

К. О. КРАТЦ

ИОТНИЙСКИЕ ОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ И ИХ ТИТАНОМАГНЕТИТОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Иотнийские диабазовые породы южной Карелии, издавна используемые в качестве каменного строительного материала, не считались возможным местом концентрации рудных полезных ископаемых.

Произведенное автором в течение 1946—1947 гг. изучение диабазов иотнийского возраста на территории южной Карелии выяснило вероятную принадлежность несущей титаномagnetитовое оруденение Пудожгорской диабазовой интрузии на восточном берегу Онежского озера к комплексу иотнийских основных пород. Это обстоятельство позволило автору в 1947 г. наметить перспективы нахождения новых рудоносных интрузий пудожгорского типа в южной части КАССР.

Настоящая статья имеет целью дать на фоне изучения всей диабазовой формации* описание геолого-петрографических закономерностей оруденения в южнокарельских основных породах, которые могут иметь значение при поисках железорудных месторождений данного типа в южной части КАССР.

КРАТКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Геологическое изучение показало, что в иотнийское время территория южной Карелии была платформенной областью двухъярусного строения. Нижний структурный ярус сложен древними, архейскими и нижнепротерозойскими породами — гранитами и кристаллическими сланцами, образующими жесткое основание иотнийской платформы южной Карелии. Верхний структурный ярус сложен слабо дислоцированными, почти горизонтально залегающими осадочными образованиями иотнийского возраста — кварцито-песчаниковой толщей, представляющей собой, по-видимому, отложения мелководного эпиконтинентального моря.

Кристаллические образования нижнего структурного яруса отличаются сложно-складчатой структурой, разбитой вертикальными разломами преобладающего северо-западного и северо-восточного простирания. Кварцито-песчаниковая толща верхнего структурного яруса

* Подробно см. К. О. Кратц «Геология и петрология основных пород иотнийской платформы южной Карелии», 1950 г., Архивы Карельского филиала АН СССР.

в западном Прионежье образует пологую синклинальную структуру, удлиненную в северо-западном направлении. Синклинальную структуру усложняют мелкие сбросы, главным образом, северо-западного и северо-восточного простирания.

Основные магматические породы иотнийского возраста, обнажающиеся в настоящее время на дневной поверхности, залегают в этих различных структурных горизонтах платформы. В связи с этим различаются три по глубине сечения магматического аппарата иотнийских основных пород.

В первом, наиболее глубоком, сечении основные интрузивные тела залегают среди гранитов и кристаллических сланцев нижнего структурного яруса (восточное Прионежье и северо-западный берег Ладожского озера).

Во втором, среднем, сечении интрузивные тела залегают внутри иотнийской осадочной толщи верхнего структурного яруса (западное Прионежье).

В третьем, наиболее высоком, сечении развиты покровные излияния, которые известны на северо-восточном берегу Ладожского озера (пос. Салми).

Каждое сечение магматического аппарата характеризуется определенными, свойственными ему формами и залеганием магматических тел.

В нижнем структурном ярусе интрузивные тела основных пород имеют форму вертикальных даек, частью представляющих собою питающие каналы для магматических тел верхнего яруса, а также сравнительно небольших пологонаклонных пластообразных интрузий третьей величины, согласно классификации А. А. Полканова.

В верхнем структурном ярусе основные породы слагают мощную пластовую интрузию (интрузии?), которая залегают согласно с почти горизонтально лежащей осадочной толщей иотния и имеет огромные размеры — не менее 4000 км² (интрузия второй величины).

В наиболее высоком сечении основные породы слагают горизонтально лежащие ненарушенные покровы.

Отсутствие обнажений вмещающих пород на Валаамских островах в северной части Ладожского озера не позволяет с несомненностью судить о положении Валаамской диабазовой интрузии. Однако грубо расслоенное строение этого интрузивного тела, аналогичное строению пластовой интрузии западного Прионежья, при таком же горизонтальном залегании и значительной площади развития самой интрузии (не менее 2000 км²) позволяет отнести ее также к пластовым интрузиям верхнего структурного яруса или, может быть, к пограничным, межформационным интрузиям, залегающим между верхним и нижним структурными ярусами.

Как показывают первичные структуры течения, движение магмы при образовании пологих интрузий верхнего структурного яруса шло в общем северо-восточном направлении. В пологих интрузиях восточного Прионежья, как и в значительной части вертикальных тел, направление движения магмы было с юго-запада на северо-восток. Эти данные позволяют думать, что источником основной магмы в большинстве случаев были мощные трещинные интрузии по расколам северо-западного простирания, нарушившим непроницаемое кристаллическое основание иотнийской платформы.

Механизм образования рассматриваемых интрузивных тел пока недостаточно ясен. С достоверностью можно лишь сказать, что непро-

нищаемость жесткого кристаллического цоколя платформы (нижнего структурного яруса) была нарушена вертикальными расколами, создавшими благоприятные пути для поднятия основной магмы с образованием мощных вертикальных даек восточного Прионежья и предполагаемых питающих трещинных интрузий в западном Прионежье и северном Приладожье.

Некоторые геологические особенности залегания иотнийских основных пород позволяют допустить, что в образовании этих глубоких расколов в одних случаях принимали участие повторные (постумные) тектонические движения, параллельные более древним (карельским?) складчатым зонам; в других же случаях происходило радиальное флексуобразное изгибание краевой части иотнийской платформы (Балтийского щита) по границе с намечавшейся уже в то время Русской платформой вследствие колебательных движений противоположного характера в обеих частях кристаллического основания.

Не исключена, конечно, возможность, что в образовании расколов, заполненных магматическими породами, существенным фактором была активная механическая сила самой магмы. При поднятии магмы по этим расколам и при размещении ее в полого залегающих ослабленных зонах кристаллического основания (пологие интрузии восточного Прионежья) или по напластованию более пластичного иотнийского осадочного покрова верхнего яруса (пластовые интрузии западного Прионежья и северо-ладожских островов?) решающую роль в размещении магматического расплава играли активные механические силы самой магмы. Последние проявились в том, что гидростатическое давление магмы в более высоких горизонтах земной коры (верхний структурный ярус) превысило давление нагрузки выше лежащих толщ и способствовало их раздвиганию по плоскостям напластования с одновременным внедрением самой магмы.

Тектонические движения не только послужили причиной возникновения магматической деятельности, но сопровождали интрузию основной магмы и обусловили возникновение мелких диабазовых даек в более крупных интрузивных телах тех же основных пород (восточное Прионежье), а также трещинных зон, заполненных позднее магматическими и постмагматическими продуктами основной магмы.

Тектонические движения продолжались и после окончательного формирования основных интрузивных тел и привели к образованию мелких сбросов, разделивших некогда крупные единые изверженные тела на отдельные более мелкие массивы (западное и восточное Прионежье).

Все тела основных пород обладают анизотропным внутренним строением, которое выражается полосатой и линейной текстурой пород, слагающих магматические тела, а также и первично-расслоенным строением последних. Особенно характерно дифференцированное внутреннее строение полого залегающих интрузий, которое заключается в том, что нижняя, количественно преобладающая часть сложена более основными габбро-диабазами, а верхняя — более кислыми диабазами и кварцевыми сиенито-диоритами. Вертикальные же интрузивные тела лишь редко обнаруживают расслоенное строение. Внутренняя структура всюду располагается согласно с контактными поверхностями интрузивных тел, что указывает на кристаллизацию магмы во время ее движения (заполнения магматической камеры).

В верхнем структурном ярусе, где интрузивные тела залегают согласно с вмещающими породами, их внутреннее строение гармонирует со структурой вмещающих пород.

В нижнем структурном ярусе внутренняя структура диабазовых интрузий большей частью негармонична со структурой вмещающих пород.

ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Первоначальная магма иотнийской диабазовой формации Карелии обладала некоторыми характерными особенностями химического состава: а) насыщенный или даже несколько пересыщенный кремнекислотой, состав магмы, высокий коэффициент FeO и MgO, что предопределило относительно железистый характер породообразующих фемических минералов в породах иотнийского комплекса, в которых отношение $\text{FeO}:\text{FeO} + \text{MgO}$ меняется от 50 до 75%; б) несколько повышенное количество щелочей, среди которых характерно значительное содержание калия, обусловившее почти постоянное присутствие калиевого полевого шпата во всех породах комплекса.

Все эти особенности сближают химизм магмы иотнийских основных пород с химизмом магмы трапповых формаций, по В. С. Соболеву, и являются характерными для основных интрузий областей платформы.

На составе первоначальной магмы иотнийской диабазовой формации отразились процессы гибридации, обусловленные ассимиляцией кислых вмещающих пород. Только этим можно объяснить определенную зависимость и различие состава самых кислых (гранитных) продуктов дифференциации основной магмы от состава вмещающих гранитных пород.

За исключением незначительного количества выделившихся интра-теллурических кристаллов кристаллизация диабазовой магмы происходила на месте образования самих пород или во время заполнения ею магматической камеры. При этом температура кристаллизации магмы менялась от 1150° в начале кристаллизации до 500° к концу магматического этапа и от 500° и ниже в постмагматический период.

Порядок кристаллизации и реакционные взаимоотношения между главными породообразующими минералами в породах иотнийской диабазовой формации значительно отклоняются от установленных Боуэном реакционных серий. Прежде всего это проявляется в серии железисто-магнезиальных минералов, где устанавливаются два параллельно кристаллизующихся ряда сравнительно железистых силикатов; первый — бедный известью: железистый оливин — богатый гиперстеном пижонит-гиперстен, и второй — известковистый: богатый авгитом пижонит—железистый авгитовый пижонит—геденбергит (?). Причиной этого, вероятно, является повышенная железистость основной магмы, кристаллизующейся в гипабиссальных условиях при меняющейся относительной концентрации щелочей в ней. Кроме того, в наших породах, по-видимому, отсутствуют реакционные взаимоотношения между роговой обманкой и биотитом, что обусловлено повышенной концентрацией (подвижностью) K_2O относительно концентраций Na_2O в конце этапа магматической кристаллизации. По этой же причине в серии плагиоклазов после выделения ряда основных плагиоклазов вместо кислых членов серии (олигоклаза и альбит-олигоклаза) кристаллизуется изоморфная серия ортоклаз-анортоклаз.

При общем сходстве некоторые различия в кристаллизации пород иотнийского диабазового комплекса в разных районах южной Карелии

связаны, главным образом, с различной глубиной их залегания и, следовательно, с различными условиями температуры и давления.

Так, по сравнению с интрузиями западного Прионежья и северо-ладожских островов, относящихся к верхнему структурному ярусу, в более глубоких интрузиях восточного Прионежья (нижний структурный ярус) характерны большое содержание гиперстена (гиперстен-пертита), появление микроклина с альбитом вместо ортоклаз-анортотклаза, более интенсивное проявление постмагматических процессов (амфиболизация, эпидотизация, хлоритизация, образование сфена и др.). Вероятно, эти несколько иные термодинамические условия способствовали также промышленной концентрации титаномагнетита в более глубоких пологих интрузиях восточного Прионежья, не наблюдавшейся в интрузиях западного Прионежья и Ладожского озера.

В происхождении и образовании разнообразия пород иотнийской диабазовой формации принимали участие два совершенно различных типа процессов: с одной стороны, процессы переплавления и ассимиляции вмещающих пород, с другой стороны, процессы кристаллизационной дифференциации.

Процессы переплавления наблюдаются всюду в нижнем структурном ярусе, где гранитного состава породы в контакте с интрузиями основных пород переплавились при термальном воздействии основной магмы. Часть этого гранитного материала была ассимилирована основной магмой. Процессы кристаллизационной дифференциации такой гибридной основной магмы приводили к образованию значительного количества кислых дериватов, состав которых в известной мере зависит от состава ассимилированной породы. Частично же этот возрожденный подвижный гранитный расплав проникал в трещины интрузивных тел диабаза, где он закристаллизовался в виде более кислых гибридных и аплит-гранофировых жил.

Процессы кристаллизационной дифференциации были определяющими в возникновении всего установленного разнообразия пород данного комплекса. Эти процессы управлялись фракционированием двух типов: неполной реакцией, вследствие образования зональных кристаллов, и перераспределением твердых фаз и осадочных расплавов. Фракционирование, однако, не привело к коренной дифференциации диабазовой магмы, что объясняется небольшой глубиной образования этих пород, где сравнительно быстрая кристаллизация магмы способствовала образованию зональных кристаллов, но в то же время в известной мере препятствовала разделению остаточного расплава и выделившихся минералов.

Процессы дифференциации, обусловленные перераспределением твердых фаз и отделением остаточного расплава, изменялись по своему характеру во время эволюции магмы. В пологих интрузиях в главный период кристаллизации магмы основную роль играли процессы гравитационно-кинетической дифференциации при незначительном участии летучих компонентов. По мере кристаллизации магмы влияние летучих на обособление остаточного расплава стало главным. Летучие в этом случае способствовали перераспределению остаточного расплава, подчиняясь, с одной стороны, силам гравитации, с другой стороны — неравномерному давлению, обусловленному развитием первичных трещин в основных породах.

В вертикальных интрузивных телах дифференциации не наблюдается (мелкие тела афанитового диабаза) или она выражена слабее, чем в пологих интрузиях. Процессы гравитационно-кинетической

дифференции имели здесь весьма ограниченное значение. В вертикальных интрузиях, обнаруживающих дифференциацию, последняя, по-видимому, обусловлена главным образом процессами образования гломерокристаллических сегрегаций и кристаллизационно-диффузионной дифференциации.

В результате процесса кристаллизационной дифференциации возник естественный ряд разнообразных щелочно-земельных магматических пород. Для всех их членов весьма характерно постоянное присутствие кварца и калиевого полевого шпата, начиная от наиболее основных до самых кислых. Поэтому весь естественный ряд, характеризующий главные черты этих пород, представлен следующими типами: кварцево-ортоклазовое габбро, кварцевый габбро-сиенит, кварцевый сиенито-диорит, калиевый гранит.

Эти особенности пород иотнийской диабазовой формации южной Карелии выражаются также в их химизме, по которому все породы относятся к нормальному щелочно-земельному ряду и отличаются насыщенным кремне-кислотой характером, высокой желистостью фемических минералов и несколько повышенным содержанием щелочей, среди которых заметную роль играет калий. Эти особенности отличают иотнийский диабазовый комплекс от типичных серий магматических пород орогенических областей и обуславливают его сходство с магматическими комплексами платформы, как, например, сибирская трапповая формация. По этим же особенностям некоторые более кислые члены рассматриваемого комплекса обнаруживают близкое сходство с породами группы гранитов — рапакиви, что, по-видимому, объясняется аналогичными условиями их образования, а не возникновением из общей родоначальной магмы.

Сравнение установленных серий магматических пород иотнийской диабазовой формации показывает, что, несмотря на своеобразные и сложные реакционные взаимоотношения порообразующих минералов, управлявшие процессами кристаллизации основной магмы, все же можно видеть ясное проявление основной закономерности — соответствие порядка дифференциации с порядком кристаллизации.

ТИТАНОМАГНЕТИТОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ИОТНИЙСКИХ ОСНОВНЫХ ПОРОДАХ

Наибольший практический интерес среди пород иотнийского диабазового комплекса представляют габбро-диабазы, обогащенные титаномagnetитом. Скопления таких рудных диабазов установлены в пологих трещинных интрузиях восточного Прионежья, в которых рудный минерал образует плоские линзовидные тела, залегающие согласно с первичными структурами течения диабазовых тел ближе к лежащему боку последних.

Поучительной в этом отношении является известная габбро-диабазовая интрузия Пудожгоры, в которой при общем северо-западном простирании и пологом падении на юго-запад под углами 9—25 градусов устанавливается следующий разрез последовательных горизонтов различных пород, связанных между собой постепенными переходами (снизу вверх):

а) мелкозернистый, афанитовый диабаз с маломощными жилками диабазового порфирита, залегающий непосредственно на подстилающем интрузию граните — мощность не более 5 м;

- б) нормальный среднезернистый лабрадоровый габбро-диабаз — мощность 35—40 м;
- в) рудный диабаз — мощность 0,5—0,6 м;
- г) собственно рудный горизонт (сильно обогащенный титаномагнетитом) — мощность 10—16 м;
- д) крупнозернистый измененный рудный диабаз — мощность 1—2 м;
- е) безрудный, среднезернистый автотематоморфизованный габбро-диабаз — мощность 100—105 м;

ж) лейкократовый диабаз, насыщенный микропегматитом (диабазовый пегматит), который непосредственно покрывается гранитной кровлей интрузии — мощность колеблется от 0 до 80 м.

Рудные диабазы встречаются и в других пологих габбро-диабазовых интрузиях восточного Прионежья, как например, у с. Песчаного, но вследствие меньшей мощности интрузивных тел разрез их является неполным и концентрация рудного минерала менее значительной.

В пологих пластовых интрузиях западного Прионежья и северо-ладожских островов, при аналогичном их внутреннем строении, лишь крайне редко встречаются участки габбро-диабазы, обогащенные титаномагнетитом.

В вертикальных интрузиях восточного Прионежья, как и северо-западного Приладожья, содержание рудного минерала никогда не превышает количества, характерного для нормальных нерудных габбро-диабазов.

Петрографически титаномагнетит характеризуется длительным периодом кристаллизации вместе с кристаллизацией главных породообразующих силикатных минералов, который начинался в главную стадию выделения габбровых минералов, пироксена и основного плагиоклаза, и кончился вместе с выделением диоритовых минералов, бурой роговой обманки и кислого андезина.

При одновременной кристаллизации титаномагнетита и силикатных минералов происходило перераспределение выделившихся кристаллов и магматического расплава под влиянием силы тяжести, вследствие чего более тяжелый рудный минерал погружался в нижние части магматической камеры. Наиболее благоприятные условия для скопления титаномагнетита при этом имелись в более глубинных полого залегающих трещинных интрузиях восточного побережья Онежского озера, относящихся к нижнему структурному ярусу иотнийской платформы.

Как показывает изучение первичных структур габбро-диабазовых тел, расслоение (дифференциация) основной магмы происходило при движении во время ее кристаллизации в период заполнения этой кристаллизующейся магмой пологих трещинных пространств. Вместе с тем и рудный минерал концентрировался в определенных горизонтах — слоях течения. Таким образом, сами рудные залежи представляют собой первичные слои течения, чем и определяется их пластовый характер.

В пологих пластовых интрузиях западного Прионежья и северо-ладожских островов, несмотря на аналогичное с пологими интрузиями восточного Прионежья внутреннее строение, рудные диабазы встречаются крайне редко и пока не установлено заметных их скоплений. Вероятно, это объясняется в первую очередь тем, что образование их происходило на меньшей глубине (в верхнем структурном ярусе), т. е. в иной термодинамической обстановке, препятствовавшей обособлению рудного минерала. Можно предполагать, что в указанных пластовых интрузиях верхнего яруса более благоприятными для рудонакопления будут наиболее глубокие их части, расположенные близко к корням (подводящим каналам) этих пластовых тел.

Так как в вертикальных дайковых интрузиях процессы гравитативной дифференциации существенно не сказались и отсутствует закономерно расслоенное внутреннее строение, то не было в них и условий для обособления титаномагнетита.

ВЫВОДЫ

Исходя из приведенных геологических и петрологических особенностей как иотнийского диабазового комплекса в целом, так и связанного с ним оруденения, можно делать следующие выводы, имеющие практическое значение для поисков и разведки титаномагнетитовых месторождений в южной Карелии.

1) В связи с тем, что промышленные скопления титаномагнетита встречаются исключительно в более глубинных интрузиях габбро-диабазы, наиболее перспективным в отношении новых рудоносных интрузий пудожгорского типа в южной Карелии является восточное побережье Онежского озера.

2) Промышленное оруденение приурочено к пологим трещинным интрузиям, которые в восточном Прионежье в большинстве случаев имеют общее северо-западное простирание с пологим падением на юго-запад.

3) С меньшей вероятностью можно ожидать рудные скопления в корневых частях пластовых интрузий верхнего структурного яруса (западное Прионежье). Вертикальные интрузии вряд ли несут сколь угодно практические интересные рудные скопления.

4) По условиям образования наибольшие рудные залежи должны встречаться в наиболее мощных интрузиях, тогда как в маломощных они могут практически отсутствовать.

5) Рудные залежи приурочены к нижним частям (лежащему боку) пологих трещинных интрузий.

6) Рудный пласт пудожгорской интрузии, являющейся первичным слоем течения, по всей вероятности, продолжается дальше за пределы известных в настоящее время контуров рудного поля.