

Г. И. КАВАРДИН

**ТИТАНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ОСНОВНЫХ ПОРОДАХ  
ПЛУТОНА ГРЕМЯХА-ВЫРМЕС****Общие сведения по геологии плутона**

Геологическое строение и структура плутона Гремяха-Вырмес подробно разобраны в монографии Полканова и Елисеева (4). В плане плутон имеет вытянутую в северо-западном направлении форму, располагаясь в целом согласно с направлением простираения вмещающих его древнейших архейских комплексов: гранатовых гнейсов, гиперстеновых гнейсо-диоритов и микроклиновых гнейсо-гранитов. В результате трех последовательных интрузивных фаз возникли следующие три разновозрастных комплекса пород: 1) комплекс и плутон габбро-сиенитов; 2) комплекс и плутон нефелиновых сиенитов; 3) комплекс и плутон щелочных гранитов.

Габбро-сиениты, с которыми связано богатое магматогенное титановое оруденение, слагают почти всю южную половину и часть северо-востока этого сложного плутона, являясь наиболее распространенными породами. По Полканову и Елисееву, интрузия габбро-сиенитов произошла по наклонному к западо-юго-западу расколу между формациями орто- и парагнейсов, в общем совпадающему с расположением сланцеватости в этих породах. В результате сложного процесса эволюции магмы в подкоровом очаге и неоднократного ее поступления в интрузивную полость возникли три близко-одновременные серии пород: 1) серия гортонолиптита, гортонолитового перидотита, пироксенита, меланократового габбро, габбро и анортозита; 2) серия гортонолиптита, гортонолитового перидотита, пироксенита, меланократового олигоклазового габбро, олигоклазового габбро (циельсесита), меланократового акерита, акерита, пуласкита; 3) серия пегматитов и жильных сиенитов, имеющих незначительное распространение.

Породы первых двух серий характеризуются широким развитием трахитоидных и полосатых текстур, выражающихся в послойном многократном чередовании различных пород — от ультраосновных до анортозитов и щелочных сиенитов. Все разнообразие пород в пределах каждой серии обязано интенсивному развитию процессов гравитационно-кристаллизационной дифференциации при движении внедряющейся магмы. Падение первичной полосатости в целом имеет довольно выдержанное направление на запад-юго-запад, с углами наклона от 30—40 до 70—75°. Возраст плутона, судя по определению абсолютного возраста

ста, — около 1540 млн. лет (2) — предположительно определяется как протерозойский.

Первая характеристика вкрапленного титаномагнетитового оруденения в ультраосновных породах, в связи с вопросами его генезиса, дана акад. Полкановым (5). Позднее, исследованиями А. Ф. Мотычко (1949), производившего в данном районе геологическую съемку, обнаружены сплошные титаномагнетитовые руды с повышенным содержанием титана и ванадия. Геофизические и геологоразведочные работы последних лет (Г. Б. Бам и др., 1957; В. Е. Романов, 1958) дали возможность внести некоторые уточнения и полнее охарактеризовать распределение титанового оруденения в габбро-сиенитах.

Изучение минералогии титаномагнетитовых месторождений плутона Гремяха-Вырмес, проведенное автором в 1956 и 1957 гг., позволило также установить, что рудопроявления и месторождения титана в пределах комплекса габбро-сиенитов имеют сложный и разнообразный генезис. Краткой характеристике выделенных нами генетических типов титанового оруденения и посвящена настоящая статья.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ТИТАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ

### Минералогический состав и классификация руд

Минеральный парагенезис пород комплекса габбро-сиенитов и ассоциирующихся с ними титаномагнетитовых руд является в значительной степени сходным. Главными породообразующими минералами в них являются плагиоклаз (с содержанием 5—50% анортита), оливин (содержащий 40—90% фаялитовой молекулы) и моноклинный пироксен, относящийся по составу обычно к титан-авгиту и диопсиду. В серии перидотит-пулассита полевой шпат представлен преимущественно олигоклаз-антипертитом и реже — ортоклазом. В качестве второстепенных минералов встречаются различные амфиболы (в том числе актинолит, зеленая роговая обманка и керсутит), биотит, апатит и гиперстен. Обычно в незначительных количествах отмечаются гранат, хлорит, серпентин, сфен, шпинель, клиноцоизит, скаполит, кальцит и нефелин.

Основными рудными минералами являются ильменит и титаномагнетит, реже магнетит. Почти повсеместно в виде чрезвычайно рассеянной вкрапленности встречаются сульфиды, представленные пирротинном с очень редкими вростками халькопирита и пентландита. Как показало микроскопическое изучение титаномагнетита — одного из главных компонентов руд — он является типичным смешанным кристаллом, образовавшимся в результате процессов распада ранее гомогенной фазы на три находящиеся в закономерном срастании минерала — магнетит, ильменит и шпинель.

Принимая во внимание различный минеральный состав рудной части, следует выделить следующие типы руд: титаномагнетитовые, ильменит-титаномагнетитовые, титаномагнетит-ильменитовые (с преобладанием последнего), ильменит-магнетитовые и апатит-ильменитовые. Ниже, в табл. 1, приведена сводная характеристика титанового оруденения в габбро-сиенитах плутона Гремяха-Вырмес. Придерживаясь общепринятой терминологии, под генетическим типом месторождения (оруденения) мы будем понимать оруденелую породу (геологическое тело), сложенную определенной парагенетической ассоциацией рудных и нерудных минералов особого образования.

Таблица 1

## Генетические типы титанового оруденения в основных породах плутона Гремяха-Вырмес

Тип оруденения	Состав оруденелых пород	Краткая характеристика месторождений и рудопроявлений	Тип руд
Раннемагматически-сегрегационный	Оливиновые гигантозернистые габбро, габбро-нориты, габбро и пироксениты	Маломощные шпирь сплошных руд (слабо распространены), редкие небольшие залежи пироксенитов с густой рудной вкрапленностью и мощные (до 100 м) зоны измененных габброидов с рассеянной рудной вкрапленностью	Ильменит-титаномагнетитовый и титаномагнетитовый
Позднемагматический (фузвивный)	а) перидотиты, пироксениты, оливиниты, оливиновые габбро; б) сплошные руды с плагиоклазом, оливином и пироксеном	Широко распространенные различной мощности (до 100 м) пластобразные и линзовидные залежи вкрапленных руд, часто полосчатые—главный тип оруденения. Жилообразные и дайкообразные тела массивных и полосчатых руд мощностью до 20 м—распространение ограниченное	Титаномагнетит-ильменитовый (с апатитом)  Ильменит-титаномагнетитовый
Автопневматолитический	Габбро, меланократовое олигоклатовое габбро, плагиопироксениты	Мощные (до 200 м) зоны сильно измененных и в неравномерной степени оруденелых пород, приуроченных к висячим границам серий перидотит-анортозитов и перидотит-пуласкифов	Ильменитовый и магнетит-ильменитовый (с апатитом)
Пегматитовый	Амфиболизированные габбро-пегматиты	Маломощные шпирьобразные и жилкообразные тела среди габброидов—встречаются редко	Ильменитовый
Метаморфогенный	Габбро-амфиболиты и амфиболиты	Узкие зоны с убогой вкрапленностью, приуроченные к тектоническим нарушениям и полосам милонитов, секущих первичномагматические рудные тела	Магнетит-ильменитовый

## Сегрегационное титановое оруденение

Раннемагматическое (сегрегационное) титановое оруденение приурочено лишь к нижней (восточной) части плутона габбро-сиенитов и встречается в двух местах — на крайнем севере площади развития основных пород (северный участок) и на крайнем юго-востоке (южный участок). В этих местах габброиды наиболее далеко вклиниваются во вмещающие архейские породы, а редко наблюдающаяся здесь полосчатость пород имеет наименьшие углы падения, всего порядка 30—45°. Эти своего рода «апофизы» плутона основных пород сложены в большей части весьма неравномернозернистыми, такситовыми, средне- и гигантозернистыми разновидностями меланократовых габбро, пироксенитов и габбро-анортозитов.

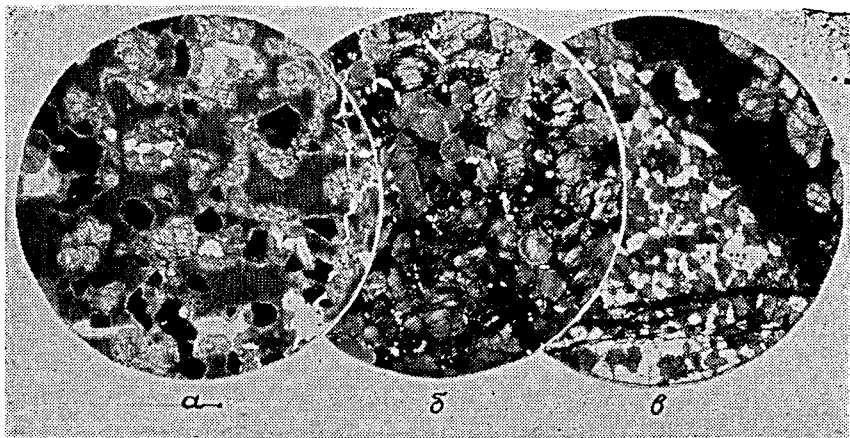


Рис. 1. Типы структур титаномagnetитовых руд.

*а*—рудное пойкилитовое оливиновое габбро. Идиоморфные зерна титаномagnetита (черное), оливина (серое) и плагиоклаза (светлое) включены в крупный кристалл титан-авгита (все поле зрения с вертикально расположенной спайностью). Без анализатора, ув. 6, шл. 164;  
*б*—рудный перидотит с сидеронитовой структурой. Руда (черное) с апатитом (мелкие светлые зерна) цементирует идиоморфные зерна титан-авгита (серое) и ксеноморфный оливин (крупные светлые трещиноватые зерна). Без анализатора, ув. 6, шл. 5;  
*в*—граница жилы сплошной титаномagnetитовой руды с мелкозернистым габбро. Видно, как руда (черное) по трещинкам внедряется в габбро. Светлые зерна в руде—пироксен и плагиоклаз. Без анализатора, ув. 10, шл. 131.

В районе южного участка, непосредственно вблизи контакта с археем, протягивается рудная зона, состоящая из многочисленных шпирообразных и линзовидных залежей сплошных титаномagnetитовых руд, мощность которых колеблется в пределах 1—6 м. Содержание в них рудных минералов достигает 80—90% по объему. Нижняя граница рудных тел довольно четкая — они резко переходят в безрудные среднезернистые и мелкозернистые оливиновые и безоливиновые меланократовые габбро. Верхняя граница нечеткая и представляет из себя крупно- и гигантозернистые оливиновые габбро с постепенно уменьшающейся на запад рудной вкрапленностью. Зона этих вкрапленных руд (с содержанием 30—5% руды) по мощности достигает 40—50 м. Среди рудных и безрудных пород местами встречаются пластообразные тела гигантозернистых анортозитов с резкими границами. Судя по немногочисленным замерам, азимуты падения рудных тел и границ различных пород колеблются в пределах 280—310°, углы падения соответственно составляют 40—45°.

Для титаномагнетитовых руд характерны вкрапленные и массивные текстуры, часто пятнистые, обусловленные неравномерным распределением рудного минерала (в виде пятен и сгущений вкрапленности). Под микроскопом всегда обнаруживается типичная пойкилитовая структура—идiomорфные кристаллы титаномагнетита включены то в крупные зерна пироксена (рис. 1 а), то плагиоклаза или оливина. Структурные взаимоотношения всех главных минералов руд говорят о следующей их последовательности выделения: титаномагнетит → оливин → плагиоклаз → пироксен. Кристаллы титаномагнетита имеют октаэдрический габитус и в шлифе дают квадратные, треугольные и восьмиугольные сечения с размером в поперечнике от 0,5 до 2 мм. В отраженном свете в нем постоянно обнаруживаются структуры распада твердого раствора — мельчайшие, закономерно ориентированные, обычно пластинчатые, вроски ильменита и шпинели. Шпинель встречается также в виде крупных (до 1 мм) зерен, имеющих зеленый цвет в проходящем свете. Согласно химическому анализу (табл. 2), состав титаномагнетита характеризуется довольно высоким содержанием титана и ванадия, а также повышенным содержанием хрома. Кроме того, в рудах отмечается постоянное присутствие обособленных зерен ильменита в количестве до 15% (обычно бывает меньше).

Средний количественно-минералогический состав раннемагматически-сегрегационных руд, вычисленный по подсчетам в 25 прозрачных и полированных шлифах из сплошных и вкрапленных руд, представлен на диаграмме (рис. 2.). По морфологии и минеральному составу титановое оруденение в пределах северного участка в целом весьма сходно с вышеописанным. Следует лишь отметить отсутствие там сплошных руд и преобладание пород с бедной рудной вкрапленностью в пределах 5—15%. Довольно четко устанавливается также несколько более поздняя кристаллизация титаномагнетита по отношению к плагиоклазу в тех породах, где оливин отсутствует.

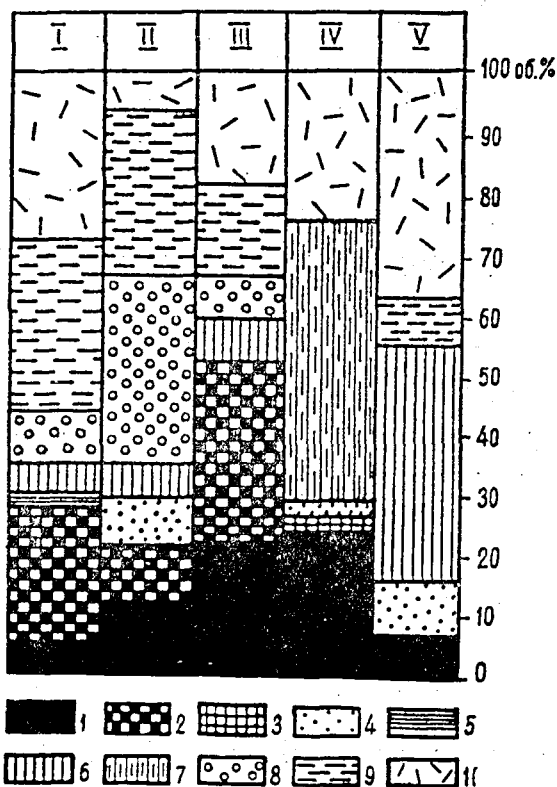


Рис. 2. Диаграмма минералогического состава титаномагнетитовых руд.

I—раннемагматически-сегрегационный тип оруденения; II—вкрапленные руды позднемагматического типа оруденения; III—сплошные руды позднемагматического типа оруденения; IV—ильменитсодержащие габбро-пегматиты; V—автопневматолитический тип титанового оруденения. Условные обозначения: 1—ильменит; 2—титаномагнетит; 3—магнетит; 4—апатит; 5—шпинель; 6—постериорные минералы (амфиболы, биотит, гранат и др.); 7—амфиболизированный пироксен; 8—оливин; 9—пироксен; 10—плагиоклаз.

Таблица 2

Химический состав титаномагнетита  
и ильменита

Компоненты	Титаномагнетит из сегрегационных руд, обр. 169	Из позднемагматических сплошных руд, обр. 147	
		титаномагнетит	ильменит
SiO <sub>2</sub>	1,88	0,69	0,49
TiO <sub>2</sub>	13,40	15,16	50,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,89	4,82	0,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	41,02	44,50	6,97
FeO	33,32	32,75	36,89
CaO	0,27	—	—
MgO	2,52	1,60	3,60
MnO	0,28	0,47	0,92
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,80	0,46	сл.
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,08	сл.	0,0
H <sub>2</sub> O	0,12	—	—
Сумма	100,58	100,45	100,12
Уд. вес	4,776	4,778	4,576
Аналитики:	А. В. Мокрецова	Е. А. Кульчицкая	

Примечание. Анализы, помещенные во 2 и 3 таблицах, выполнены в химико-аналитической лаборатории Кольского филиала АН СССР.

## Позднемагматический тип титанового оруденения

В пределах плутона габбро-сиенитов это наиболее распространенный тип оруденения. Позднемагматические титаномагнетитовые руды встречаются как в восточной половине плутона, приурочиваясь к его лежащему боку (восточный участок), так и к его юго-западной части, а также к западному, висящему боку интрузии габбро-сиенитов. Везде четко устанавливается генетическая и пространственная связь оруденения с ультраосновными членами сингенетичных серий пород габбро-сиенитов, что было установлено еще Полкановым (5).

По минералогическому составу и ряду текстурных и структурных особенностей, а также химическому составу и особенностям локализации следует выделить следующие две главные разновидности руд: 1) вкрапленные (массивные и полосчатые) титаномагнетит-ильменитовые руды — по составу это рудные перидотиты, рудные оливиниты, рудные пироксениты и рудные габбро; 2) сплошные (массивные и полосчатые) ильменит-титаномагнетитовые руды с плагиоклазом, оливином и пироксеном.

Переходя к описанию вкрапленных руд (рудосодержащих ультраосновных пород, или «рудных перидотитов», как мы будем их называть для краткости), следует отметить, что по морфологии это пластообразные или линзовидные залежи, часто переслаивающиеся с безрудными основными породами; реже — это неправильные сгущения рудной вкрапленности, приуроченные к различным разновидностям пород. Мощность рудных тел весьма разнообразна — от нескольких сантиметров до десятков метров (в отдельных случаях до 100—200 м); их протяженность по простиранию достигает 1—2 км.

Наиболее мощные и выдержанные тела вкрапленных руд приурочены к восточной части плутона, где они протягиваются почти строго с юга на запад в виде двух псевдостратифицированных полос буквально через весь массив на расстояние около 13 км. Эту четкую картину несколько затушевывает наличие двух крупных (и ряда мелких) широтных пострудных сбросов, по которым произошли значительные смещения отдельных частей плутона. Азимуты и углы падения многочисленных рудных тел согласны с общей расслоенностью массива и, в зависимости от внутренней структуры и формы контактных поверхностей плутона габбро-сиенитов, значительно различаются в отдельных участках. Вкрапленные руды массивной текстуры, как правило, несут довольно равномерно рассеянную рудную вкрапленность в количестве 20—30%, реже — менее. Рудные тела, приуроченные к северо-западной части плутона и связанные с серией перидотит-пуласки-тов, содержат руды обычно не более 10—15%. Естественно, руды с полосчатой текстурой (за счет присутствия в них безрудных прослоев) содержат соответственно меньше рудных компонентов на единицу объема рудной массы. Мощность рудных и безрудных слоев в последних колеблется в пределах от нескольких миллиметров до первых десятков сантиметров. В рудных перидотитах довольно часто отмечаются трахитоидные (линейные) текстуры, обусловленные субпараллельной ориентировкой призматических кристаллов титан-авгита и, реже, удлиненных зерен оливина. Ориентировки минералов во вмещающих безрудных породах (за исключением западной части плутона) обычно не наблюдается.

Структура руд типично сидеронитовая — рудный титаномagnetит-ильменитовый агрегат зерен (всегда с апатитом!) цементирует ранее выделившиеся пироксен, оливин и плагиоклаз (рис. 1 б). Руды характеризуются мелко- и среднезернистым сложением — диаметр зерен рудных минералов колеблется в пределах 0,2—1 мм, нерудных — до 1—2 мм.

Судя по количественно-минералогическим подсчетам в полированных и прозрачных шлифах (среднее из 50 подсчетов дано на рис. 2), в целом преобладающим рудным минералом является ильменит. Под микроскопом отмечается несколько большая степень идиоморфизма его по отношению к титаномagnetиту. Анализ наблюдающихся структурных взаимоотношений различных минералов позволяет наметить следующую последовательность выделения минералов: пироксен → оливин → плагиоклаз → апатит → (ильменит + титаномagnetит) → постериорные минералы. Причем оливин, плагиоклаз и руда часто обнаруживают взаимно ксеноморфные границы. Апатит, ассоциирующий с рудой, выделяется в виде удлиненных призматических кристаллов и всегда идиоморфен по отношению к другим минералам.

Сплошные ильменит-титаномагнетитовые руды встречаются довольно редко и лишь в южной половине плутона габбро-сиенитов. Это пласто- и жилообразные тела, имеющие как согласные, так и секущие границы по отношению к вмещающим габброидным породам. Мощность их колеблется от нескольких сантиметров до 15—20 м, протяженность по простиранию до полукилометра. Располагаясь в целом согласно с общей расслоенностью массива, они часто приурочиваются к местам смены пород различного состава, являющимся тектонически ослабленными зонами. Характерно, что как в самих согласных телах сплошных руд, так и вблизи них во вмещающем габбро наблюдается согласно-ориентированное расположение таблитчатых кристаллов плагиноклаза — линейная текстура, которая исчезает вдали от рудных тел. Азимуты падения линейности составляют 270—290°, углы падения — порядка 60°. В четко секущих жилах сплошных руд, кроме ориентировки плагиноклаза в руде, согласно падению жил, наблюдались также ксенолиты вмещающих пород до 10—20 см в поперечнике. Мощность этих жил обычно не превышает 1—2 м, азимут падения их порядка 240—260°, угол падения 35—40°. Они характеризуются резкими, ровными контактами с вмещающей породой (рис. 1в), в которой трахитоидности не отмечается. Иногда по контакту жил развивается биотит-амфиболовая оторочка.

Сплошные руды имеют довольно крупнозернистое сложение: зерна ильменита и титаномагнетита размером в 2—3 мм в поперечнике образуют аллотриоморфнозернистый агрегат, цементирующий крупные со следами коррозии зерна плагиноклаза, оливина и пироксена. Руды с массивной текстурой отличаются довольно постоянным количественно-минералогическим составом (порядка 80—90% рудных минералов), полосчатые — составом переменным в широких пределах за счет присутствия разного количества и различной мощности безрудных прослоев. В среднем, по подсчетам под микроскопом в 40 образцах, произведенных линейным методом при помощи интеграционного столика, состав сплошных ильменит-титаномагнетитовых руд соответствует данным, приведенным на диаграмме (рис. 2). Схема последовательности выделения минералов в этих рудах выглядит следующим образом: плагиноклаз → оливин → пироксен → (ильменит + титаномагнетит) → постерриорные минералы. Апатит в рудной части совершенно отсутствует.

Главный компонент руд — титаномагнетит — в отраженном свете показывает весьма разнообразные графические структуры распада ильменита и шпинели в магнетите. Судя по его химическому анализу (табл. 2), от предыдущего титаномагнетита он отличается несколько повышенным содержанием титана, ванадия и марганца, а также отсутствием хрома. Как и в первом случае, наличие повышенного количества алюминия и магния может быть объяснено главным образом присутствием микроскопических включений шпинели в титаномагнетите в качестве продукта распада твердого раствора.

#### Автопневматолитический тип титанового оруденения

Этот тип оруденения представлен сравнительно мощными мелко-вкрапленными зонами в сильно измененных щелочных и обычных габброидах, приуроченных к висячим границам серий перидотит-анортозитов и перидотит-пуласкинов. Эти зоны в центральной и северной частях плутона встречены по границе со щелочными гранитами и нефели-



новыми сиенитами, в западной — вдоль контакта щелочных габброидов с архейскими гнейсами. Ширина оруденелых пород достигает 200—300 м, по простиранию они прослеживаются по редким обнажениям до 5 км. Граница их с материнскими габброидами весьма постепенная, полосатые и трахитоидные текстуры отсутствуют.

Рудная минерализация, представленная в основном ильменитом и апатитом, с подчиненными количествами титаномагнетита и магнетита, сопровождается интенсивным проявлением процессов аутометасоматического изменения первичных породообразующих минералов. Из пневматолитических минералов в рудах широко развиты апатит, амфиболы, гранат, биотит и серицит. Содержание ильменита колеблется в пределах от нескольких процентов до 10—11%, апатита — порядка 7—14%, местами обилён розовый гранат и биотит. Средний количественно-минералогический состав данных руд показан на рис. 2.

Сложение руд довольно крупнозернистое, размер зерен породообразующих минералов (плагноклаза, пироксена) достигает 5—10 мм, рудных — 1—4 мм. Апатит встречается преимущественно в виде тонкопризматических (иногда игольчатых) хорошо образованных кристалликов длиной 2—5 мм, реже — до 1—1,5 см. В отдельных случаях он встречается в виде крупных ксеноморфных выделений желтого цвета, подчиняющихся очертаниям соседних минеральных агрегатов. Под микроскопом четко отмечается постоянная ассоциация рудных минералов с апатитом и другими пневматолитическими минералами. Иногда наблюдаются тесные графические сростания ильменита и магнетита с вторичными нерудными минералами.

### Пегматитовый тип титанового оруденения

В северной части плутона габбро-сиенитов, на участке развития такситовых разновидностей габброидных пород, были встречены своеобразные ильменитсодержащие габбро-пегматиты. По форме это неправильные обособления или шпиры, реже — четко жилкообразные маломощные тела с весьма грубозернистой (пегматоидной) структурой. Размер отдельных кристаллов пироксена и плагноклаза в них достигает даже дециметра в длину. Видимая мощность тел изменяется от 10—20 см до нескольких метров.

Рудные габбро-пегматиты сравнительно просты по минералогическому составу. Они состоят преимущественно из плагноклаза, пироксена (в значительной мере замещенного амфиболом) и переменного количества ильменита и апатита, иногда магнетита. Порядок кристаллизации минералов приблизительно тот же, что и во вмещающих габбро: первым кристаллизуется плагноклаз в виде толстотаблитчатых кристаллов, реже — неправильных зерен, размером порядка 1—5 см в поперечнике. Выделение ильменита и пироксена было, очевидно, близко-одновременным, иногда они даже образуют вместе тесные прорастания. Ильменит часто выделяется в виде крупных, уплощенных по базопинаккиду кристаллов до 1—4 см в поперечнике, распределенных в породе довольно неравномерно. Пироксен обычно сильно амфиболизируется с образованием почти полных гомоосевых уралитовых псевдоморфоз. Длина призматических кристаллов апатита достигает в ряде случаев 1—2 см. Количественные соотношения рудных

и нерудных минералов сильно варьируют от образца к образцу. Судя по подсчетам в 5 штучных образцах, средний состав габбро-пегматитов приблизительно соответствует количествам, указанным на диаграмме (рис. 2.).

### Титановое оруденение метаморфогенного типа

Оруденение этого типа возникает путем метаморфического преобразования первичномагматических рудосодержащих пород в пределах тектонических зон, секущих породы плутона как в широтном, так и меридиональном направлениях. Мощность зон милонитизированных пород в ряде случаев достигает 30—50 м, и они часто прослеживаются на большие расстояния. Отдельные участки сплошных ильменит-титаномагнетитовых руд в процессе метаморфизма превращаются в мелкозернистый ильменит-магнетитовый агрегат зерен с редкими реликтами титаномагнетита. Рудные перидотиты и другие габброиды с рудной вкрапленностью в конечном случае нацело амфиболизируются с широким развитием таких вторичных минералов, как зеленая, бурая или бесцветная роговая обманка, биотит, хлорит, гранат и альбит, иногда карбонат и сфен. Титаномагнетит перекристаллизовывается с образованием линзовидных скоплений обособленных зерен ильменита и магнетита в ассоциации с апатитом. Структура вкрапленных руд из сидеронитовой превращается в гранобластическую, иногда с реликтами обычных магматических структур. Согласно простирацию тектонических зон в рудных амфиболитах и габбро-амфиболитах часто развивается кристаллизационная сланцеватость, местами возникает полосчатость, выражающаяся в послойном чередовании лейкократовых и амфиболорудных линзовидных обособлений с гранатом. В целом количество рудной вкрапленности, по сравнению с неизменными рудами, заметно убывает.

### Химический состав руд

Химический состав руд каждого из выделенных генетических типов титанового оруденения в пределах комплекса габбро-сиенитов характеризуется рядом особенностей. Содержание в титаномагнетитовых рудах двуокиси титана колеблется от нескольких процентов до 20—25%, пятиокиси ванадия — до 0,60%, валового железа — от 20 до 40—50%, трехокиси хрома — от 0 до 1% и пятиокиси фосфора — от 0 до 2,5% (проценты весовые). Содержание данных главных компонентов в рудах сегрегационного, позднемагматического и автопневматолитового типов титанового оруденения по наиболее типичным образцам дано в табл. 3.

Таким образом, вещественный (качественный и количественный) химический и минералогический состав руд титановых месторождений плутона Гремяха-Вырмес позволяет их отнести к типу комплексных, ванадийсодержащих многотитанистых ильменит-титаномагнетитовых месторождений. Масштабы оруденения и возможность извлечения значительной части титана из руд в виде ильменитового концентрата свидетельствуют о промышленной ценности месторождения и необходимости его дальнейшего изучения.

Таблица 3

Компоненты (вес. %)	Тип оруденения и порода	Рудное пойкилитовое оливиновое габбро, обр. 166	Рудный перидотит, обр. 116	Сплошная руда с пла- гиоклазом, обр. 42	Апатит-иль- менитовое габбро, обр. 220
TiO <sub>2</sub>		15,68	10,66	20,24	6,17
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,12	0,06	0,57	0,03
FeO		30,72	27,03	33,08	11,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		38,07	12,13	31,59	2,85
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1,05	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		—	1,55	—	2,30
Аналитики:		С. И. Смир- нова	Е. И. Ус- пенская	С. И. Смир- нова	Е. И. Ус- пенская

### К вопросу генезиса титанового оруденения габбро-сиенитов плутона Гремяха-Вырмес

Для характеристики процессов рудообразования и геохимии титана главное значение имеет установление генетических типов оруденения, закономерностей их размещения и характера взаимосвязи между ними и различными типами горных пород. На образование того или иного типа титанового месторождения оказывает влияние целый комплекс геологических, физико-химических и геохимических факторов. Они определяют ход процессов дифференциации материнской титаносодержащей магмы, время отщепления и характер обособления рудообразующего расплава-раствора.

Наиболее важным фактором возникновения различных генетических типов магматогенного титанового оруденения нужно признать степень дифференцированности и глубину формирования того или иного массива, так как при наличии особо благоприятных геологических условий это приводит к формированию не только раннемагматически-сегрегационных и позднемагматических фузивных титаномagnetитовых месторождений, но и обуславливает возникновение более поздних жильных, автопневматолитических и пегматитовых типов оруденения. Это особенно ясно выделяется на примере изучения сложного, четко расслоенного плутона Гремяха-Вырмес, где по существу в одной и той же интрузии габбро-сиенитов, в разных ее структурных ярусах, формируются различные генетические типы титановых месторождений, которые можно рассматривать как звенья единой цепи процесса рудообразования.

Физико-химическое объяснение причин образования сегрегационных и фузивных магматических титаномagnetитовых месторождений на основе рассмотрения теоретической трехкомпонентной системы силикат—магнетит—летучий компонент дает Кратц в одной из последних работ (1). Несомненно, что сегрегационные руды в габбро-сиенитах образовывались непосредственно путем выделения зерен титаномagnetита.

из кристаллизующейся габброидной магмы с последующей сегрегацией их на дне магматической камеры в результате гравитационной дифференциации.

Формирование ультраосновных пород с сидеронитовой вкрапленностью ильменита и титаномагнетита, как показали исследования Полканова, обязано проявлению процессов гравитационно-кристаллизационной дифференциации при движении наклонного потока магмы. Рудная жидкость при этом оставалась в подвижном состоянии вплоть до последних этапов кристаллизации магмы, чему способствовало повышенное содержание в рудной остаточной магме летучих. Это находит свое выражение главным образом в присутствии значительных количеств апатита и постериорных минералов в данной разновидности руд. Накопление летучих в последних остатках магмы понижало температуру кристаллизации руды и приводило к прогрессивному накоплению титаном, ванадием и железом остаточных магматических расплавов.

Тела сплошных руд возникали, очевидно, путем отжимания и инъекции рудного остаточного расплава в тектонически ослабленные зоны и трещины, возникающие при охлаждении почти целиком закристаллизовавшихся верхних горизонтов интрузии габбро-сиенитов. Закономерности распределения тел позднемагматических титановых руд в пределах интрузии определялись в значительной степени тектоническими движениями в период рудообразования, происходившими главным образом согласно с директивными текстурами пород.

Отложение рудного вещества в более поздние этапы рудогенеза (образование автопневматолитовых типов титанового оруденения) происходило, вероятно, из надкритических газовых рудоносных растворов, роль которых теоретически обосновал акад. А. Н. Заварицкий в своей работе о фузивных магматических месторождениях (1937). Отделение газообразной фазы с концентрацией ее в верхних частях как интрузивной серии перидотит-анортозита, так и перидотит-пуласкита происходило все более интенсивно в поздние фазы по мере раскристаллизации магмы. Газы, концентрировавшиеся вблизи кровли, являлись агентами переноса ряда металлических соединений, главным образом титана и железа. Обогащение в этих местах определенных фаций пород летучими и рудными компонентами приводило к появлению своеобразных аутометасоматических процессов, широкому развитию постериорных минералов. Сравнительно равномерное рудоотложение в кровле, при отсутствии жильных апатит-ильменитовых образований, говорит о значительном внешнем давлении и отсутствии сильных тектонических движений, которые могли бы привести к образованию открытых трещин и удалению летучих компонентов. Рудоотложение происходило, очевидно, после закристаллизации внешней оболочки интрузива и обязательно типичному автопневматолитическому процессу.

Происхождение рудных габбро-пегматитов следует также, очевидно, связывать с обособлением определенных фракций магмы с высоким содержанием летучих, ослабляющих вязкость и тем самым способствующих образованию крупных кристаллов. О вероятности их аутометасоматического генезиса свидетельствуют извилистые, часто расплывчатые контуры тел, а также различные закономерные срастания рудных и нерудных минералов.

## ВЫВОДЫ

Процесс формирования интрузии габбро-сиенитов был чрезвычайно сложным и достаточно длительным. В нем четко выражена эволюция химического и минералогического составов габброидов от первой интрузивной фазы (перидотит-анортозитов) ко второй (перидотит-пуласситов), направленная в сторону увеличения кислотности и щелочности пород. В то же время на протяжении большей части процесса кристаллизации и дифференциации титансодержащей магмы шло обогащение магматических остатков железисто-магнезиальными компонентами, титаном, ванадием, фосфором и рядом других летучих компонентов, что устанавливается для большинства титаномагнетитовых месторождений (3).

В образовании различных генетических типов титанового оруденения в комплексе габбро-сиенитов плутона Гремяха-Вырмес наиболее отчетливо проявили свое действие процессы гравитационной, гравитационно-кинетической и газо-гравитационной дифференциации. Все это подчеркивает значительную роль процессов магматической дифференциации в петрогенезисе основных пород и связанных с ними магматогенных месторождений.

*Лаборатория минералогии и геохимии  
Геологического института  
Кольского филиала АН СССР*

*Поступила в редакцию  
10/V 1958*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кратц К. О. О генезисе магматических титаномагнетитовых месторождений. Тр. Лаборат. геол. докембрия, вып. 7, 1957.
2. Кратц К. О., Нумерова В. Н. Краткий очерк геологического строения и основные черты металлогении восточной части Балтийского щита. Матер. по геол. и полезн. ископ. Северо-Запада СССР, 1, 1957.
3. Малышев И. И. Закономерности образования и размещения месторождений титановых руд. ВИМС, М., 1957.
4. Полканов А. А., Елисеев Н. А. Петрология плутона Гремяха-Вырмес (Кольский п-ов). Изд. ЛГУ, 1941.
5. Полканов А. А. К вопросу о генезисе титаномагнетитового оруденения габбро-сиенитов плутона Гремяха-Вырмес (Кольский п-ов). Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1944.