных магматических расплавов, получивших название рудных магм, был Дж. Хеттен (1800). Его представления развивали Д. Плейфер (1802), Т. Бельт (1861), Ж. Фурье (1835), В. Линдгрэн (1933) и др. По данным Т. Бельта (1861), многие богатые золоторудные месторождения Австралии и Южной Америки были сформированы из золотоносных кварцевых расплавов, т. е. рудных силикатных магм. Теорию рудных силикатных магм поддерживали Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, С. С. Смирнов, Ф. В. Чухров, А. А. Маракушев [8, 9], Н. П. Ермаков, Г. А. Юргенсон и др. С. С. Смирнов, допуская возможность магматического генезиса кварцево-рудных жил, писал, что не подлежит сомнению, что в ряде случаев мы встречаемся с результатом деятельности растворов весьма близких по своей природе к рудным магмам Сперра (1955). Ю. А. Билибин допускал возможность существования золотоносных диоритовых магм, как первоисточника металла [2]. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг (1981), разделял магмы на силикатные и несиликатные и среди первых выделял карбонатитовую, апатитолитовую, сульфидолитовую и кварцолитовую разновидности магматических расплавов. А. Н. Заварицкий (1926) относил колчеданные месторождения Урала к образованиям из рудной магмы. В. А. Обручев (1929) в учебнике «Рудные месторождения» поместил колчеданные месторождения в раздел «инъекционные образования». Ю. С. Париков [12] обосновал магматическую природу ряда сульфидных месторождений. В. Н. Румянцев [13] с физико-химических позиций обосновал магматическую природу ряда кварцево-жильных месторождений. Наличие рудных магм убедительно подтверждается четвертичными лавовыми магнетитовыми потоками вулкана Локо (Чили) с ресурсами железа 70 млн т [11], гигантскими сульфидными месторождениями норильско-седберевского типа, современными карбонатитовыми лавами Танганьики и Ирана, гигантскими магнетитовыми месторождениями Кируна в Швеции, рудными порфирами Анзасского и Холзунского месторождений Сибири [3] и др.

Признание проявления рудных магм как ведущего процесса при образовании рудных месторождений принципиально решает проблемы, абсолютного тупиковые для гидротермального процесса.

Во-первых, растворимость рудного вещества в гидротермальном растворе ничтожно мала и не может обеспечить формирование месторождения в его реальном объеме. В то же время рудная магма, как изначально высококонцентрированная система, образует месторождение путем одноактной инъекции.

Во-вторых, снимается вопрос об участии гигантских (океанических) объемов воды, необходимых для гидротермального рудообразования, так как рудные магмы являются безводными системами.

В-третьих, объясняется природа кварцевых рудовмещающих пород не как образований осадочного генезиса, а как эндогенных производных магматического расплава (силикатной выплавки).

В-четвертых, это позволяет объяснить отсутствие крупных месторождений золота в архейском фундаменте, при разрушении которых формировались протяженные рифы с золотоносными конгломератами, так как источником золота могла быть рудная силикатная магма как продукт дифференциации материнского расплава.

Объясняются и многие другие вопросы: четкие интрузивного типа контакты руд при маломощных ореолах измененных пород, образование руд из густых высокоплотных ($2,6-2,7 \text{ г/см}^3$) масс, наличие взвешенных обломков пород в рудной массе и ряд других фактов, противоречащих образованию руд из водных растворов.

Для иллюстрации изложенного приведем данные по одному из крупнейших месторождений не

только Сибири, но и мира – Таштагольскому, традиционно считающемуся гидротермальным, но, по нашему мнению, образованному рудной магмой.

Таштагольское железорудное месторождение

Таштагольское месторождение (рис. 1) находится в Кемеровской области в пределах Горно-Шорского железорудного района и по имеющимся данным имеет гидротермальное генезис [4, 5]. Запасы железных руд на 1982 г. составляли около 250 млн т.

В 1982 г. на юго-восточном фланге было выявлено новое глубоко залегающее (более 700 м), рудное тело участка Глубокий с запасами 550 млн т. Вмещающие породы – среднекембрийские вулканогенно-осадочные отложения с массивами сиенитов, в контактах которых или непосредственно в них локализованы железорудные тела. Вдоль контактов рудных тел присутствуют взрывчатые брекчии, сторонниками осадочного генезиса руд часто принимаемые за туфы [7]. Месторождение представлено рудной зоной протяженностью 900 м, включающей сближенные, кулисообразно расположенные рудные тела столбообразной формы мощностью 5–7 м (в раздувах до 40 м). Вертикальная протяженность рудных тел 500–1000 м и более. На

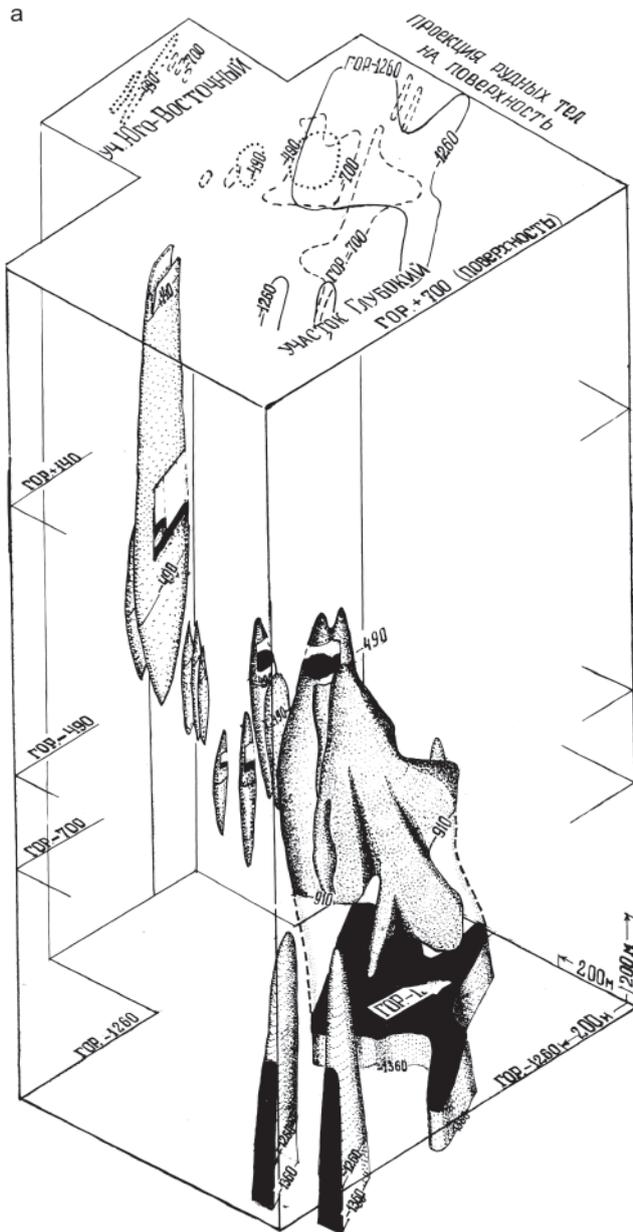
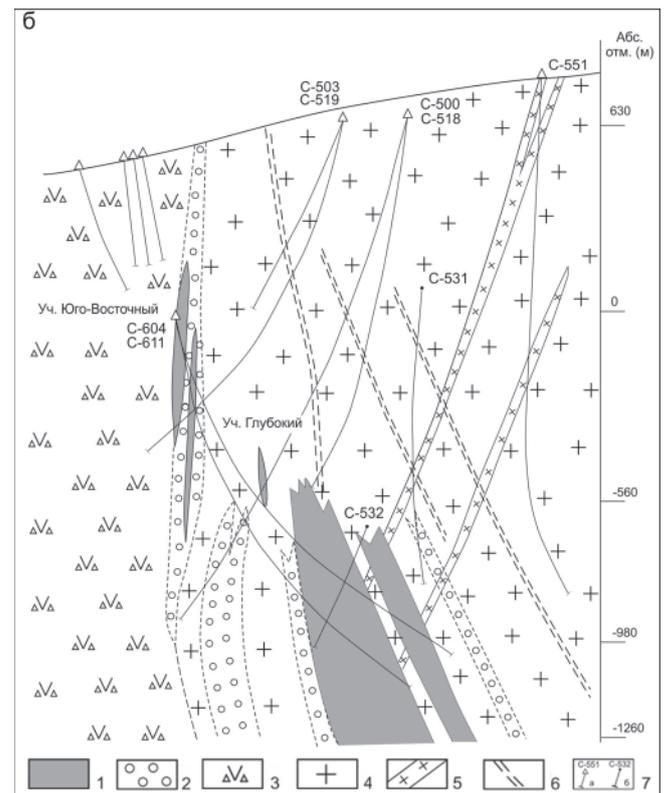


Рис. 1. Таштагольское железорудное месторождение: а – аксонометрическая проекция рудных тел участка Глубокий, б – геологический разрез участков Глубокий и Юго-Восточный (по А. Б. Шепелю и др., 1989)

1 – магнетитовая руда; 2 – метасоматиты; 3 – сиениты; 4 – туфы; 5 – дайки диоритов; 6 – зоны рассланцевания; 7 – пробуренные скважины: а – с поверхности, б – из подземных выработок



месторождении выявлено одно гигантское рудное тело участка Глубокий мощностью до 200 м, разведанное до глубины 1800 м и уходящее без признаков выклинивания на глубины до 3–4 км (по данным моделирования). Особенностью месторождения является интрузивная (рвущая) форма залегания рудного тела и отсутствие метасоматитов над «головой» рудного тела.

Руды сливные, мономинерального типа, существенно магнетитовые, среднее содержание железа 68,06 % [5]. При этом в однородной сплошной мелкозернистой массе в полированных образцах видны колломорфные текстуры кружевного, петельчатого типа, позволяющие предполагать образование железных руд из вязкого магнетитового расплава (рис. 2). Контакты рудных тел всегда четкие, при малой мощности околорудных метасоматитов хлорит-кальцит-альбитового состава с серицитом и кварцем. Геохимические околорудные ореолы слабо проявлены.



Рис. 2. Колломорфные (кружевные) текстуры магнетитовых руд Таштагольского месторождения. Образец полированного керна

Особенности геологического строения Таштагольского месторождения показывают ведущую роль рудной магмы в его формировании при незначительном сопровождении гидротермальных процессов.

Анализ строения и состава руд Таштагольского месторождения позволяет выделить следующие характерные признаки формирования руд из магматического расплава.

1. Месторождение связано с сиенитами как продуктами глубокой дифференциации магматического очага и сформировано в процессе ликвационного отделения магматической выплавки рудной магмы от материнской силикатной с последующим внедрением и формированием магнетитовых рудных тел. На ликвационную природу магнетитовых расплавов указывает частое присутствие характерных образований в железных рудах близкого расположенного Шалымского месторождения – шаровидных глобул магнетит-гематитового состава размером от первых мм до 2 см.

2. На участке Глубокий рудное тело имеет гигантские размеры для гидротермального типа руд и сравнимо с магматическими магнетитовыми и ти-

таномангнетитовыми телами в массивах габброидов, хромитовыми объектами [4].

3. Рудные тела имеют столбообразную и дайкообразную форму с четкими контактами интрузивного типа, характерными для магматических объектов.

4. Отмечена тесная связь рудных жил с эксплозивными брекчиями, свойственная магматическим месторождениям.

5. Наблюдается исключительная однородность и выдержанность состава рудных тел, структурно-текстурные особенности, включая колломорфные текстуры.

6. Температура кристаллизации рудных тел определена как 540 °С, что свойственно магнетитовым месторождениям [4].

7. Зоны изменения вмещающих пород мало-мощные и слабо выраженные, околорудные геохимические ореолы слабые или почти полностью отсутствуют, что характерно для титаномангнетитовых месторождений в габброидах или хромитовых рудных тел в дунитах магматического генезиса с малым участием газовой гидротермальной фазы [4].

На участке Глубокий на ранней стадии разведки были пробурены скважины глубиной 500–600 м без признаков оруденения, расположенные в непосредственной близости от позднее выявленного гигантского рудного тела. Через много лет после начала эксплуатационных работ, при развитии буровых работ на глубину было обнаружено новое гигантское рудное тело.

На основе тектономагматического анализа по размещению сиенитовых массивов Г. Л. Пospelov [5] предположил наличие на глубине подобных крупных рудных тел, несмотря на отсутствие признаков изменения вмещающих пород и рудосопровождающих геохимических ореолов. Однако преобладание теории вулканогенно-осадочного генезиса с литолого-стратиграфическим контролем оруденения среди исследователей [7] не позволило своевременно их выявить.

Выводы

Учение об образовании гидротермальных месторождений базируется на представлениях о транспортировке рудного вещества от места его генерации до места локализации гидротермальными (гидротермально-газовыми) растворами. Однако эти представления противоречат следующему. Растворимость рудного вещества в воде мала (ионно-молекулярного типа), что определяет и малую ионно-молекулярную концентрацию (до $n \cdot 10^{-5} \dots 10^{-7} \%$) гидротермального раствора на месте его зарождения в магматическом очаге, а месторождения образуются из густых высококонцентрированных систем типа коллоидов, дающих при их коагуляции рудные гели. Для устранения этих противоречий допускается возможность на путях движения первично мало-концентрированных гидротермальных растворов их загустевания и превращения в высококонцентриро-



ванные коллоиды, дающие при их коагуляции рудные гели, из которых и образуются месторождения.

Однако подобные допущения порождают неразрешимые проблемы: следов гигантских океанических объемов воды как излишков при загустении растворов на месторождениях нет. Кроме того, предполагаемая длительная транспортировка рудного вещества коллоидами противоречит главному их свойству – неустойчивости при изменении внешних и внутренних условий, неизбежному при длительной транспортировке в верхнюю зону. Критики данной гипотезы особо обращают на это внимание. Изложенная противоречия вполне преодолимы, если признать альтернативную гипотезу о ведущей роли в образовании руд части месторождений не гидротермальных растворов, а магматических расплавов в виде рудных магм при подчиненной роли сосуществующих с ними малоцентрированных гидротермальных растворов. В той или иной степени участвующие в рудообразовании гидротермальные растворы формировали околорудные метасоматиты и бедную вкрапленность рудной минерализации вокруг богатых и сливных рудных тел.

Представление о ведущей роли магматических процессов в формировании железорудных месторождений, кроме научного интереса, имеет и практическое значение, так как полностью меняет методику поисковых и оценочных работ, в том числе позволяя разработать новую научную основу строения рудных полей и месторождений как производных становления рудных магм [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Альшевский А. В.** Колымские золотоносные дайки и их значение в истории геологического изучения и хозяйственного освоения Верхояно-Колымского района // Диковские чтения: матер. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Дальстроя. – Магадан, 2002. – С. 198–199.

2. **Билибин Ю. А.** Диоритовые магмы как первоисточник золотого оруденения. Т. III. – М.: Изд-во АН СССР, 1964. – 518 с.

3. **Долгушин С. С.** Рудные порфиры Холзунского месторождения как продукты кристаллизации рудных магм // Рудоносность вулканоплутонических комплексов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 36–41.

4. **Долгушин С. С., Павлов А. П.** Механизм формирования магнетитовых месторождений. – Новосибирск: Наука, 1987. – 164 с.

5. **Железорудные** месторождения Алтае-Саянской складчатой области. Т. 1, кн. 2 / под ред. И. П. Бардина. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 281–306.

6. **Иванкин П. Ф.** Морфология глубоко вскрытых магматогенных рудных полей. – М.: Недра, 1970. – 287 с.

7. **Кирилловский Ф. В.** Вопросы генезиса Таштагольского железорудного месторождения (Горная

Шория) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2018. – № 2. – С. 61–64.

8. **Маракушев А. А., Граменицкий Е. Н., Коротаев М. Ю.** Петрологическая модель эндогенного рудообразования // Геология рудных месторождений. – 1983. – № 1. – С. 3–20.

9. **Маракушев А. А., Панях Н. В., Зотов Н. А.** Новые представления о происхождении месторождений благородных металлов кварцево-рудной формации // Проблемы геологии рудных месторождений, минералогии и геохимии. – М.: ИГЕМ РАН, 2008. – С. 36–139.

10. **Основные** проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях / под ред. А. Г. Бетехтина. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 125–275.

11. **Парк Г. Ф., Мак-Дормид Л. В.** Рудные месторождения. – М.: Мир, 1966. – 557 с.

12. **Парилов Ю. С.** Роль сульфидных растворов-расплавов в формировании месторождений цветных металлов // Смирновский сборник. – М.: ВИНТИ, 2012. – С. 134–165.

13. **Румянцев В. Н.** К теории кварцево-жильного минералообразования, генетически связанного с гранитоидами. – М.: Изд-во АН СССР, 1983. – С. 60–70.

14. **Смирнов В. И.** Плутонизм и непутизм в развитии учения о рудных месторождениях. – М.: Наука, 1987. – С. 38–91.

15. **Сперр Дж., Линдгрэн В., Фогт И.** О рудной магме. – Новосибирск: Горгеонефтеиздат, 1933. – С. 6–68.

16. **Фирсов В. Н.** Золото-кварцевая формация Яно-Колымского пояса. – Новосибирск: Наука, 1985. – 214 с.

17. **Чухров Ф. В.** Коллоиды в земной коре. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 668 с.

18. **Morey G. W.** The development of pressure in magmas as a result of crystallization // J. Wash. Acad. Sci. – 1922. – Vol. 12, no. 9. – P. 219–230.

19. **Smith F. G.** Transport and deposition of the non-sulphide vein minerals. III. Phase relations at the pegmatitic stage // Econ. Geol. – 1948. – Vol. 43, no. 7. – P. 535–546.

20. **Spurr J. F.** The ore magmas. – New York: Mc Graw Coins, 1923. – 915 p.

REFERENCES

1. Alshevskiy A.V. [Kolyma gold-bearing dikes and their significance in the history of geological study and economic development of the Upper Yana Kolyma district]. *Dikovskiy chteniya. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu Dalstroya* [Dikov Readings. Materials of Scientific Research Conference devoted to 70th anniversary of Dalstroy]. Magadan, 2002, pp. 198–199. (In Russ.).

2. Bilibin Yu.A. *Dioritovyye magmy kak pervoistochnik zolotogo orudeneniya. Tom III* [Diorite magmas as the primary source of gold ore mineralization. Vol. 3]. Moscow, AS USSR Publ., 1961. 518 p. (In Russ.).



3. Dolgushin S.S. [Ore porphyries of the Kholzunskoye deposit as products of crystallization of ore magmas]. *Rudonosnost vulkano-plutonicheskikh kompleksov Sibiri* [Ore content of volcano-plutonic complexes in Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1979, pp. 36–41. (In Russ.).
4. Dolgushin S.S., Pavlov A.P. *Mekhanizm formirovaniya magnetitovykh mestorozhdeniy* [Mechanism of the magnetite deposits formation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1987. 164 p. (In Russ.).
5. Bardin I.P., ed. *Zhelezorudnyye mestorozhdeniya Altay-Sayanskoy skladchatoy oblasti. T. 1, kn. 2* [Iron ore deposits of the Altai-Sayan folded region. Vol. 1, book 2]. Moscow, AS USSR Publ., 1959, pp. 281–306. (In Russ.).
6. Ivankin P.F. *Morfologiya gluboko vskrytykh magmatogennykh rudnykh poley* [Physiography of deeply intersected magmatogenic ore fields]. Moscow, Nedra Publ., 1970. 287 p. (In Russ.).
7. Kirillovskiy F.V. [Issues of the Tashtagol iron ore deposit genesis (Gornaya Shoriya)]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2018, no. 2, pp. 61–64. (In Russ.).
8. Marakushev A.A., Gramenitskiy E.N., Korotayev M.Yu. [Petrological model of endogenic ore formation]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 1983, no. 1, pp. 3–20. (In Russ.).
9. Marakushev A.A., Paneyakh N.V., Zotov N.A. [New Insight into the origin of precious metals deposits of quartz-ore formation]. *Problemy geologii rudnykh mestorozhdeniy, mineralogii, petrologii i geokhimii* [Problems of geology of ore deposits, petrology, mineralogy and geochemistry]. Moscow, IGEM RAS Publ., 2008, pp. 136–139. (In Russ.).
10. Betekhtin A.G., ed. *Osnovnyye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniyakh* [Main problems in theory of magmatogenic ore deposits]. Moscow, AS USSR Publ., 1955, pp. 125–275. (In Russ.).
11. Park G.F., Mac-Diarmid L.V. *Rudnyye mestorozhdeniya* [Ore deposits]. Moscow, Mir Publ., 1966. 557 p. (In Russ.).
12. Parilov Yu.S. [Role of sulphide solutions-melts in the formation of deposits of non-ferrous metals]. *Smirnovskiy sbornik* [Smirnov Proceedings]. Moscow, VINITI Publ., 2012, pp. 134–165. (In Russ.).
13. Rumyantsev V.N. *K teorii kvartsevo-zhilnogo mineraloobrazovaniya, geneticheskii svyazannogo s granitoidami* [To the theory of quartz-veined mineral formation genetically related to granitoids]. Moscow, AS USSR Publ., 1983, pp. 60–70. (In Russ.).
14. Smirnov V.I. *Plutonizm i neptunizm v razviti ucheniya o rudnykh mestorozhdeniyakh* [Plutonism and neptunism in the development of the theory on ore deposits]. Moscow, Nauka Publ., 1987, pp. 38–91. (In Russ.).
15. Spurr J.F., Lindgren V., Fogt I. *O rudnoy magme* [About ore magma]. Novosibirsk, Gorgeonefteizdat Publ., 1933, pp. 6–68. (In Russ.).
16. Firsov V.N. *Zoloto-kvartsevaya formatsiya Yano-Kolymkogo poyasa* [Gold-quartz formation of the Yana-Kolyma belt]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985. 214 p. (In Russ.).
17. Chukhrov F.V. *Kolloidy v zemnoy kore* [Colloids in the Earth's crust]. Moscow, AS USSR Publ., 1955. 668 p. (In Russ.).
18. Morey G.W. The development of pressure in magmas as a result of crystallization. *J. Wash. Acad. Sci.*, 1922, vol. 12, no. 9, pp. 219–230.
19. Smith F.G. Transport and deposition of the non-sulphide vein minerals. Vol. III. Phase relations at the pegmatitic stage. *Econ. Geol.*, 1948, vol. 43, no. 7 pp. 535–546.
20. Spurr J.F. *The ore magmas*. New York, Mc Graw Coinc, 1923. 915 p.

© С. С. Долгушин, А. П. Долгушин, 2021