

К ВОПРОСУ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ КОНТАКТОВОГО ЖЕЛЕЗООРУДЕНЕНИЯ С ИНТРУЗИЯМИ

С. С. ИЛЬЕНОК

(Представлено научным семинаром кафедры петрографии)

Практика поисково-разведочного дела требует непосредственного приложения теории к решению практических задач. Одним из наиболее важных вопросов подобного рода является изучение генетических связей оруденения с интрузиями. Многочисленные петрологические исследования последнего времени наряду с экспериментальными работами позволили ближе подойти к решению этой важной проблемы. Исследованиями С. С. Смирнова, А. Е. Ферсмана, Ю. А. Билибина, А. Г. Бетехтина, Д. С. Коржинского, К. И. Сатпаева, Х. М. Абдуллаева и др. выявлен ряд закономерностей связи породообразования и рудообразования, физико-химической и геохимической связи процессов. Огромную роль здесь сыграла большая семья производственных геологов в нашей стране, в результате работы которых получен огромный фактический материал по геологии, структуре, составу магматических и рудных комплексов. Большой интерес имеет работа Ю. А. Кузнецова [12] по выявлению закономерностей размещения и анализу магматических комплексов или формаций. Эта работа может быть основой для решения многих металлогенических вопросов.

Кроме особенностей, связанных с первичным составом магмы, большинство исследователей большую роль в вопросе металлогенической специализации магм придают явлениям ассимиляции. Обычно под этим понимается усвоение магмой постороннего твердого материала вмещающей среды плавлением (гранофиры Карру в Ю. Африке) либо посредством химического взаимодействия с участием летучих.

При этом трудно объяснимыми остаются вопросы происхождения летучих, наличие накопления отдельных элементов при отсутствии их в окружающей среде, а особенно связь оруденения с естественной историей магматического комплекса.

Результаты изучения нами ряда магматических комплексов в Западной Сибири, а также анализ объективных данных по петрологии отдельных интрузивных массивов позволяет сделать вывод о значительной роли явлений магматического замещения как в образовании этих комплексов, так и в связи с ними рудопроявления. При этом процесс ассимиляции посредством плавления характерен для ранних стадий становления базальтовой магмы и связан с ее высокой температурой. Кроме того, он проявляется при действии на легкоплавкие породы, близкие по составу гранитной эвтектике (например, алевролиты). При действии же на карбонатные породы скорее проявляется диссоциация

карбонатов с образованием CO_2 и CaO , либо MgO , являющихся химически активными веществами. Для более поздних стадий формирования магматических пород характерны явления магматического замещения.

Наиболее ясно проявляется связь оруденения с материнскими интрузиями в железорудных месторождениях контактового типа. Анализ особенностей состава интрузий, с которыми связано контактовое железооруденение, привел Ю. А. Кузнецова [13] к выводу о их связи с производными базальтовой магмы. Эти производные связаны с трахитовым направлением дифференциации магмы. Им отмечается редкость крупных контактовых железорудных месторождений, связанных с гранитоидными интрузиями, и появление их при массовой ассимиляции последними основных пород.

В настоящей статье приводятся факты, указывающие на признаки магматического замещения в массивах, с которыми связано как контактовое железооруденение, так и другие типы рудопроявления. Эти особенности позволяют сделать вывод о связи становления магматических интрузивных комплексов и оруденения.

Изучение интрузивных массивов, сложенных базальтоидной группой пород, показывает прежде всего резкую разницу в проявлении дифференциации магмы пологих и горизонтальных, с одной стороны, и крутопоставленных и вертикальных плутонов, с другой стороны. В первой группе плутонов, выраженных в виде интрузивных залежей, лакколлитов, лополитов, отчетливо и даже резко проявляется стратификация, обязанная главным образом особенностям дифференциации магмы на месте в теле плутона, хорошо проявляется «железистый» тип дифференциации магмы с накоплением остаточной жидкости, богатой железом, титаном, несколько обогащенной фосфором. С этим связано постоянное наличие в интрузивных массивах бедных вкрапленных оруденелых пород и редко сливных руд с титаномагнетитовым или магнетито-ильменитовым, иногда ильменитовым типом минерализации; часто встречается комплекс сульфидной минерализации также обычно в виде вкрапленности и очень редко — скопления сливных руд. Щелочное направление дифференциации здесь почти не выражено или проявляется слабо, если исключить из рассмотрения интрузии заведомо щелочных магм. Такая особенность дифференциации хорошо видна в траппах Сибирской платформы [14].

Крутопоставленные плутоны имеют иной характер строения и комплекса слагающих пород. Они связаны с интрузией магмы, образующей вертикальные и крутые столбы, уходящие на большие глубины. В этом случае имеют место более разнообразные и сложные процессы. Образованные в верхней части магматического столба в результате кристаллизации магмы основные габброидные породы подвергаются непрерывным изменениям под влиянием притока постоянно меняющейся по составу магматической жидкости. Проявление тектонических движений или развитие трещин в процессе становления интрузии может привести к многофазному строению массива с развитием интрузивных контактов для пород, связанных с отдельными инъекциями магмы, наличием закаленных контактов и т. д.

В результате тектонических движений часто новые порции магмы дают самостоятельные формы тел, которые могут быть пространственно разобщены от ранних продуктов кристаллизации магмы. Значительное разнообразие магматическим продуктам придают явления ассимиляции, которые в этом случае развиты довольно широко.

Изучение состава подобных массивов применительно к северо-восточной части Алтае-Саянской области показывает обычный последова-

тельный ряд магматических дифференциатов следующего вида: габбро, монцониты, сиениты, кварцевые сиениты и граносиениты, граниты; чаще сиениты и граниты щелочного типа, реже нормальные.

Другой ряд интрузивных дифференциатов обычно располагается во вмещающей толще зеленокаменных эффузивов и связан с явлениями ассимиляции вмещающих пород. Этот ряд имеет такую последовательность: габбро, диориты, кварцевые диориты, плагиограниты.

Признаки магматического замещения

Связь метасоматоза с локализацией подвижной магмы при явлениях гранитизации отмечал целый ряд исследователей. Согласно работам Мак Грегора, Вильсона, Барта и других [20, 21, 22], процесс гранитизации распадается на два этапа: а) метасоматоз под влиянием тепла и активного действия мигрирующих растворов, б) механическое проникновение подвижной магмы и ее механическое смещение с метасоматизированной породой.

Все указанные исследователи проводят резкую границу между метасоматозом и механическим проникновением магмы. Недостаточно учитывается тот факт, что проникновение подвижных магматических растворов в породы вызывает не только изменение состава слагающих их твердых фаз, но непрерывное увеличение поровой жидкости, непрерывное изменение ее состава. Процесс приводит к образованию местной магматической жидкости, целиком замещающей первичную твердую породу.

Своеобразие процесса, определяемого как магматическое замещение, впервые выделил и сформулировал Д. С. Коржинский [8, 9]. Этот процесс связан с инфильтрацией сквозьмагматических растворов, содержащих воду и щелочные металлы, в твердые породы с проявлением стадии их растворения или расплавления. При этом допускается промежуточная коллоидная стадия. Отмечая неправильность представлений о метасоматическом происхождении гранитов, Д. С. Коржинский указывает трудность объяснения многоминерального состава гранитов, а также выравнивание их состава при допущении метасоматического способа образования.

Под магматическим замещением мы понимаем, в соответствии с определением Д. С. Коржинского, проникновение в твердые породы подвижного раствора магматического происхождения, обычно щелочно-кислого состава. В результате взаимодействия раствора и твердых кристаллов происходит не только диффузионный обмен и выравнивание состава твердой и жидкой фазы, но и непрерывное возрастание количества жидкой фазы, чему способствует, видимо, развязывание экзотермических реакций при изменении высокотемпературных магматических материалов. Проявляется местное образование вторичной магмы, которая или кристаллизуется на месте, или медленно выдавливается в несколько более высокие горизонты. Этому содействует также и перемещение вверх фронта магматического замещения.

Однако магматическое замещение не есть механический процесс замещения исходного материала. Безусловно, этот процесс сложный и связан с непрерывным изменением состава как жидкости, так и твердого субстрата. При этом непрерывно меняется состав летучих, возрастает давление пара последних и миграция их во вмещающие породы. Состав жидкости меняется по направлению к наиболее легкоплавкой эвтектике и зависит в значительной мере от пополнения расходуемого раствора новыми порциями из глубины.

В результате воздействия щелочно-кислых растворов на основные минералы породы проявляется переход в подвижное состояние и вынос

Mg, Fe, Al, Ca наряду с главными компонентами раствора в виде кремнезема и щелочей. Большую роль играют летучие OH, H, CO₂, галоиды и другие, которые не только ускоряют и регулируют процесс замещения, но и способствуют мобилизации металлов из среды, обуславливают специфику связанных с ними гидротермальных растворов.

Во многих интрузивных массивах мы имеем разнообразные породы, связанные взаимными переходами, которые объясняются явлениями замещения более ранних образований. Последние сохраняются в виде небольших участков по краям массивов, иногда во внутренней части, нередко они имеют характер крупных ксенолитов. В связи с незаконченными процессами ассимиляции ранних пород порциями более поздней магмы встречаются гибридные образования или шлировые текстуры. Приведем несколько примеров.

Автор весьма детально изучил Бельский интрузивный массив, расположенный на речке Изекиюл, правом притоке реки Черного Юуса на восточном склоне Кузнецкого Алатау. На площади массива наблюдаются небольшие участки габбро с переходами к монцонитам, кварцевым монцонитам и кварцевым сиенитам, занимающим главную часть массива. В южной части массива развиты кварцевые сиениты и граниты. Мелкими пятнами среди отмеченных пород располагаются кварцевые гельсинкиты. Переходы между всеми типами пород постепенные. К заключительной стадии развития магматических пород массива приурочена широко проявленная альбитизация. Она приводит к образованию не только гельсинкитов, но и альбитовых диоритов, а также своеобразных овоидных альбититов [5, 6]. В контактовых зонах, связанных с горизонтально залегающими остатками кровли, широко развиты десмозиты и адиноли.

К этой же интрузии относится залегающий рядом массив Спасского тольца, где преобладают породы габбрового ряда, имеются переходы к кварцевым диоритам и плагиогранитам, образующим очень небольшие пятна.

На Бельском участке наблюдаются явные признаки магматического замещения как габбро, так и вмещающих интрузию диабазовых порфиритов. Признаки замещения габбро выражаются в наличии реликтов самого габбро среди монцонитов, а также широком развитии позднего ксеноморфного калишпата, переходах титанавгина в диопсид, реликтах офитовой структуры в монцонитах и сиенитах, реликтах зерен титаномагнетита в виде сетки пластинок ильменита среди титаномагнетита, замещаемого хлоритом, лейкоксеном и сфеном. Местами следов магнетита не остается, ибо все железо выносится. Общая последовательность изменения пород связана вначале со значительным накоплением щелочей и кремния, выносом магния, железа, кальция и алюминия с образованием монцонитов, а затем сиенитов. Последующее проявление замещения выражается в значительном увеличении кремнезема и натра с образованием кварцевых сиенитов и гранитов. Таким образом, процесс распадается как бы на две стадии—более раннюю стадию сиенитизации и более позднюю—гранитизации.

Очень интересным фактом является соответствие минеральной фации роговиков магматическим породам, развитым в приконтактной зоне. К габбровым породам прилегают плагиоклаз—пироксеновые, к диоритам плагиоклаз—роговообманковые роговики и т. д.

С Бельским и Спасским массивами связаны железорудные скарны, приуроченные к области контакта, а также кварцево-сидерито-гематитовые и кварцевые жилы с золото-медно-висмутовым сульфидным оруденением.

В южной части Горной Шории Лебедская интрузия содержит среди гранодиоритов и слабо развитых гранитов участки сиенитов, диоритов, кварцевых диоритов и габбро. При этом габбровые породы имеют характер реликтов с неровными границами среди более щелочных и кислых пород. Особенно много ксенолитов переработанного габбро среди диоритов. Интересно, что к массиву приурочены железорудные скарны, залегающие в висячем боку (Коурчакское месторождение). При этом со скарнами связана не только концентрация магнетита, но также сульфидная минерализация и проявление золотого оруденения промышленного значения.

Кондомская группа железорудных месторождений приурочена к небольшим массивам сиенитов, которые расположены цепочкой в ССВ направлении. Это Кочуринский, Таштагольский, Шалымский, Кубесский массивы и ряд мелких выходов этой интрузии. Кроме сиенитов, в них описаны монциты и диориты, а Н. Г. Сумин выделяет в Таштагольском массиве даже габбровые породы. По данным В. Г. Корель [11], в монцитах наблюдается развитие ксеноморфного калишпата, разъедание пироксена и сохранение его остатков, более позднее развитие амфибола. Все это, наряду с наличием неровных ассимиляционных контактов между монцитами и сиенитами, развитие гибридных диоритов указывает, по нашему мнению, также на наличие явлений магматического замещения габброидов с образованием сиенитов. Г. Л. Поспелов [16] отмечает тесную связь метасоматических месторождений с магматическим замещением на примере р-на Таштагола, где развита сиенитизация и порфиритизация, а также Салаира, где подобный способ образования пород предлагается для кварцевых кератофилов.

Ольгинско-Ампалыкская интрузия (площадью выходов—130 км²) в северной части Кузнецкого Алатау, по данным В. Г. Корель, Е. Г. Бордюгова и В. Н. Кузнецовой, представляет собой сложный многофазный, но генетический единый комплекс пород. Возраст интрузии послеордовикский; галька пород этой интрузии отмечается в составе Тельбесской свиты нижнего девона. Ранняя фаза интрузии связана с образованием габбро, диоритов, монцитов и сиенито-диоритов с наличием постепенных переходов между ними. Выделяются субфазы более кислых пород—кварцевых диоритов и монцитов, тоналитов, а также гранодиоритов. В кварцевых диоритах обогащение пород ортоклазом проявляется от тонких трещин, что указывает на более позднее обособление щелочного расплава и локальное образование сиенито-диоритов за счет ранее образованной твердой породы.

Среди сиенитов проявляется мелкозернистый кварцеортоклазовый агрегат вдоль трещин и границ роогобманки и полевого шпата. Титаномагнетит и ильменит всегда сопровождается продуктами его переработки в виде сфена. Многочисленные данные по особенностям расположения пород, их состава и структуры отчетливо показывают, что с породами первой интрузивной фазы широко связаны признаки магматического замещения на данном уровне. Развиты скарны, приуроченные к сиенитам.

Вторая фаза интрузии образует самостоятельное тело, сложенное существенно адамеллитами, с переходами к трондьемитам и сиенитам. Явления замещения здесь развиты слабо. Проявляется пересыщенность кремнеземом. Основной процесс магматического замещения, видимо, проник глубже. Выше проникал расплав, близкий к гомогенному.

Третья фаза интрузии представлена аляскитовыми и щелочными гранитами в виде мелких штокообразных тел и жил. Широко представлены элементы монцитовой структуры с замещением плагиоклаза калишпатом. Проявляется пересыщенность глиноземом. Образование

пород связано с высоким содержанием кремния и щелочей. Характерно обилие постмагматических процессов с развитием карбонатов, сульфидов и т. д. Вышеуказанные исследователи, кстати, признают большую роль сквозьмагматических растворов в образовании сиенитов и гранитов.

На участке сравнительно крупного Ампалыкского железорудного месторождения в северной части интрузии наблюдаются отчетливые следы переработки ранних габбро кремнисто-щелочными растворами с образованием кварцевых диоритов, монцонитов и сиенитов. Между отмеченными породами проявляются постепенные переходы. В монцонитах и сиенитах широко развиты реликтовые минералы габбро со следами их изменения и разложения. Титанистый авгит в габбро замещается салитом и диопсидом. Можно проследить все следы растворения и выноса магнетита. При этом на месте зерен первичного титаномагнетита остается сетка пластинок более инертного ильменита, являющегося продуктом распада твердого раствора, а магнетит исчезает полностью. Встречается обильный лейкоксен или хорошо окристаллизованный сфен, замещающий ильменит. Сиениты, являющиеся крайними продуктами переработки габбро, весьма богаты сфеном, содержание которого местами достигает 10—15%. В приконтактной зоне с сиенитами связаны широко развитые скарны с магнетитовым оруденением, а также более поздними сульфидами. По данным Е. А. Бабиной, магнетит выделяется в конце процесса скарнообразования после основных минералов скарна в виде диопсида, скаполита, граната, эпидота следом за амфиболами. В скарнах также отмечается широкое развитие сфена. На участке широко развиты более поздние граниты, срезающие породы ранней фазы интрузии. Отмечается их более молодой возраст по отношению к магнетитовым скаернам.

А. Н. Заварицкий дал подробное описание магматического комплекса горы Магнитной на Урале, с которым связано скарное железорудное месторождение [4]. Разнообразие пород комплекса он связывает с ассимиляцией гранитной магмой известняков. Однако этому противоречит наличие крупных останцев гранодиоритов и диоритов среди гранитов в центральной части массива. В краевых частях последнего встречаются диориты и габбро. Наблюдаются постепенные переходы от габбро к диоритам и гранитам, а также между гранитами и сиенитами. Имеются хорошо выраженные признаки замещения габбро и диоритов сиенитовой магмой и переходы сиенитов в граниты. Характерно в сиенитах преобладание альбит и альбит-олигоклаза, кстати, пропыленного гематитом. Окрашенные железистые пироксены-авгиты замещаются диопсидом (вынос железа). В промежуточных образованиях—диоритах много сфена и нет магнетита. Налицо значительный вынос железа и магния (в гранитах следы магния) и накопление алюминия.

Можно привести еще целый ряд примеров подобного рода, указывающих на явления магматического замещения габброидов. При этом проявляется вынос железа, магния, кальция, алюминия, кремния и ряда других компонентов щелочными растворами с образованием скарнов, из которых наиболее интересны магнетитовые, шеелитоносные, скарны с сульфидами и золотым, полиметаллическим, кобальтовым оруденением, а также скарны с боровой минерализацией.

Следует отметить нередкое проявление магматического замещения вмещающих пород осадочного происхождения. Так, Д. С. Коржинским установлено образование диоритовых порфиритов за счет замещения карбонатных пород в районе Турьи на Ср. Урале [8]. Г. Л. Пospelов, а затем В. А. Вахрушев [3, 16] отмечают подобный же способ образования пород, называемых первым роговообманковыми порфиритами, а вто-

рым—диоритовыми порфиритами, развитыми в районе Таштагола Горной Шории.

На участке изученного нами габбрового массива горы Патын имеются признаки магматического замещения вмещающих известняков. Здесь в юго-западной части контакта интрузии известняки превращены в породы, состоящие из кальцита, волластонита, местами форстерита или титанавгита. Среди этих пород развиты очень характерные желвакообразные и пятнистые обособления мелилит-нефелиновой или мелилит-нефелин-гранатовой породы. Эти желваки имеют морфологическое сходство с желвачными и конгломератовидными выделениями вышеотмеченных порфиритов в районе Таштагола. Крупные участки образуют меланократовые породы мельтейгитового и якупирангитового состава, имеющие директивную текстуру. На образование местной щелочно-известковой недосыщенной магмы указывает наличие на участке мелких даек нефелинмелилитового, нефелин-содалит-альбитового или монтичеллитового составов, которые развиты не только в зоне экзоконтакта, но и располагаются внутри габбрового массива.

Время отделения щелочей и кремнезема

Интересно, что отделение щелочей и кремнезема, ведущее к образованию более щелочных пород, по-видимому, начинается еще в магматическую стадию сразу же после внедрения габбровой магмы. Это можно видеть на примерах горизонтальных плутонов, имеющих слабую связь с подводящим каналом. Среди интрузивных трапов Сибирской платформы обособление щелочных и кислых пород в верхних горизонтах отдельных массивов отмечены А. П. Лебедевым [14], В. Л. Масайтис [15], М. Г. Равичем и Л. А. Чайкой [17].

В Южно-Африканском лополите Бушвельда под гранитами поздней интрузивной фазы залегают верхние слои, содержащие гранофировые нориты и кварцевые сиениты.

В Валаамском и Западно-Онежском силлах, сложенных габбро-диабазами, согласно данным К. О. Кратца, в верхах массивов наблюдаются сиенито-диориты, местами гранит-аплиты.

Нами отмечены щелочные оторочки в небольших воронкообразных массивах нижнедевонских габброидов Горной Шории (Патын, Куль-Тайга). Так, в юго-восточной приконтактной зоне массива горы Патын нормальные габбро имеют узкие оторочки из монцонита, который в направлении контакта с вмещающей толщей переходит в сиенит. Мощность такой зоны 5—30 м, т. е. является незначительной, ибо общая площадь массива около 50 км². К этим участкам приурочены также небольшие дайки сельвсбергитов и грорудитов.

Раннее отделение щелочей из магмы отмечалось Ю. А. Билибиным [1], который этот процесс предложил объяснять термической диссоциацией молекул.

Естественно, что при потоке щелочей и кремнезема снизу вверх массовое проявление таких сквозьмагматических растворов следует ожидать в крутоставленных плутонах. Обособление и сравнительно быстрая миграция щелочей и кремнезема вверх может вызвать накопление щелочного раствора не только в магматическую стадию, но чаще в тот момент, когда верхние горизонты плутона уже прошли главную стадию кристаллизации. При этом путями проникновения щелочно-кремнистых растворов остаются интерстиции или угловатые промежутки между кристаллами. При слабом проявлении такого процесса образуются ортоклазовые и гранофировые габбро и нориты с характерной структурой щелочно-кислого мезостазиса.

Массовое накопление таких растворов может привести, как это мы часто и видим в сложных массивах, к замещению ранней габброидной породы с образованием прежде всего монцонитов и сиенитов. Сиенитизация на данном уровне, видимо, характеризует постепенные переходы между габброидами и сиенитами с наличием монцонитов или гибридных пород. Так, еще А. Н. Заварицким при описании небольших интрузивных масс и жил диоритовых порфиров участка горы Магнитной отмечено замещение вкрапленников андезина ортоклазом с краев внутрь до образования псевдоморфоз. Характерно при этом появление позднего магнетита по тончайшим трещинам кристаллов полевого шпата. Висячем боку диорит-порфиров залегают своеобразные тонкозернистые породы—атачиты, образованные в результате накопления калия, алюминия, кремния с замещением ранних выделений лабрадора ортоклазом.

Связь с рудообразованием

Как видно из примеров, приведенных выше, с явлениями магматического замещения тесно связаны процессы раннего метасоматоза, формирование постмагматических растворов и рудообразование. С интрузиями габбро, не несущими более поздних дифференциатов, связаны известково-магнезиальные метасоматические образования (скарноиды, роговики), вообще слаборазвитые. Так, например, магнезиальные почти безжелезистые скарноиды участков Каро, Бис-Таг на восточном склоне Кузнецкого Алатау приурочены к габбро.

В связи с габбро-сиенитовыми массивами, которые располагаются в поле спилито-кератофировой формации кембрия в Кузнецком Алатау, в процессе сиенитизации наблюдается региональный ранний метасоматоз с массовым выносом железа и магния. В результате на широких площадях вмещающих пород развиты явления амфиболизации, диоритизации основных эффузивов.

Вместе с формированием местной сиенитовой магмы начинают зарождаться скарновые растворы, содержащие Mg, Fe, Al, Si, Ca, B, Cl, H, OH. При кристаллизации сиенита они являются сквозьмагматическими и отделяются в область контакта. При более длительном процессе развития магматического замещения, перерастающем в гранитизацию, состав скарновых растворов меняется с увеличением содержания летучих, серы, кремнезема. В связи с более длительным развитием этих растворов и особенностями их состава они обогащаются редкими и цветными металлами—W, Mo, Cu, Pb, Zn, Au, которые выпадают в виде сульфидов, а вольфрам обычно в виде шеелита. При этом сульфиды появляются в скарнах в заключительные стадии процесса их формирования, или они питают гидротермальные растворы. Поскольку отщепление скарновых растворов следует за кристаллизацией сиенитовой или гранитной магмы, являясь следствием последнего процесса, то скарны формируются в постмагматический период. Высокое содержание щелочей, особенно натрия, характерно для этих условий, при этом, будучи подвижными компонентами, они фиксируются в составе минералов в заключительные моменты минералообразования. На участках развития скарнов широко развита альбитизация, местами скаполитизация. Изучение интрузивных тел показывает также широкое проявление натрового метасоматоза в виде альбитизации, более интенсивной вблизи скарновых полей, с развитием пертитов, антипертитов и свободного альбита вплоть до образования альбитовых пород [5, 19].

Высокое содержание натрия обуславливает повышенную подвижность железа и накопление его в гидротермальных растворах. К такому типу образований относится гидросиликатный тип железорудных место-

рождений, выделенный В. В. Богацким [2]. Они более резко контролируются трещинными структурами и сопровождаются широкими полями альбитовых пород (Анзасское, Абаканское месторождения). Такие образования могут быть наложены на ранее образованные рудные скарны и могут дать высокую концентрацию оруденения за счет дополнительного привноса железа из более глубоких горизонтов. Благодаря охлаждению интрузива и передвижению фронта кристаллизации магмы с глубиной образование альбититовых пород и связанных с ними руд гидротермального типа следует представлять как закономерный процесс при устойчивости подводющего магматического канала во времени.

Скарны, пространственно связанные с сиенитами, содержат обычно слабо выраженную сульфидную минерализацию. Например, последняя проявляется во всех без исключения железоносных скарнах Горной Шории, а также восточного склона Кузнецкого Алатау. Иногда скарны во внешней зоне сменяются сравнительно слабым вкрапленным полиметаллическим оруденением (Ампалык) и далее кварцевыми золото-рудными жилами (Бельский массив).

В случае признаков сиенитизации габброидов на месте обычно сильно развит региональный железо-магнезиальный метасоматоз, и скарны проявляются слабо. Последние чаще являются продуктами биметасоматоза. Это условие не является обязательным, ибо зависит от развития трещиноватости среды, от тектоники. При наличии в массиве интрузивных контактов между различными дериватами магматических пород, преобладании сиенитов, указывающих на проявление процесса магматического замещения несколько глубже, и формировании подвижного сиенитового расплава проявляются более обильные скарны при преобладании инфильтрационного метасоматоза. При этом обычно наблюдается более крупный масштаб железоруденения. Благоприятные тектонические условия, приводящие к локализации отделяющихся рудных растворов вдоль крупных трещин, могут привести к образованию месторождений с выдержанным оруденением на значительную глубину. Примером этому, по-видимому, является Таштагольское месторождение Кондомской группы или гидросиликатные месторождения—Анзасское и Тейское.

Таким образом, максимальный вынос железа и формирование богатых железом скарнов проявляется в стадию сиенитизации. К стадии гранитизации вынос железа ослабевает, но усиливается роль сероносных растворов, приводящих к образованию более крупных концентраций сульфидов тяжелых металлов. Исходя из вышеуказанного в отношении происхождения скарнирующих растворов следует, что образование их начинается при формировании габбро и максимального развития достигает при формировании сиенитов и гранитов, при этом характер образованных скарнов заметно меняется. Налицо также проявляются в ряде районов тесные парагенетические связи гидротермальных кварцевых жил с золотой, медной, висмутовой, вольфрамовой и др. типами минерализации со скарновыми образованиями. В отмеченном способе формирования магматических комплексов, сопровождающихся железоруденением, естественно связаны многофазность и пестрота состава пород, источники эманаций и их эволюция, а также связь с особенностями проявления скарнов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билибин Ю. А. Диссоциация молекул в магматическом расплаве как фактор дифференциации. Докл. АН СССР, 1940.
2. Богацкий В. В. Перспективы увеличения железорудной базы на юге Красноярского края. Сб. Полезные ископаемые Красноярского края (железо, уголь, нефелиновые породы). Изд. АН СССР, 1959.

3. Вахрушев В. А. О происхождении диоритовых порфиров района Таштагол в Горной Шории. Изв. АН СССР, сер. геологическая, № 10, 1957.
4. Заварицкий А. Н. Гора Магнитная и ее месторождение железных руд. Вып. I, часть 1, 2, 3 и атлас. Тр. геол. комитета, нов. сер., вып. 122, 1922, 1923, 1927.
5. Ильенок С. С. Бельский интрузивный комплекс. Изв. Томского политехн. ин-та им. С. М. Кирова, т. 65, вып. 2, 1950.
6. Ильенок С. С. Овоидные альбититы. Изв. Томск. политехн. ин-та им. С. М. Кирова, т. 65, вып. 2, 1950.
7. Ильенок С. С. Особенности металлогении офиолитовой формации Кузнецкого Алатау. Докл. VII научной конференции, посв. 40-летию Вел. Окт. соц. рев., вып. 4, Изд. Томск. ун-та, 1957.
8. Коржинский Д. С. Петрология Турьинских скарновых месторождений меди. Тр. ин-та геол. наук АН СССР, в. 68, 1948.
9. Коржинский Д. С. Гранитизация как магматическое замещение. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1952.
10. Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов. Сб. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. Изд. АН СССР, 1953.
11. Корель В. Г. Генезис скарнов и руд Кондомской группы железорудных месторождений в Горной Шории. Диссерт. работа, 1957. Рук. в библи. ТПИ.
12. Кузнецов Ю. А. Магматические формации. Сб. Закономерности размещения полезных ископаемых. Изд. АН СССР, 1958.
13. Кузнецов Ю. А. Железооруденение и генетические типы интрузий. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1955.
14. Лебедев А. П. О типах дифференциации в траппах Сибирской платформы. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1957.
15. Масайтис В. Л. Кристаллизационная дифференциация в одной из интрузий Сибирских траппов. Докл. АН СССР, т. 116, № 2, 29—292, 1957.
16. Поспелов Г. Л. О явлениях замещения при образовании эффузивовидных пород и об особенностях некоторых рудоносных вулканических комплексов Западной Сибири. Сб. Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. Изд. АН СССР, 1955.
17. Равич М. Г., Чайка Л. А. Дифференцированная интрузия трапповой формации Таймырской складчатой области. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1956.
18. Сумин Н. Г. О некоторых особенностях скарновых минералов железорудных месторождений. Тр. минер. музея, в. 6, изд. АН СССР, 1954.
19. Сумин Н. Г. О натриевом метасоматозе в скарновых железорудных месторождениях. Сб. Вопросы петрографии и минералогии, т. I, 1953, изд. АН СССР.
20. Varth T. F. W. Structural and petrologic studies in Dutchess County, New-Jork. P. II Petrology und metamorphism of the paleozoic rocks. Bull. of the Geol. Soc. of America, v. 47, № 6, 1936.
21. Mac Gregor, Malcolm — The Evolution of the Griffel Dalbeattie Quartz diorite, A study of granitization. Geol. Mag., v. LXXV, № 10, 1938.
22. Wilson, G. The evolution of the granodioritic rocks of the South Eastern and of the Kopanik batholith, Jugoslavia. Geol. Mag. XXV, 1938.