

зоны, приготовление тампонажных растворов, переустройство СОУ и оплату электроэнергии, расходуемой при проведении этих работ.

Эксплуатационные затраты формируются из платы за электроэнергию, расходуемую при перекачке фильтрационных утечек обратно в водохранилище, трат на ремонт насосного оборудования и оплату труда работников участка по обратной перекачке вод фильтрационных утечек.

Расходы на научно-исследовательские работы складываются преимущественно из затрат на бурение скважин под новые виды тампонажа и на различные виды съемок, включающих бурение режимных термометрических скважин, необходимых для определения границ распространения талой зоны во времени, и ряд других мелких работ.

Основные затраты при проведении гидрогеологических исследований, направленных на создание водозабора из таликовой зоны, связаны с проведением изысканий по уточнению оценки эксплуатационных запасов подруслового талика и сооружение лучевого водозабора.

Годовые затраты на ремонт плотины без учета переустройства СОУ в 2,2 раза превышают расходы на проведение изысканий и сооружение водозабора. По экспертным оценкам затраты на переустройство СОУ более чем в 2 раза превышают затраты на ремонтные работы плотины, приведенные в табл. 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атрощенко Ф.Г. Обобщение данных опытно-миграционных опробований в породах криолитозоны на объектах АК «АЛРОСА» // Геоэкология. — 2014. — № 4. — С. 317–328.
2. Атрощенко Ф.Г. Оценка гидрогеологических условий подземной разработки месторождения трубки Удачная // Геоэкология. — 2012. — № 5. — С. 414–421.
3. Бочевер Ф.М., Лапшин А.Н., Орадовская О.П. Проектирование водозаборов подземных вод. — М.: Стройиздат, 1976.
4. Дроздов А.В., Иост Н.А., Лобанов В.В. Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. — Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2008.
5. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. Т. 1. — М.: МГУ, 1998.

© Атрощенко Ф.Г., Лобанов В.В., Соколов В.Д., 2015

Атрощенко Федор Григорьевич // fatroschenko@mail.ru
Лобанов Виктор Владимирович // Lobanovv@alrosa.ru
Соколов Василий Дмитриевич // shabanova79@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 553.494'311(470.5):550.34.01+549+622

Селиванов Д.А., Быстров И.Г. (ФГУП «ВИМС»)

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЧКАНАРСКОЙ ГРУППЫ

В рамках комплексной геолого-экономической оценки месторождений Качканарской группы с учетом современных теоретических и практических достижений аналитических и математических методов изучения выполнена работа по оптимизации методики эксплуатационной разведки и изучению минералого-технологических свойств руд месторождений. Оба направления исследований актуальны и имеют практическую значимость. Применение результатов работ повысит экономический эффект при разработке Собственно-Качканарского месторождения.
Ключевые слова: комплексная оценка месторождений Качканарской группы, эксплуатационная разведка, минералого-технологическая оценка, сравнительный анализ, повышение эффективности освоения месторождения.

Selivanov D.A., Bystrov I.G. (VIMS)

THE RESULTS OF GEOLOGICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF DEPOSITS KACHKANARSKY GROUPS

As part of a comprehensive geological and economic evaluation of deposits Kachkanarskaya group with current theoretical and practical achievements of analytical and mathematical methods for the study, performed the work on optimization techniques operational exploration and study of the mineralogical and technological properties of ore deposits. Both lines of re-

search are relevant and have practical significance. Application of the results of the economic effect will increase in developing their own Kachkanarsky field. Key words: comprehensive assessment of deposits Kachkanarskaya group operational intelligence, mineralogical and technological assessment, comparative analysis, improving the efficiency of field development.

Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ФГУП «ВИМС») является ведущей организацией в области рудной геологии, изучения минерально-сырьевой базы и научно-методического обеспечения работ по прогнозу, поискам и оценке месторождений урана, дефицитных видов черных, легирующих, цветных и редких металлов, а также в области разработки и совершенствования аналитических методов исследования минерального сырья, технологий его обогащения и переработки.

Успешное решение задач, стоящих перед институтом по проблеме развития минерально-сырьевой базы страны, определяется тем, что в основу всей системы организации работ Н.М. Федоровским был положен комплексный подход к решению научно-производственных задач. Н.М. Федоровский образно описывал сущность своего метода так: «Для того чтобы определить промышленную ценность какого-либо месторождения мало еще его разведать, мало установить запасы. Сама по себе мощность месторождения не определяет еще ни его ценности, ни его пригодности к промышленной переработке. Чтобы установить такую его пригодность, надо одновременно изучить качественные его показатели, как с точки зрения физико-

химических свойств, так и технологии самого полезного ископаемого, возможности обогащения, методов добычи и переработки с подведением соответствующих экономических обоснований. Таким образом, для «познания» месторождений должен быть проведен определенный цикл исследований, где одновременно должны участвовать и геологи, и минералоги, и петрографы, и физики, и химики, и технологи, и обогатители, и экономисты. Только при таком комплексном исследовании минерального сырья можно говорить о его действительно всестороннем изучении, дающем правильную промышленную оценку».

Одной из таких работ является комплексная геолого-экономическая и минералого-технологическая оценка месторождений Качканарской группы с учетом современных теоретических и практических достижений аналитических и математических методов изучения. При выполнении этой работы были задействованы специалисты из разных отделов института — геологи, минералоги, технологи, экологи, аналитики, экономисты и др. Были проведены научные исследования в области методики разведки месторождений, технологической минералогии и ряда др. В данной статье освещены результаты исследований по оптимизации методики разведки и минералого-технологическому изучению свойств титаномагнетитовых руд Собственно-Качканарского и Гусевогорского месторождений.

Всего в нашей стране выявлено, разведано и в различной степени оценено более сорока месторождений титаномагнетитовых руд. Крупнейшими из разведанных являются месторождения Качканарской группы, которую составляют Гусевогорское и Собственно-Качканарское месторождения титаномагнетитовых руд.

Месторождения являются сырьевой базой Качканарского горно-обогатительного комбината (ОАО «ЕВРАЗ КГОК») — одного из крупнейших предприятий России и Европы. Руды месторождений являются природно-легированным минеральным сырьем. В настоящее время на ЕВРАЗ КГОКе руда добывается на четырех карьерах Гусевогорского месторождения в количестве более 53 млн. т/год. Собственно-Качканарское является его сырьевым резервом. В ближайшие годы с целью восполнения выбывающих мощностей предприятия и увеличения объема добычи планируется ввести в эксплуатацию Собственно-Качканарское месторождение. Руды планируется перерабатывать на действующей обогатительной фабрике по технологии стадийного измельчения и мокрой магнитной сепарации.

Качканарский интрузивный массив расположен на западном фланге Тагильского мегасинклиория и генетически связан с платиноносной габбро-перидотитовой формацией Урала. Рудоносный Качканарский габбро-пироксенитовый pluton занимает площадь около 110 км². Pluton имеет изометричную форму и относится к типу лакколлитов. На восточных контактах вмещающими породами являются плагиоклазовые порфириды и эффузивные диабазы силурийского возраста, на западных — слюдяные и кремнистые сланцы ордовика. В северной и южной периферических частях plutона габбро сменяются амфиболитами. Около половины площади интрузива слагают пироксениты,

представляющие два массива: Качканарский на западе и Гусевогорский на востоке [5].

Месторождения Качканарской группы относятся к объектам магматического генезиса, представляющими собой зоны концентрированной вкрапленности (с шлировыми и жило-линзообразными обособлениями) титан-ванадийсодержащих магнетитов в интрузивах габбро-пироксенит-дунитовой формации. Руды титаномагнетитовых месторождений по классификации Ф.П. Пахомова и др. [1] разделяются по соотношению ильменитовой и титаномагнетитовой составляющих и относятся к существенно титаномагнетитовым с низким (не более 3 %) содержанием TiO₂.

Средние содержания полезных компонентов в балансовых запасах Собственно-Качканарского месторождения составляют, в %: Fe_{общ} — 16,6; V₂O₅ — 0,14; TiO₂ — 1,29. Средние содержания Fe_{общ} и V₂O₅ в балансовых запасах залежей Гусевогорского месторождения составляют соответственно, в %: Главная — 16,5 и 0,15; Западная — 16,6 и 0,14; Северная 16,5 и 0,12; Промежуточная I — 16,6 и 0,13. В мировой практике это единственный пример промышленного использования руд с таким низким содержанием Fe_{общ}. Титан является вредной примесью, однако среднее содержание его в руде мало и существенно не оказывает влияния при металлургической обработке [2]. При выполнении геолого-экономической и минералого-технологической оценок выполнялись научно-исследовательские работы по совершенствованию методики эксплуатационной разведки, а также по изучению минералого-технологических свойств руд месторождений. При этом использовался комплекс различных методов. Для научного обоснования оптимальной методики эксплуатационной разведки Собственно-Качканарского месторождения проводились следующие исследования: сравнительный анализ особенностей геологического строения на основе литературных данных, расчет и сравнение количественных показателей изменчивости основных свойств оруденения, математический анализ геологоразведочной информации, полученной при разведке и разработке месторождений Качканарской группы, анализ результатов сопоставления данных разведки и разработки Гусевогорского месторождения, анализ эффективности геологоразведочных работ и оценка степени разведанности Собственно-Качканарского месторождения.

Геологические особенности

На основе обработки литературных данных и рассчитанных количественных показателей изменчивости основных свойств оруденения, заверенных математическими методами анализа геологоразведочной информации, было проведено сравнение геологического строения месторождений Качканарской группы (табл. 1). Таким образом, сравнительный анализ особенностей геологического строения показал, что Гусевогорское и Собственно-Качканарское месторождения приурочены к одному габбро-пироксенитовому массиву и являются одним месторождением, тем не менее, они имеют ряд существенных отличий друг от друга.

Среди выделенных особенностей главными являются: развитие тектонических нарушений, приурочен-

Таблица 1
Сравнительная таблица параметров месторождений Качканарской группы

Показатели	Гусевогорское месторождение	Собственно-Качканарское месторождение	Отличительные особенности
Площадь массива пироксенитов, км ²	22.1	25.8	—
Количество рудных тел	7	1	+
Площадь рудных тел, км ²	6.5	12	+
Форма рудных тел	Массив меридионально вытянутый и крутопадающий на восток под углом 70°. Массив, к которому приурочено 7 промышленных залежей	Единая сплошная пологопадающая на восток под углом 30-40° залежь	+
Характер оруденения	Вкрапленность титаномагнетита	Вкрапленность титаномагнетита	—
Приуроченность оруденения (основные породы)	Диаллаговые пироксениты	Диаллаговые пироксениты	—
Наличие безрудных прослоев	Значительно распространены	Редкое распространение	+
Основные породы, слагающие массив	Диаллаговые и оливиновые пироксениты	Диаллаговые оливинсодержащие пироксениты	-
Процесс формирования	Фиксируется три этапа магматической деятельности	Магматическая деятельность проявилась в один этап	+
Проявления полосчатости	Выражена не четко и проявляется не всюду	Отчетливо проявляется в виде шлировых обособлений титаномагнетита	+
Жильный комплекс	Имеют большое распространение и развиты повсеместно	Встречаются лишь в единичных случаях	+
Тектонические нарушения	Значительно распространены	В значительной мере являются условными. Существенно не нарушили первичного распределения оруденения	+
Эрозионный срез	Имеет место более низкий эрозионный срез	Имеет место более глубокий эрозионный срез. В последние моменты кристаллизации всего интрузива был приподнят относительно Гусевогорского	+
Приуроченность к петрографической зоне	Средняя или нижняя зона	Верхняя зона	+
Количественные характеристики изменчивости:			
Коэффициент рудоносности	0.85	0.98	+
Коэффициент вариации содержаний	20	6	+
Коэффициент изменчивости формы	0.8	0.99	+
Радиусы автокорреляции (зоны влияния вариограмм по направлениям 0° и 90°)	700×600	1000×800	+

ность к различным петрографическим зонам, глубина эрозионного среза, развитие жильного комплекса и безрудных прослоев, а также многостадийность образования Гусевогорского месторождения. Вышесказанное нашло отражение в рассчитанных количественных показателях изменчивости свойств оруденения, зонах влияния вариограмм и полученных зависимостей погрешностей оценки среднего содержания железа общего от среднего расстояния между скважинами.

Оценка группы сложности геологического строения и степень разведанности месторождений

На основе исследований доказана принадлежность Собственно-Качканарского месторождения к первой группе по сложности геологического строения для целей разведки, Гусевогорского — ко второй группе [5]. В настоящее время в методических документах оба месторождения ошибочно относят ко второй группе по сложности геологического строения. Анализ сопостав-

ления разведки и разработки Гусевогорского месторождения показал хорошую сходимость результатов [6]. Методами математического анализа геологоразведочных данных доказана переразведанность Собственно-Качканарского месторождения по фактически созданной сети скважин.

На основе проведенных исследований, связанных с оптимизацией методики эксплуатационной разведки, доказана целесообразность использования при разработке Собственно-Качканарского месторождения в качестве данных, соответствующих опережающей эксплуатационной разведки, данные по участкам, разбуренным на стадии разведки месторождения для получения категорий запасов А и В. Для эксплуатационной разведки остальных участков рекомендована в качестве оптимальной сеть опережающей эксплуатационной разведки — 100×100 м [6], при фактически принятой на Качканарском ГОКе — 50×50 м.

Таблица 2
Расчет экономического эффекта при использовании оптимальной методики опережающей ЭРР

Объем бурения опережающей ЭРР, м		Цена руб./м. (за 2014 г.)	Всего стоимость, руб.		Разница (экономический эффект), руб.
по проекту	при оптимизации		по проекту	при оптимизации	
1	2	3	4	5	6
Стоимость бурения опережающей ЭРР в контуре карьера 1 очереди					
84759	11075	2509	212661234	27788179	184 873 056
Стоимость бурения опережающей ЭРР в контуре карьера полной отработки (без 1 очереди)					
748269	180208	2509	1877406921	452142901	1 425 264 020
Стоимость бурения опережающей ЭРР в контуре карьера от гор.+400м до гор.+200м					
427182	106796	2509	1071800842	267950211	803 850 632
Стоимость бурения опережающей ЭРР забалансовых запасов (вне контура карьера)					
86168	21542	2509	216195010	54048753	162 146 258
Общая стоимость бурения опережающей ЭРР в контуре балансовых и забалансовых запасов					
1346379	212826	2509	3378064008	533979831	2 844 084 175

Укрупненный экономический расчет при оптимизации эксплуатационной разведки на Собственно-Качканарском месторождении показал экономическую эффективность при использовании оптимальной методики. Экономический эффект при оптимизации методики эксплуатационной разведки за весь период эксплуатации месторождения без учета фактора времени составит около 3 млрд. руб. (табл. 2). При использовании рассчитанной сети эксплуатационной разведки эта цифра будет составлять порядка 15 млн. руб. в год. В первые годы освоения месторождения возможно будет исключить затраты на проведение эксплуатационной разведки.

Текстурно-структурные особенности

Работа по изучению минералого-технологических свойств титаномагнетитовых руд месторождений проводилась на основе исследований малых технологических проб комплексом минералого-аналитических методов (РФА, РСМА и др.).

Для титаномагнетитовых руд месторождений Качканарской группы характерны следующие морфогенетические типы текстур — массивные, вкрапленные, пятнистые, пятнисто-вкрапленные, вкрапленно-полосчатые, полосчатые, брекчиевидные с преобладанием вкрапленных [3]. Вкрапленные руды обычно представляют собой агрегат зерен титаномагнетита разных размеров — от тысячных долей до первых десятков миллиметров. В соответствии с разработанной геологической службой ком-

бината классификацией текстур руд, учитывающей количественное соотношение пяти фракций титаномагнетита, выделяются следующие их типы: КВ — крупновкрапленные (крупность зерен >3 мм), СВ — средневкрапленные (1—3 мм), МВ — мелковкрапленные (0,2—1 мм), ТВ — тонковкрапленные (0,074—0,2 мм) и ДВ — дисперсно-вкрапленные (<0,074 мм). Наличие нескольких морфологических разновидностей вкрапленности титаномагнетита и широкий диапазон колебаний размеров зерен и агрегатов обуславливают текстурную неоднородность руд

на месторождении и выступают в качестве одного из ведущих факторов, определяющих их обогатимость [3, 4]. Так, легкообогатимые руды, включающие крупно- и средневкрапленные текстурные разновидности, обеспечивают получение проектных показателей обогащения на действующей обогатительной фабрике. Труднообогатимые руды, объединяющие дисперсно- и тонковкрапленные разновидности с преобладанием вкрапленности титаномагнетита менее 0,2 мм (более 50 % от общего количества) и значительным (20—100 %) содержанием фракции 0,074 — 0 мм, характеризуются пониженными показателями обогащения: содержанием Fe в концентрате не более 60,5 % и пониженной в полтора раза производительностью переработки по сравнению с проектной, т.к. требуют более тонкого

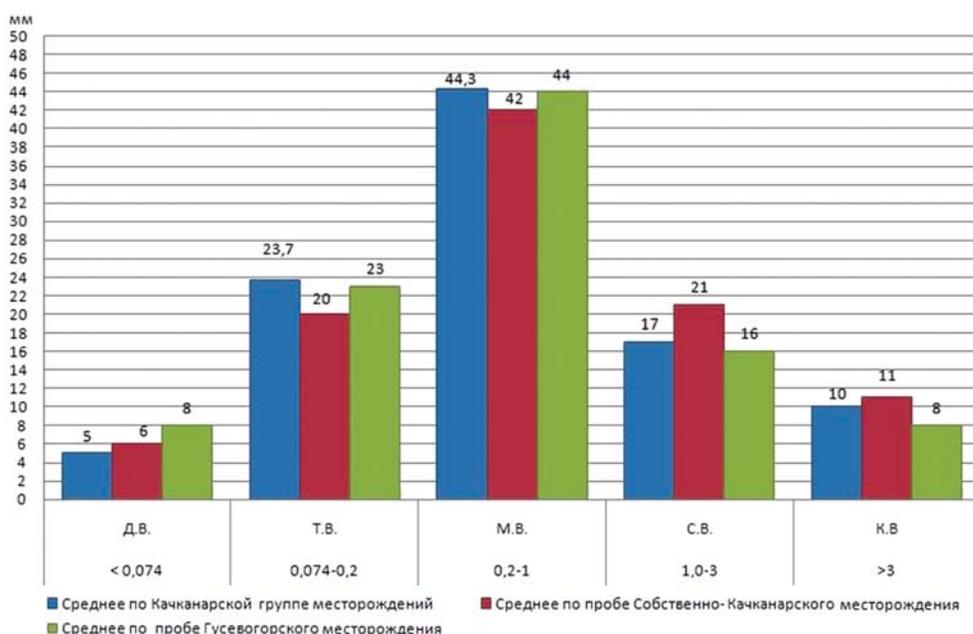


Рис. 1. Соотношение основных текстурных разновидностей титаномагнетитовых руд в средней пробе Гусевогорского месторождения в сравнении с данными по средней пробе Собственно-Качканарского месторождения и в целом по Качканарской группе

измельчения. Среднеобогатимые руды, представленные мелковкрапленным оруденением, отличаются промежуточными показателями. Таким образом, в конечном итоге значимым показателем выступает количество вкрапленников титаномагнетита крупностью менее 0,2 мм, соответствующее суммарной величине дисперсной и тонкой фракций. Это хорошо увязывается с получением проектных технологических показателей на обогатительной фабрике при измельчении 0,1 мм с получением 80–85 % класса 0,074 мм.

На рис. 1 показано выявленное специалистами ВИМСа (Л.З. Быховский, Л.П. Тигунов, 2011) при макро- и микроскопическом изучении соотношение основных текстурных разновидностей титаномагнетитовых руд в средней пробе Гусевогорского месторождения в сравнении с данными по средней пробе Качканарского месторождения и в целом по рудам Качканарской группы (в соответствии с принятой на КГОКе классификацией по соотношению основных текстурных разновидностей руд). Они оказались достаточно близкими, что важно для усреднения руд при обогащении. В то же время заметна тенденция укрупнения фракций титаномагнетита Собственно-Качканарского месторождения по сравнению с Гусевогорским, что позволяет предполагать повышение показателей обогащения за счет снижения труднообогатимых фракций ТВ, МВ, ДВ.

Минералогические особенности руд

При сравнении данных минерального состава руд (табл. 3) выявлено, что по содержанию основных рудных и нерудных минералов в целом руды достаточно близки. При этом клинопироксены несущественно различаются по содержаниям и соотношению компонентов в пробах руд обоих месторождений; наиболее

существенны различия в амфиболах, хлоритах, гранатах как по содержаниям, так и по распределению основных компонентов в пробах. На Гусевогорском месторождении титаномагнетит отличается по средним характеристикам: более высоким содержанием Fe и пониженным V, также заметны различия в содержаниях тех же компонентов и TiO₂ в ильмените и шпинели в целом в сторону повышения по всем компонентам, а для шпинели характерно также повышенное абсолютное содержание в пробе (табл. 3).

Исследованиями, проведенными в ВИМСе (Л.З. Быховский, Л.П. Тигунов, 2011), удалось проследить эволюцию состава зерен титаномагнетита с учетом взаимоотношений с другими минералами в месторождениях Качканарской группы. При этом установлено, что эволюция в составе минерала обоих месторождений четко проявляется на фоне вариаций соотношения основных элементов группы железа (Fe, Ti, V, Mn). В ходе работ в рудах Собственно-Качканарского месторождения выделены 3 разновидности магнетита с различным содержанием Ti — высоко-, средне-, низкотитанистые минералы — титаномагнетиты; 4-я — это собственно магнетит, возникающий в результате сбрасывания его при серпентинизации оливина и замещении других силикатов. В рудах Гусевогорского месторождения также выявлен собственно магнетит, средне- и низкотитанистые титаномагнетиты, высокотитанистый минерал не обнаружен. Данные по химическому составу и их процентное соотношение в руде приведены в таблицах 4 и 5.

Титаномагнетит Гусевогорского месторождения характеризуется более высокими содержаниями Fe во всех выделенных разновидностях минерала (табл. 4). При этом по содержанию Ti главный рудный минерал

Таблица 3

Минеральный состав представительных технологических проб руд месторождений. Минеральный состав определен пересчетом данных РКФ, микрорентгеноспектрального и химического анализов (аналитики: Б.И. Пирогов, Ю.Н. Шувалова)

Минерал	Месторождение							
	Содержание в пробе, %	Собственно - Качканарское			Гусевогорское			
		Среднее содержание в минерале, %			Содержание в пробе, %	Среднее содержание в минерале, %		
		Fe	V	TiO ₂		Fe	V	TiO ₂
Титаномагнетит	16,9	66,0	0,45	3,01	15,5	69,01	0,29	3,01
Ильменит	0,5	33,7	0,24	45,8	0,5	35,13	0,16	44,8
Шпинель (плеонаст)	0,5	15,3	0,05	0,03	1,0	20	0,28	0,35
Клинопироксены (диопсид-геденбергитовый ряд)	66,0	4,3	0,05	0,10	67,0	4,5	0,10	0,50
Амфибол (роговая обманка)	4,1	6,22	0,03	0,75	6,0	6,0	0,06	0,82
Оливин (хризолит)	2,6	14	—	—	—	—	—	—
Серпентины (антгорит и лизардит)	4,5	2,37	0,04	0,12	—	—	—	—
Хлориты (пеннин, клинохлор, прохлорит)	3,4	11,4	0,04	0,06	3,0	12,0	0,08	3,41
Гранаты (гроссуляр-андрадитовый ряд)	0,4	6,7	0,07	2,10	2,5	12,5	0,06	0,90
Плагиоклаз (альбит)	0,5	—	—	—	—	—	—	—
Псевдоморфозы по оливину (серпентин, сапонит, сфен)					3,0	12,0	0,98	3,41
Прочие (ульвешпинель, сульфиды-теллуриды, цоизит, апатит, золото, платиноиды)	0,6	—	—	—	1,5	—	—	—

Таблица 4

Средние содержания основных химических элементов в разновидностях титаномагнетита и собственно магнетита в пробах руд Гусевогорского и Собственно-Качканарского месторождений (по данным микрозондового анализа)

Месторождение	Минерал	Содержание компонента, мас. %				
		Fe	Mn	V	Ti	TiO ₂
Собственно-Качканарское	Высокотитанистый	64.4	0.3	0.5	2.7	3.9
Гусевогорское		не обнаружен				
Собственно-Качканарское	Среднетитанистый	66.4	0.2	0.3	2.2	3.2
Гусевогорское		68.5	0.2	0.4	1.6	2.3
Собственно-Качканарское	Низкотитанистый	67.9	0.2	0.6	1.8	2.7
Гусевогорское		69.1	0.1	0.4	0.9	1.3
Собственно-Качканарское	Собственно магнетит	68.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Гусевогорское		71.9	0.1	0.3	0.0	0.0
Собственно-Качканарское	Среднее по пробе	66.0	0.2	0.5	1.8	3.0
Гусевогорское		69.0	0.1	0.3	0.7	1.0

Таблица 5

Содержание выделенных разновидностей титаномагнетита и собственно магнетита в пробах руд Гусевогорского и Собственно-Качканарского месторождений

Месторождение	Минерал	Содержание в руде, %
Собственно-Качканарское	Высокотитанистый	35
Гусевогорское		0
Собственно-Качканарское	Среднетитанистый	35
Гусевогорское		30
Собственно-Качканарское	Низкотитанистый	20
Гусевогорское		30
Собственно-Качканарское	Собственно магнетит	10
Гусевогорское		40

отвечает требованиям, необходимым для нормального хода доменной плавки (содержание TiO₂ не более 4–5 %) в обоих месторождениях [2].

Показана существенная разница в эволюции титаномагнетита месторождений, обусловленная различиями в первичных (магматических) и вторичных (метасоматических) процессах, определяющих не только элементный состав, но и морфоструктурные особенности минерала (табл. 5). Отличительной особенностью титаномагнетита Гусевогорского месторождения является наличие сосуществующих с ним довольно крупных (до 100 мкм) зерен ильменита (рис. 2), что обусловлено более полным разделением продуктов распада твердого раствора за счет различной природы первичных и вторичных этапов минералообразования. Именно это, в итоге, обуславливает более высокие содержания Fe в минерале Гусевогорского месторождения. Нераскристаллизовавшиеся минеральные составляющие обедняют минерал Fe за счет увеличения доли Ti. Попадание ильменитовых выделений в железный концентрат может негативно сказаться на его качестве.

Проведенные в ВИМСе экспериментальные исследования по изучению минералого-технологических свойств руды Гусевогорского и Собственно-Качканар-

ского месторождений позволили разработать эффективную технологическую схему обогащения, включающую: сухую магнитную сепарацию руды крупностью –16+0 мм; трехстадиальное измельчение руды до крупности –2+0 мм, –0,5+0 мм и –0,074+0 мм; четырехстадиальную мокрую магнитную сепарацию с промежуточными операциями размагничивания. Применение этой схемы обеспечивает получение концентрата с содержанием Fe_{общ} 64,3 % при извлечении – 71,1 % для руд обоих месторождений, концентрат содержит также

0,55 % V₂O₅, что значительно повышает его металлургическую ценность. Крупность железо-ванадиевого концентрата по рекомендуемой технологической схеме – 0,074 мм. По своему химическому составу полученный концентрат полностью соответствует требованиям стандарта СТП 127.2-04.09.-94 КГОКа к концентратам обогащения для производства окатышей.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

на основе количественных показателей изменчивости основных свойств руденения, заверенных математическими методами анализа геологоразведочной информации, установлена принадлежность Собственно-Качканарского месторождения к первой группе по сложности геологического строения для целей разведки, Гусевогорского — ко второй группе;

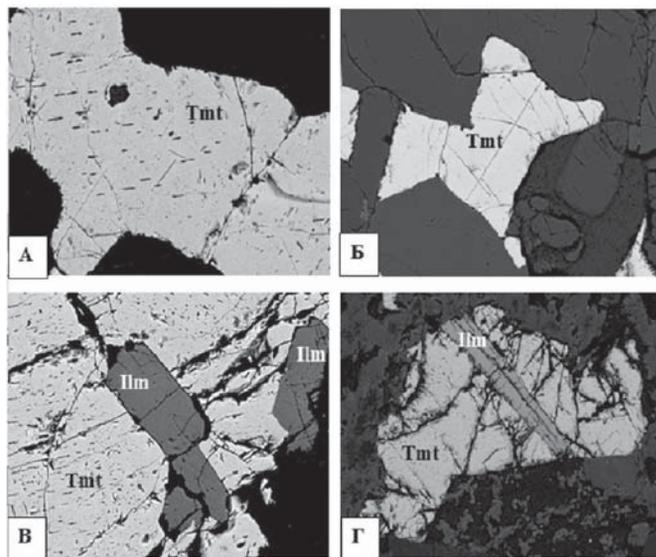


Рис. 2. Неоднородность титаномагнетита руд месторождений Качканарской группы. А, Б — Собственно — Качканарское месторождение; В, Г — Гусевогорское месторождение. МРСА, Изображение в обратно-рассеянных электронах

Лисов В.И., Бобылов Ю.А. (МГРИ-РГГРУ)

О ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ И РАЗВИТИИ ЮНИОРНОЙ ДОБЫЧИ ДРАГМЕТАЛЛОВ И ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ В РОССИИ

*Дан анализ запасов и производства драгоценных металлов и драгоценных камней. Рассматривается необходимость развития российской ювелирной промышленности с целью насыщения внутреннего и мирового рынка. Приводятся задачи МГРИ-РГГРУ по подготовке новых кадров на стыке прикладной геологии и художественной обработки материалов и введение научной специальности «Геммология». Показана необходимость развития малого юниорного бизнеса для добычи золота и драгоценных камней, меры государственной поддержки и инновационная миссия высшей школы. **Ключевые слова:** недропользование, подготовка кадров, драгоценные металлы, драгоценные камни, малый юниорный бизнес, законодательная база.*

Lisov V.I., Bobyllov Yu.A. (MGRI-RGGRU)

ON THE TRAINING AND DEVELOPMENT JUNIOR EXTRACTION OF PRECIOUS METALS AND PRECIOUS STONES IN RUSSIA

*The analysis of stocks and production of precious metals and jewels is given. Need of development of the Russian jeweler industry for the purpose of saturation of the domestic and world market is considered. Problems of MGRI-RGGRU of preparation of new shots on a joint of applied geology and art processing of materials and introduction of the scientific specialty «Gemmologiya» are given. Need of development of small yuniorny business for gold mining and jewels, measures of the state support and innovative mission of the higher school is shown. **Key words:** subsoil use, training, precious metals, precious stones, small unicorny business and legislative framework.*

Введение

Одно из перспективных направлений подготовки кадров в МГРИ-РГГРУ — это «Технология художественной обработки материалов» для геологической отрасли и ювелирной промышленности России с использованием драгоценных камней, золота, серебра и др. С одной стороны, существуют проблемы изучения науки геммологии и роста добычи минералов, а с другой — правовые и экономические проблемы недропользования в России, особенно с участием малых юниорных компаний. Отсюда интерес авторов к организационно-экономическим проблемам прикладной геологии, эффективной добыче и обработке драгоценных металлов и камней и подготовке соответствующих кадров (бакалавров, магистров и аспирантов).

Стратегически важная наука «Геммология»

В 1994 г. во МГРИ-РГГРУ на базе кафедры минералогии и геохимии была организована первая в России кафедра геммологии. Геммология — наука о драгоценных и поделочных камнях, их физических свойствах, особенностях химического состава, декоративно-художественных достоинствах минералов и минеральных агрегатов,

методами математического анализа геологоразведочных данных доказана переразведанность Собственно-Качканарского месторождения по фактически созданной сети;

на основе результатов исследований доказана целесообразность использования в качестве данных, соответствующих опережающей эксплуатационной разведки, данные по категориям запасов А и В, полученные на стадии разведки Собственно-Качканарского месторождения, что создаст существенный экономический эффект при освоении месторождения;

по элементному и минеральному составу, текстурно-структурным признакам руды месторождений являются достаточно близкими;

руды Собственно-Качканарского месторождения более титанисты и доля собственно магнетита в них меньше, чем в Гусевогорском месторождении. В то же время, титаномагнетит Собственно-Качканарского месторождения характеризуются более крупными текстурными разновидностями;

отмеченные особенности минерального состава руд Гусевогорского месторождения по сравнению с рудами Собственно-Качканарского месторождения обусловлены тем, что месторождения приурочены к различным петрографическим зонам, а также определенными различиями в проявлении вторичных наложенных процессов — амфиболитизации, хлоритизации, развития гранатов, серпентинов, сапонита, эпидота и других минералов именно на Гусевогорском месторождении.

Несмотря на пространственную и генетическую близость рассматриваемых месторождений, минералогическо-технологические особенности их руд имеют некоторые отличительные черты, что связано с различиями в развитии магматогенных и метасоматических процессов минералообразования на каждом из них. Использование результатов исследований может повысить эффективность освоения Собственно-Качканарского месторождения за счет оптимизации методики эксплуатационной разведки, а также за счет лучших технологических показателей при переработке руд месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомов Ф.П., Тигунов Л.П., Быховский Л.З. Титаномагнетитовые месторождения России: минерально-сырьевая база, перспективы освоения и комплексного использования. — М.: ВИМС, 2010.
2. Резниченко В.А., Шабалин Л.И. Титаномагнетиты, месторождения, металлургия, химическая технология. — М.: Наука, 1986.
3. Фоминых В.Г., Самойлов П.И., Максимов Г.С., Макаров В.А. Пироксены Качканара. — Свердловск: Институт геологии и геохимии Урал. филиала АН СССР, 1967.
4. Пирогов Б.И., Порохов Г.С., Холошин И.В., Тарасенко В.Н. Технологическая минералогия железных руд. — Л.: Наука, 1988.
5. Селиванов Д.А., Быховский Л.З., Емельянов С.А. Оценка группы сложности геологического строения месторождений Качканарской группы по количественным показателям // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 1. — С. 59–64.
6. Селиванов Д.А., Быховский Л.З., Емельянов С.А. Совершенствование методики разведки титаномагнетитовых месторождений на примере сопоставления данных разведки и эксплуатации Гусевогорского месторождения // ГИАБ. — 2014. — № 4.

© Селиванов Д.А., Быстров И.Г., 2015

Селиванов Данила Андреевич // msk.danila@gmail.com
Быстров Иван Георгиевич // bysigv@gmail.com