

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 553.2

Геолого-промышленные типы месторождений. Тип ванадиево-титаномагнетитовый в пироксенитах

Р.Г. Ибламинов

Пермский государственный национальный исследовательский университет

614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: riaminov@psu.ru

(Статья поступила в редакцию 17 мая 2022 г.)

Геолого-промышленный тип ванадиево-титаномагнетитовых руд в пироксенитах является важнейшим источником железа и ванадия. Рассмотрены региональное геологическое положение месторождений, строение Качканарского рудного поля, закономерности строения рудных залежей на примере Гусевогорского, Собственно Качканарского и Первоуральского месторождений, особенности зональности рудных тел, их минералогического состава. Показана экономика минерального сырья. Отмечены перспективы разработки аналогичных месторождений в мире.

Ключевые слова: *месторождения железа, ванадия, строение, состав, условия образования.*

DOI: 10.17072/psu.geol.21.4.360

1. Геолого-промышленные типы месторождений полезных ископаемых

В предыдущей статье (Ибламинов, 2022) было сформулировано понятие о геолого-промышленных типах месторождений как о совокупности близких по составу полезного ископаемого, форме его залегания и являющейся стабильным источником минерального сырья на мировом рынке. На примере титаномагнетит-ильменитового типа было показано значение детального исследования геохимического и минералогического аспектов типов месторождений.

Понятие «геолого-промышленный тип» носит относительный характер (Ибламинов, 2021). Показателем относительности понятия в истории горного дела может служить тип титаномагнетитовых руд в пироксенитах. Качканарское месторождение этого типа на Урале было известно с XVIII в. (П.С. Паллас, 1786). В начале XX в. на месторождении велись разведочные работы с применением самых совершенных методов геологической

разведки: алмазного бурения и магнитометрии. Однако месторождение оказалось не-промышленным из-за преобладания руд вкрапленной текстуры. Только после разработки технологии обогащения руд и получения ванадиевого концентрата при их металлургическом переделе месторождение в середине XX в. перешло в разряд промышленных.

2. Тип ванадиево-титаномагнетитовый в пироксенитах

Рассматриваемый тип месторождений, именуемый также *ванадиево-титаномагнетитовым* (Гос., 2019), представлен столбо- и линзообразными залежами титаномагнетитовых ванадиеносных руд в пироксенитах и горнблендитах. Месторождения связаны с породами дунит-клинопироксенит габбровой формации складчатых областей. Породы формации распространены в герцинском складчатом поясе Урала (рис. 1) и киммерийском поясе

Юго-Восточной Аляски. В обоих регионах они образуют протяженные пояса из магматических тел, содержащих рудную вкрапленность титаномагнетитов (Тейлор, Нобл, 1973). На Урале пояс именуется Платиноносным, в его пределах оцены 19 месторождений, из которых разрабатываются два: Гусевогорское и Первоуральское. Гусевогорское месторождение при среднем содержании железа 15,9% обладает крупными запасами (3,6 млрд т). В процессе металлургиче-

ского передела из руд получают ванадий. Оно расположено в Качканарском рудном поле, которое находится в пределах одноименного габбро-пироксенитового массива диаметром 10 км и объединяет Собственно Качканарское и Гусевогорское месторождения, приуроченные к пироксенитам. Первое представлено крупным линзообразным телом, а второе – совокупностью трубообразных тел, залегающих согласно с окружающими магматическими породами (рис. 2).

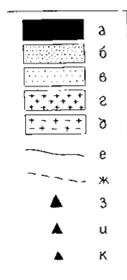
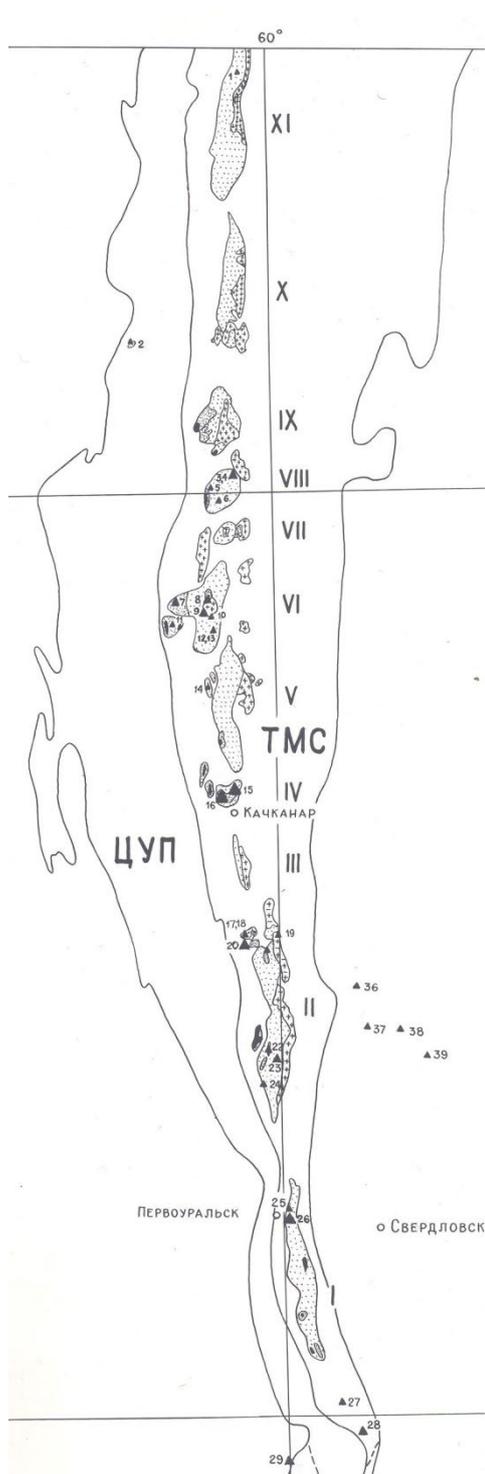


Рис. 1. Схема размещения титаномагнетитовых месторождений в массивах габбро-пироксенит-дунитового (Платиноносного) пояса (составлена на основе карт и схем кн. Геология СССР, 1969, 1973).

ТМС – Тагильский мегасинклиорий, ЦУП – Центральное Уральское поднятие. Массивы магматических пород пояса: I – Ревдинский, II – Тагильский, III – Артяшский, IV – Качканарский, V – Павдинский, VI – Кытлымский, VII – Княсьпинский, VIII – Кумбинский, IX – Денежкин Камень, X – Ивдельский, XI – Чистопский; магматические породы: а – дуниты, б – верлиты и клинопироксениты, в – габброиды, г – гранитоиды, д – сиениты; границы структур: е – I порядка, ж – II порядка; титаномагнетитовые месторождения: з – промышленные, и – непромышленные, к – малые. **Рудопроявления:** 1 – Витимское, 2 – Юбрышкинское, 5 – Большой и Малой Брусковой, 6 – Кочковское, 10 – Любвинский участок, 11 – Косьвинский Камень, 12 – Васильевский участок, 13 – Казанский участок, 14 – Борухинское, 17 – Гора Голая, 18 – Синегорское, 19 – Мало-Лайская аномалия, 22 – Егорово-Каменское, 24 – Спорное, 25 – Верхне-Заводское, 27 – Гора Пугачёва, 34 – Буланихинское, 36 – Журавлёвское, 37 – Редка, 38 – Мокроусовское; **месторождения:** 3 – Баяновское, 4 – Золотушинское, 7 – Конжаковский Камень, 8 – Серебрянское, 9 – Вознесенское, 15 – Гусевогорское, 16 – Собственно Качканарское, 20 – Северо-Баронское, 21 – Баронское, 23 – Висимское, 26 – Первоуральское, 28 – Куртинское, 29 – Суроямское, 39 – Маюровское

3. Гусевогорское месторождение

Гусевогорское месторождение состоит из девяти столбообразных рудных залежей, площадь горизонтального сечения которых меняется от 2 до 0,25 км². Границы залежей проводятся по бортовому содержанию Fe, равному 14%. Состав руд (по групповым пробам, мас.%) характеризуется следующими данными: Fe – 18,09; TiO₂ – 1,23; V₂O₅ – 0,12; CaO – 16,04; MgO – 13,12; Al₂O₃ – 5,09;

SiO₂ – 38,39; S – 0,029; P – 0,021; MnO – 0,17. Оруденение прослежено до глубины 500 – 600 м. Внутреннее строение залежей характеризуется концентрически зональным строением при наличии рудных столбов (рис 3, 4).

В условиях вкрапленного оруденения, приуроченного к различным горным породам и характеризующегося разными технологическими свойствами, на месторождении выделяются *петрографические типы руд*.

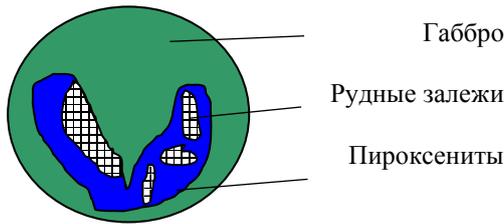


Рис. 2. Модель Качканарского рудного поля. Рудные залежи (заштрихованы в клеточку) приурочены к пироксенитам, залегающим среди габброидов. Западное тело пироксенитов содержит Собственно Качканарское месторождение, восточное – Гусевогорское

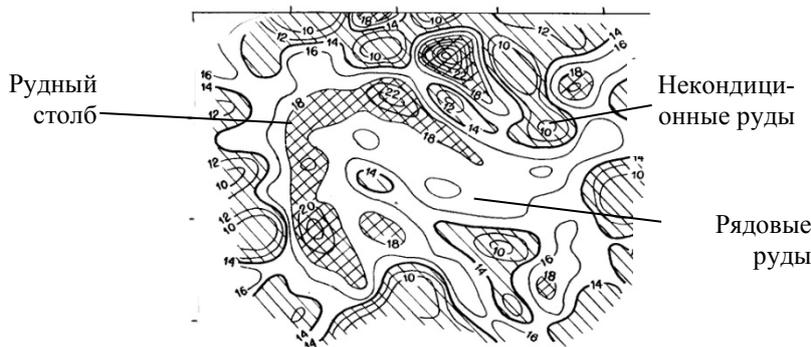


Рис. 3. Горизонтальное сечение геохимического поля железа Главной залежи Гусевогорского месторождения на горизонте 235 м (значения изоконтий, мас. %). Участки с содержанием менее 14 – некондиционные руды, от 14 до 18 – рядовые руды, более 18 – высокие по качеству руды, фиксирующие рудный столб

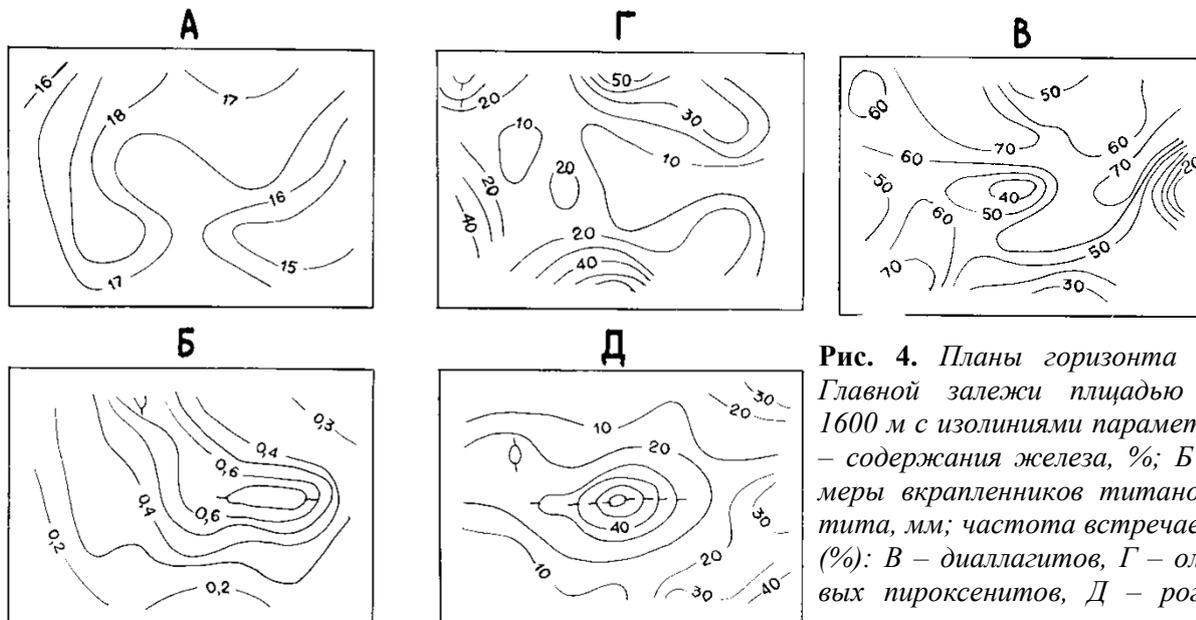


Рис. 4. Планы горизонта 235 м Главной залежи площадью 1800x1600 м с изоконтиями параметров: А – содержания железа, %; Б – размеры вкрапленников титаномагнетита, мм; частота встречаемости (%): В – диаллагитов, Г – оливиновых пироксенитов, Д – роговообманковых пироксенитов

Например, в Главной залежи Гусевогорского месторождения наиболее распространенным

петрографическим типом руд являются рудные диаллагиты (57%), менее распространенные

ны оливиновые (20,2%) и роговообманковые пироксениты (17,4%). В горизонтальном сечении Главной залежи, имеющей трубообразную форму, намечается концентрически зональное распределение петрографических типов руд. На периферии залежи преобладают оливиновые пироксениты, которые ближе к центру сменяются диаллагитами, а в центральной части распространены роговообманковые пироксениты. Установлена связь поля распространения петрографических типов руд с минералогическими и геохимическими полями. Участкам преобладания диаллитов отвечают повышенные содержания титаномагнетита и соответственно железа, а площади распространения роговообманковых пироксенитов – участки руд с более крупновкрапленной текстурой (см. рис. 4).

Для залежи характерна вертикальная зональность, выражающаяся в увеличении содержания железа и ванадия с глубиной. То-

гда как содержания титана вначале уменьшаются, затем возрастают (рис. 5).

В рудах преобладает вкрапленная текстура, встречается также шлировая. Шлиры титаномагнетита образуют плоские жилообразные выделения толщиной несколько сантиметров, длиной до метра. Структура вкрапленных руд сидеронитовая, она характеризуется ксеноморфными выделениями титаномагнетита среди более идиоморфных зёрен пироксена (рис. 6). Титаномагнетит, на который приходится более 90% объёма рудных выделений, содержит включения ильменита, реже шпинели и ульвошпинели в виде пластинчатых структур распада (рис. 7). Вторым по распространённости рудным минералом является ильменит.

Электронно-зондовые исследования магнетита Гусевогорского месторождения показали низкое содержание в нём элементов-примесей в отличие от магнетита Первоуральского месторождения (табл. 1).

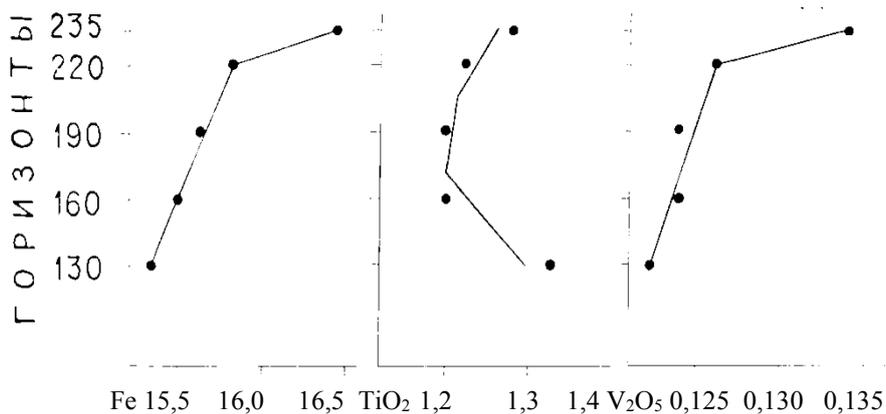


Рис. 5 Изменение средних содержаний Fe, TiO₂, V₂O₅ (мас.%) по горизонтам Главной залежи Гусевогорского месторождения

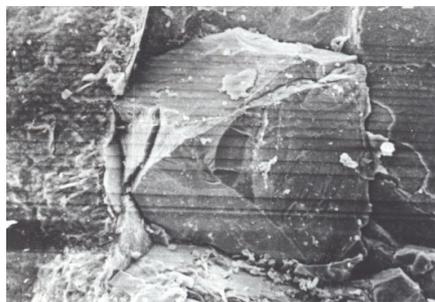


Рис. 6. Пироксен (диаллаг) с плоскостями спайности и титаномагнетит (слева), октаэдрический кристалл в пироксене (справа). Обр. 6 из Главной залежи, изображения во вторичных электронах, увеличение 400^x

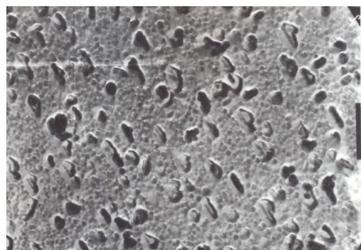


Рис. 7. Титаномагнетит с ориентированно-зернистой структурой распада. Обр. 6 из Главной залежи, платиноугольная реплика, увеличение 19000^x

Таблица 1. Составы титаномагнетитов Гусевогорского(6) и Первоуральского (3) месторождений

№ образца	Оксиды, мас. %								FeO общее
	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	сумма	
6	0,97	1,59	0,17	0,50	31,76	64,84	0,00	99,83	96,60
3	3,13	4,92	0,14	3,21	30,34	54,45	0,13	96,32	84,79
	Миалы, мол. %								
	Магнетит FeFe ₂ O ₄	Герцинит FeAl ₂ O ₄	Хромит FeCr ₂ O ₄	Ульвошпинель Fe ₂ TiO ₄	Якобсит MnFe ₂ O ₄	Магнезиоферрит MgFe ₂ O ₄			
6	91,1	1,4	0,0	4,3	0,5	2,7			
3	63,6	4,5	0,1	13,7	0,5	17,6			

4. Собственно Качканарское месторождение

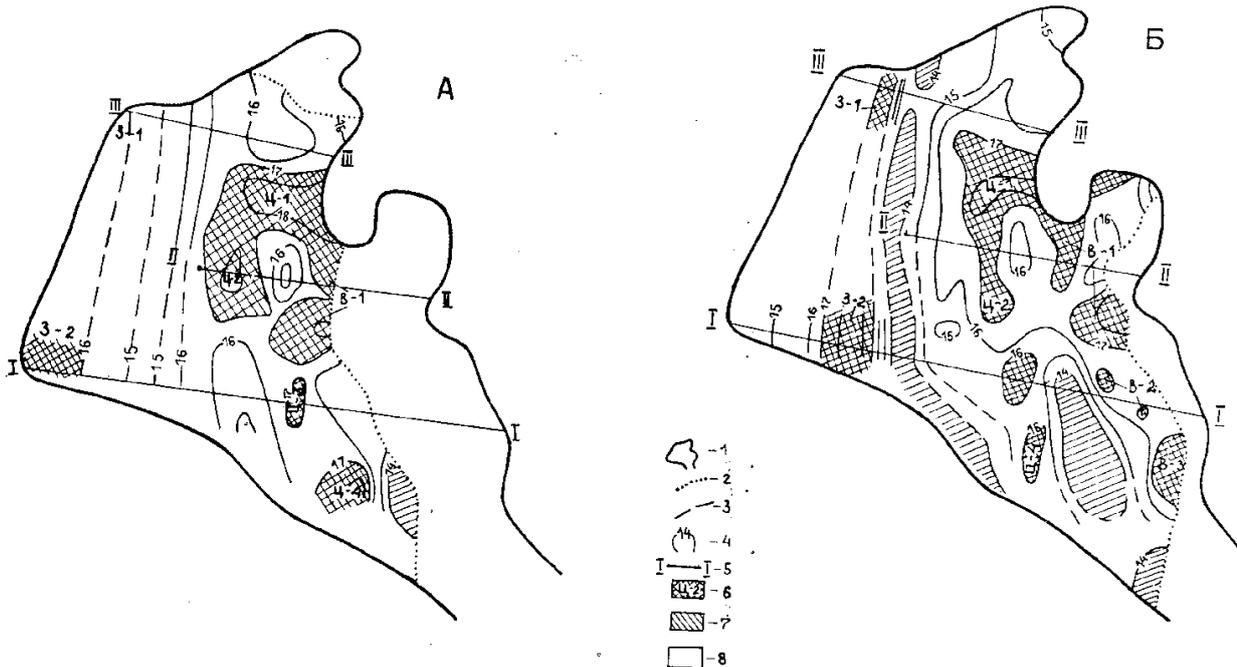


Рис. 8. Схема расположения зон рудных столбов на горизонтальных сечениях геохимического поля железа на горизонтах 600 (А) и 500 (Б) м Собственно Качканарского месторождения: 1 – генерализованный контур рудной залежи; 2 – линия пересечения плоскости горизонта с земной поверхностью; изолинии содержания железа (мас. %), построенные методом: 3 – экстраполяции, 4 – интерполяции; 5 – линии геологических разрезов; 6 – рудные столбы и их номера; 7 – участки некондиционных руд; 8 – участки рядовых руд

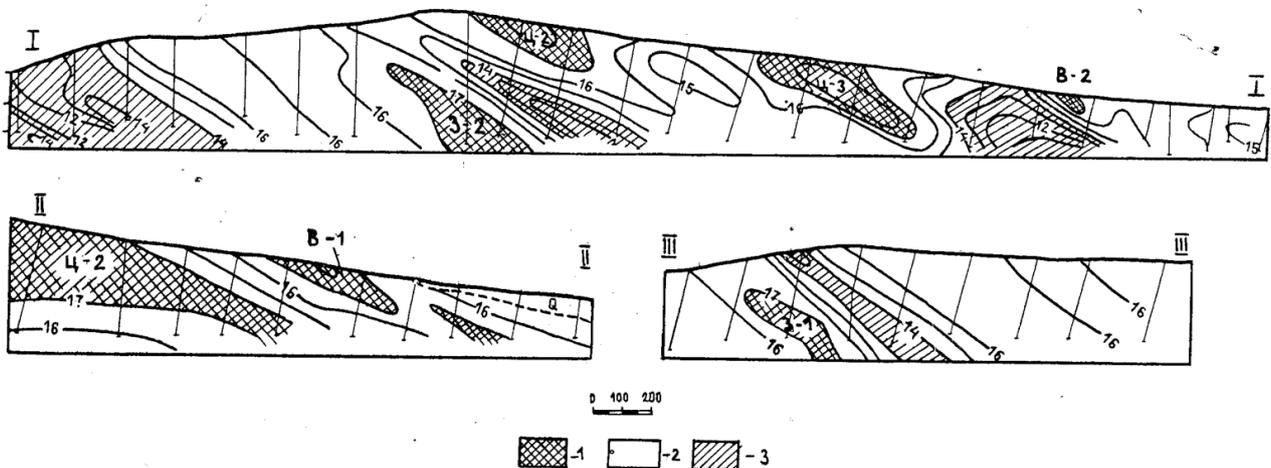


Рис. 9. Положение рудных столбов на вертикальных сечениях геохимического поля железа (изолинии, мас.%) рудной залежи Собственно Качканарского месторождения: 1 – рудные столбы, 2 – рядовые руды, 3 – некондиционные руды и пустые породы

В Качканарском рудном поле подготавливается к эксплуатации Собственно Качканарское месторождение. Оно образовано одним крупным линзообразным телом вкрапленных титаномагнетитовых руд длиной 5,3 км при максимальной ширине 1,3 км (рис. 8). Залежь падает на северо-восток под углом 35–50°. В ней наряду с преобладающими рудами вкрапленной текстуры присутствуют шлиры сплошных руд жиллообразной формы толщиной 1–8 см, длиной 1–5 м. Запасы руд месторождения составляют 2,6 млрд т при среднем содержании железа 16,6 %.

Для Собственно Качканарского месторождения характерна аналогичная Гусевгорскому картина связи геохимических и петрографических полей, где средние содержания железа увеличиваются в ряду горных пород: оливинит – диаллагит – рудный оливинит – рудный оливинит. Этот ряд пород соответствует вертикальному разрезу крупной пологопадающей линзообразной залежи месторождения. Причем распространенность пород конца ряда вниз по разрезу уменьшается. Это отражает инверсию магматической системы, которая дифференцировала от оливинитовых пироксенитов к рудным диаллагитам с накоплением в остатке снова оливинитовых пироксенитов и более поздних оливинитов. Доказательством чего является залегание последних в виде отдельных шлировидных обособлений (рис. 9).

Такая грубая расслоенность залежи Собственно Качканарского месторождения достаточно отчетливо проявляется на вертикальных сечениях геохимического поля железа, анализ которого позволил выделить по повышенным содержаниям три субпараллельные рудные зоны, ориентировка которых в целом совпадает с субмеридиональным простиранием и восточным падением рудовмещающих пироксенитов (см. рис. 8; 9). Рудные зоны разделяются участками пониженных и некондиционных содержаний. При этом Восточная (В-1) и Центральная (Ц-2) зоны имеют тенденцию к выклиниванию с глубиной, а Западная (З-2) зона выклинивается вверх по восстанию залежи. На фоне общей картины грубой расслоенности отмечается еще и тенденция концентриче-

ски-зонального строения геохимического поля железа (см. рис. 8), характерная для интрузий центрального типа. С другой стороны, на более высокочастотном уровне проявляется их прерывисто-ячеистое строение в виде рудных столбов (Ибламинов, 1983).

5. Первоуральское месторождение

Первоуральское месторождение шлирово-вкрапленных титаномагнетитовых руд приурочено к Ревдинскому габбро-пироксенитовому массиву Платиноносного пояса. Оно представлено одной крутопадающей узкой линзовидной залежью в горнблендитах массива. Залежь длиной около 2 км круто падает на восток под углом 80–85°. Оруденение прослежено до глубины 385 м, запасы руд к началу отработки составляли около 160 млн т. Состав руд (по групповым пробам, мас.%) характеризуется следующими данными: Fe – 17,14; TiO₂ – 2,09; V₂O₅ – 0,20; CaO – 10,17; MgO – 11,62; Al₂O₃ – 14,03; SiO₂ – 34,07; S – 0,024; P – 0,014; MnO – 0,17.

Строение Первоуральского месторождения отчетливо прослеживается в геохимическом поле железа (рис. 10). Для него характерно прерывисто-ячеистое строение, причем наиболее обогащенные титаномагнетитом ячеи отвечают рудным столбам, которые протягиваются цепочкой вдоль осевой части залежи (Ибламинов, 1976).

Залежь отличается шлирово-вкрапленной текстурой руд. Наибольшим распространением пользуются руды средневкрапленной текстуры с размером вкрапленников 5x10 мм, меньшим – крупновкрапленной (5x20), ещё меньшим – шлирово-вкрапленной (10 x 30 мм) и шлировой (20 x 1300). Мелкие вкрапленники в процессе обогащения теряются. Наибольшим распространением рудные шлиры пользуются на северном фланге месторождения.

На месторождении отмечается вертикальная зональность в распределении средних содержаний железа (мас.%) по горизонтам: горизонт 364 м – 15,52; 352 м – 15,90; 340 м – 15,76; 330 м – 16,18; 320 м – 16,03; 310 м – 15,81.

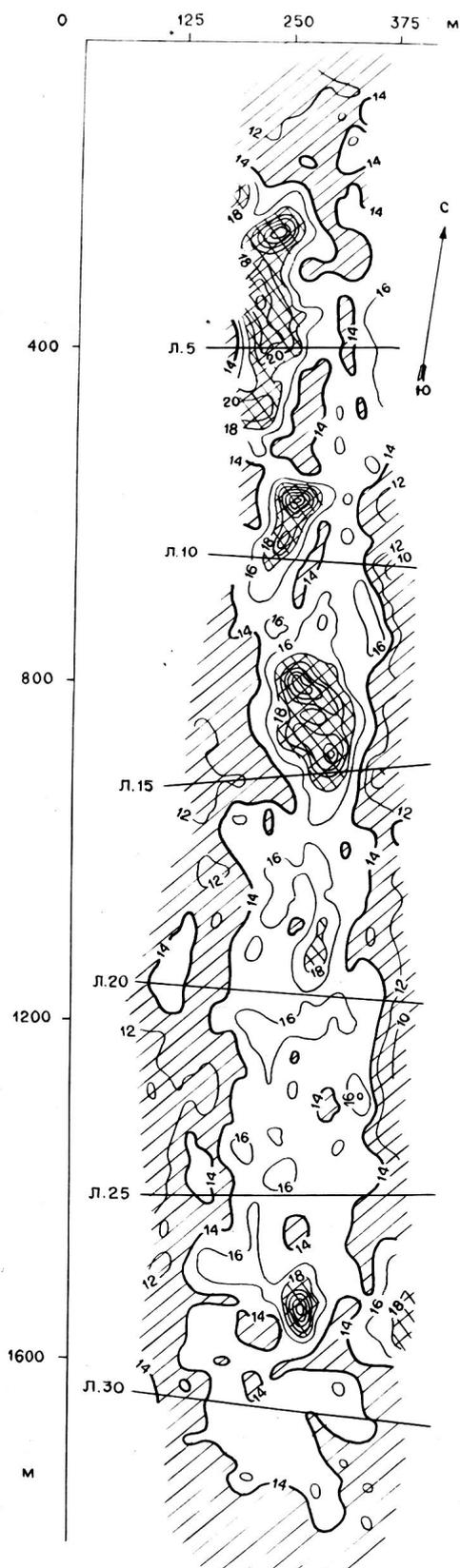


Рис. 10. Рудные столбы (заштрихованы в клеточку) на горизонтальном сечении геохимического поля железа залежи Первоуральского месторождения (изолинии, мас. %): косая штриховка – некондиционные руды, не заштрихованы – рядовые руды, Л. 20 – линии разведочных скважин

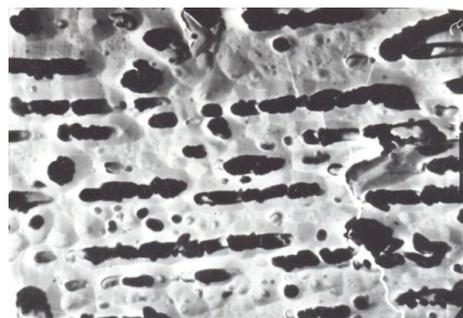


Рис 11. Пластинчатая структура распада ильменита в титаномагнетите. Обр. 3 из Первоуральского месторождения, платино-угольная реплика, увеличение 15000^x

Главными минералами руд Первоуральского месторождения являются титаномагнетит и роговая обманка. Шлирово-вкрапленная текстура имеет сидеронитовую структуру, при которой ксеноморфные выделения титаномагнетита располагаются в интерстициях роговой обманки.

Электронно-зондовый анализ титаномагнетита Первоуральского месторождения показал, что он обогащён примесями алюминия, титана, магния, т.е. соответственно герцинитовым, ульвошпинелевым и магнезиоферритовым компонентами (табл. 1). Его можно назвать алюминиево-магниевым титаномагнетитом.

Сам титаномагнетит содержит пластинчатые включения ильменита (рис. 11), реже шпинели (рис. 12) и гематита в виде структур распада.

При наблюдении в отраженных электронах в титаномагнетите были обнаружены мелкие включения в виде эмульсиевидных структур распада (рис. 12). Просмотр препарата в рентгеновских лучах Fe, Ti, Al, Mg позволил диагностировать их как шпинель. Данные электронно-зондового анализа подтвердили, что это обыкновенная шпинель с низким содержанием герцинитового, магнетитового и ульвошпинелевого компонентов (табл. 2). Ильменит и шпинель кроме нахождения в виде включений в магнетите образуют самостоятельные обособления. Ильменит Первоуральского месторождения, как и магнетит, характеризуется присутствием значительного количества примесей магния и марганца (см. табл. 2).

На Первоуральском месторождении при обогащении руд для получения кускового концентрата производится крупное дробле-

ние. Получают титаномагнетитовый концентрат и попутно – горнблендитовый щебень.

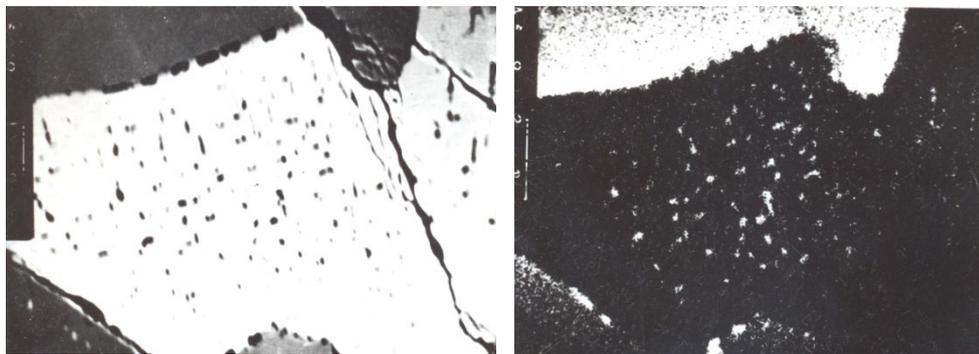


Рис. 12. Титаномагнетит с эмульсиевидной структурой расплада шпинели (в центре) и роговая обманка (вверху). Изображения во вторичных электронах (слева) и рентгеновских лучах Al Kα (справа), увеличение 400^x

Таблица 2. Составы шпинели из титаномагнетита и ильменита Первоуральского месторождения (Ибламинов и др., 1987)

Минерал	Оксиды, мас. %								
	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	сумма	FeO общее
Шпинель	68,78	0,40	–	25,87	4,17	2,43	0,02	101,67	6,60
Ильменит	0,09	50,75	2,31	8,14	28,79	10,35	0,00	100,43	39,14
Минералы, мол. %									
Шпинель	Шпинель MgAl ₂ O ₄	Магнетит FeFe ₂ O ₄	Герцинит FeAl ₂ O ₄	Хромит FeCr ₂ O ₄	Ульвошпинель Fe ₂ TiO ₄	Якобсит MnFe ₂ O ₄			
	90,8	3,5	4,7	0,0	1,0	–			
Ильменит	Ильменит FeTiO ₃	Гейкилит MgTiO ₃	Пирофанит MnTiO ₃	Гематит Fe ₂ O ₃	Корунд Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃			
	56,6	28,5	4,6	10,2	0,1	0,0			

Заключение

Разнообразие морфологических и текстурных особенностей руд титаномагнетитовых месторождений Урала свидетельствует о достаточно сложных условиях их образования. Можно отметить одну общую черту всех месторождений: рудные тела приурочены к наиболее основным дифференциатам магматических массивов: пироксенитам и горнблендитам в габбро-пироксенитовых массивах.

В настоящее время на Урале подготавливается к эксплуатации *Суоямское* месторождение (Челябинская область), а в Забайкалье – *Чинейское* ванадий-титаномагнетитовые месторождения.

Рассмотренный геолого-промышленный тип месторождений является комплексным. Он служит не только важным источником железа, но и ванадия. Практически весь ванадий в России получают в процессе металлургической переработки ванадий-титаномагнетитовых руд.

Библиографический список

Геология СССР. Т. XII. Ч. I. Геологическое описание. Кн. 1. М.: Недра, 1969. 706 с.

Геология СССР. Т. XII. Ч. II. Полезные ископаемые / ред. К. К. Золоев. М.: Недра, 1973. 632 с.

Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018 году / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М., 2019. 422 с.

Ибламинов Р. Г. Геолого-геохимические основы регионального и локального прогноза титаномагнетитовых месторождений // Геология и петрография Западного Урала. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1983. С. 59–83. Деп. в ВИНТИ, № 3695-83 Деп.

Ибламинов Р. Г. Геохимическая зональность титаномагнетитовых месторождений Урала // Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых / Свердлов. горн. ин-т. Свердловск, 1988. С. 101–106.

Ибламинов Р. Г., Кудрявцева Г. П., Гаранин В. К. Результаты комплексного исследования минералов руд магматических месторождений Урала // Минералогия и геохимия полезных ископа-

емых Западного Урала / Перм. гос. ун-т. Пермь, 1987. С. 90–112. Деп. ВИНТИ № 4275-B87.

Ибламинов Р.Г. Геолого-промышленные типы месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2021. 278 с.; ил.

Ибламинов Р.Г. Геолого-промышленные типы месторождений. Титаномагнетит-ильменитовый тип // Вестник Пермского университета. Геология. Т. 21, № 1. 2022. С. 50 – 70.

Тейлор Х.П. (младший), Нобл Дж.А. Происхождение магнетита в зональных ультрамафических комплексах Юго-Восточной Аляски // Магматические рудные месторождения. М.: Недра, 1973. С. 151–171.

Iblaminov R.G. Genetic Systematics of Mineral Deposits as Theoretical Basis of Mining Projects // SGEM GeoConference. 2020a. Albene, Bulgaria. P.103–109. DOI: 10.5593/SGEM2020-august(1.1), pp. 103–109.

Geological and Industrial Types of Deposits. Vanadium-Titanomagnetite Type in Pyroxenites

R.G. Iblaminov

Perm State University

15 Bukireva str., Perm, 614990. E-mail: riaminov@psu.ru

Geological position of the deposits, the structure of the Kachkanar ore field, the regularities of the structure of ore deposits on the example of the Gusevogorsky, Kachkanarsky and Pervouralsky deposits, the features of the zoning of ore bodies, their mineralogical composition are considered. The economy of mineral raw materials is shown. Prospects for the development of similar deposits in the world are noted.

Keywords: *iron deposits, vanadium, structure, composition, conditions of formation.*

Reference

Geologiya SSSR. T.XII. CH.I. Geologicheskoe opisanie. Kn.1. [Geology of the USSR. Vol.XII. Ch.I. Geological description. Book 1] M.: Nedra, 1969. 706 s. (in Russian)

Geologiya SSSR. T.XII. CH.II. Poleznye iskopaemye [Geology of the USSR. Vol.XII. Ch.II. Minerals] / red. K.K. Zoloev. M.: Nedra, 1973. 632 s. (in Russian)

Gosudarstvennyj doklad o sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossijskoj Federacii v 2018 godu [State report on the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2018] / Minister-stvo prirodnykh resursov i ekologii Rossijskoj Federacii. M., 2019. 422 s. (in Russian)

Iblaminov R.G. Geologo-geohimicheskie osnovy regional'nogo i lokal'nogo prognoza titanomagnetitovykh mestorozhdenij [Geological and geochemical bases of regional and local forecast of titanomagnetite deposits] // *Geologiya i petrografiya Zapadnogo Urala*. Perm': Izd-vo Perm. un-ta, 1983. S. 59–83. Dep. v VINITI, № 3695-83 Dep. (in Russian)

Iblaminov R.G. Geohimicheskaya zonal'nost' titanomagnetitovykh mestorozhdenij Urala [Geochemical zonality of titanomagnetite deposits of the Urals] // *Geologiya, poiski i razvedka rudnykh i nerudnykh mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh / Sverdlov. gorn. in-t. Sverdlovsk, 1988. S. 101–106. (in Russian)*

Iblaminov R.G., Kudryavceva G.P., Garanin V.K. Rezultaty kompleksnogo issledovaniya mineralov rud magmатических месторождений Urala [Results of a comprehensive study of minerals of ores of magmatic deposits of the Urals] // *Mineralogiya i geohimiya poleznykh iskopaemykh Zapadnogo Urala / Perm. gos. un-t. Perm', 1987. S. 90–112. Dep. VINITI № 4275-V87. (in Russian)*

Iblaminov R.G. Genetic Systematics of Mineral Deposits as Theoretical Basis of Mining Projects // SGEM GeoConference. 2020a. Albene, Bulgaria. P.103–109. DOI: 10.5593/SGEM2020-august(1.1), pp. 103–109.

Iblaminov R.G. Geologo-promyshlennye tipy mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh [Geological and industrial types of mineral deposits]: учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2021. 278 с.; ил. (in Russian)

Iblaminov R.G. Геолого-промышленные типы месторождений. Титаномагнетит-ильменитовый тип [Geological and industrial types of deposits. Titanomagnetite-ilmenite type] // *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. T. 21, № 1. 2022. S. 50 – 70. (in Russian)*

Тейлор Х.П., Нобл Дж. А. Происхождение магнетита в зональных ультрамафических комплексах Юго-Восточной Аляски [The occurrence of magnetite in zonal ultramafic complexes of Southeastern Alaska] // *Магматические рудные месторождения. М.: Недра, 1973. С. 151–171. (in Russian)*