

ИЛЬМЕНИТ (FeTiO₃) В ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ ПЕСЧАНИКАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА МАЛОГО КАВКАЗА**К.А.ПАНАХИ***Институт Геологии НАНА*

Ильменит является одним из основных минералов титана, имеющий промышленное значение. Изучение минерального состава физико-химической характеристики, условий образования, взаимоотношения с другими минералами, а также изучение точки Кюри, которая может сыграть роль геотермометра, имеет большое значение при изучении минерального состава титано-магнетитовых песчаников – северо-восточного склона Малого Кавказа, источников сноса и дать информацию о процессах минералообразования в верхней мантии.

Из всех известных генетических типов месторождений титана в пределах Азербайджана, главными являются пласты титаномагнетитовых песчаников осадочного происхождения расположенные на северо-восточном склоне Малого Кавказа, залегающие среди вулканогенно-осадочных пород байос-бат-келловей, где одним из основных минералов титана является ильменит. Он был назван в честь Ильменских гор, где впервые был найден. Часто в литературе его называют титанистым железняком. Химический состав его FeTiO₃, где на долю Fe приходится 47,34% от общей суммы, и 52,66% на TiO₂. Состав минерала изменчив. Часто Fe²⁺ изооморфно замещается Mn²⁺ и Mg²⁺. Из разновидностей ильменита – пикроильменит, который содержит до 17% MgO, а манганоильменит – до 14% MnO и изоморфные примеси Mg²⁺, Mn²⁺, Fe³⁺, V⁵⁺, Nb⁵⁺ редко Co, Ni. Ильменит кристаллизуется в тригональной, иногда образует сложные кристаллы ромбоэдрической сингонии. В процессе изучения глубинных слоев земли большое значение имеет исследование ильменита, так как его структура возникает при давлениях более 200 кбар и он является преобладающим минералом глубины 600-1000 км, т.е. границы верхней и нижней мантии (Ringwood A.E., 1975). В щелочных ультраосновных породах ильменит встречается в виде вростков, а в магнетите образует тонкую структуру «олеандровых листьев» (Ramdor, 1969) с присутствием примесей титана и магния. Часто продукт распада магнетита (FeFe₂O₃) с ульвешпинелью (Fe₂TiO₃) образуют сетчатые тельца, а его магнезиальный аналог – Mg₂TiO₄. В некоторых случаях на зернах магнетита наблюдаются жилки и каймы ильменита различной конфигурации. Нужно отметить, что во всех интрузивах содержание титаномагнетита, ильменита и других рудных минералов, начиная от нижних-магнезиальных горизонтов к железосодержащим породам, увеличивается. На этом отрезке титаномагнетит, в основном

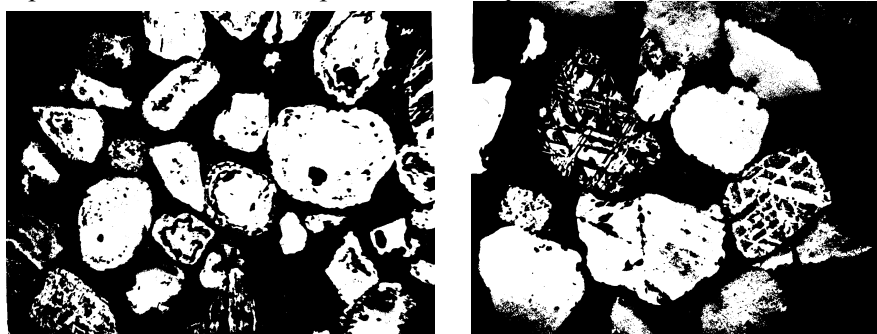
преобладает над ильменитом. В редких случаях наблюдается равновесие. В породах с повышенной магнезиальностью (габбро-долериты), содержание MgO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 в титаномагнетитовых зернах бывает повышенным по сравнению с TiO_2 . Такое изменение содержания титаномагнетитов зависит от первичного состава расплава и дифференциации интрузивов. Изменение состава титаномагнетита влияет на их фазовый состав, который можно наблюдать под микроскопом при больших увеличениях и пересчете их химического состава. В дифференцированных интрузиях основными фазами титаномагнетитов являются магнетит (mt) и ильменит (Ilm), а ульвошпинель (Usp) и гематит (Ge)- подчиненными.

Ильменит в титаномагнетитовых песчаниках наблюдается в виде пластинок и зерен черного цвета с полуметаллическим блеском. Непрозрачен, твердость меняется от 5 до 6, а плотность от 6000 до 4300 kg/m^3 . Образуется при кристаллизации богатых титаном рудных расплавов, состав которого богат ими (FeO и Fe_2O_3). В этом случае образуется титаномагнетит и ильменит, т.е. основная масса титана входит в решетку железо-титановых окисных минералов, которые образуются в результате дифференциации магмы. В результате близлежащие к магме породы обогащаются титаносодержащими минералами и по составу являются магнезиальными (пикритовые габбро-долериты). Ближе к земной поверхности породы обогащаются железом (габбро и ферро-габбро, кварцщелочные габбро, гранофиры). На глубине более 25 км (относительно) происходит дальнейший распад ранее образованных гематитоильменита и титаномагнетита, с образованием ильменита и титаномагнетитов различного состава. После чего происходит улетучивание кислорода с охлаждением пород и образованием ассоциации ильменита и магнетита. Характерным для ильменита из титаномагнетитовых песчаников является их магнезиальность (0.20-0.66%), отражающая особенность химизма первичных пород, являющихся источником их снабжения. Присутствие в составе ильменита редких элементов отражает их глубинное генерирование. В отобранных зернах ильменита из титаномагнетитовых песчаников часто наблюдается распад твердого раствора, являющегося результатом избытка FeO и Fe_2O_3 при его кристаллизации, а также сростки ильменита с магнетитом, образующиеся при температуре ниже $600^{\circ}C$ в процессе охлаждения пород в условиях повышения летучести кислорода. Нужно отметить, что верхний предел летучести кислорода отвечает окислению ульвошпинелевого компонента с образованием ильменита и титаномагнетита с более низким содержанием титана.

Месторождение этого минерала связано, в основном, с изверженными горными породами габброидного характера и является магматическим. Отдельные кристаллы ильменита образуются на конечном процессе магматической стадии как аксессуарные в ультраосновных, основных, средних, кислых и щелочных породах и часто образуют скопления в щелочных сиенитовых пегматитах и в конечном результате накапливаются в россыпях (месторождения южного и среднего Урала, Алтай, Кольский пол-в, Украина). Минерал в чистом виде не намагничен. Если он содержит излишки закиси железа становится магнитным. С увеличением содержания железа, магнитная восприимчивость увеличивается. Этот опыт многократно проводился на ильменитах из титаномагнетитовых песчаников. Например, ильмениты из песчаников Шамкирского района менее маг-

нитны, чем Дашкесанские. Измерение магнитных свойств ильменитов показало, что однофазным зернам с размерами менее 50 мкм характерны низкие параметры (S_v , H_{cv}) магнитных значений, что по всей вероятности связано с повышением содержания гематита в твердом растворе ($FeTiO_2$ - $MgTiO_3$ - Fe_2O_3). Зерна ильменита с решетчатыми структурами полисинтетических двойникований, содержащие продукты твердого раствора имеют повышенные величины магнитных параметров (S_v , H_{cv}). Максимальные магнитные параметры приходятся на те образцы, в которых наблюдаются прожилки гематита с ориентированными микровключениями продукта замещения. Учитывая глубинность образования ильменита при больших давлениях, на зернах ильменита возникают ориентированные микровключения гематита и титаномагнетита.

Изучение физико-химической характеристики, условий образования и взаимоотношения ильменита с другими минералами, а также точки (θ) Кюри может иметь большое значение при поисках титановых месторождений и сыграть роль геотермометра. Ильменитовые зерна часто содержат реликтовые участки магнетита (фото 1 и 2), которые иногда замещаются гидрогетитом, а имеющиеся трещины заполнены вторичными минералами-гидроокислами железа.



Кристаллические структуры ильменита и гематита схожи. Часто гематит в зернах ильменита присутствует в виде твердого раствора или как его продукт распада (фото 2). Он как сложный окисел имеет промежуточные серии твердых растворов- магнетит ($FeFe_2O_4$) - ульвешпинель ($FeTiO_4$)-магнезиальная ульвешпинель (Mg - TiO_2)-ильменит-($FeTiO_3$)-рутил (TiO_2)-брукит (TiO_2)-перовскит (Ti,Nb,Fe) O_3 . Многие магнетитовые зерна содержат высокий процент ильменита, сохраняющие кубическую структуру, когда имеется вакансия в тетраэдрической и октаэдрической подрешетках. Параметры элементарной ячейки возрастают в ряду магнетит-ульвошпинель от 3,39 до 8,53Å. Кристаллизацию ильменита на ранних этапах кристаллизации магнетита, оливина, граната и пироксена, подтверждают лунные анортозиты с содержанием ильменита ,в которых присутствуют MnO и MgO в ассоциации с рутилом (до 9,63 %). Химический составов ильменита из различных пород по сравнению с глубинными, характеризуется более низким содержанием MgO (<0,66%). В титаномагнетитовых песчаниках редко встречаются обломки пород, содержащие зерна ильменита со сравнительно высоким содержанием MgO (до 0,66%) и TiO_2 (до 49%), показывающие относительно глубокое их происхождение. Как видно из таблицы, содержание Al_2O_3 в Шамкирском месторождении меньше (0,01%), чем в Дашкесанском и

Дагстафюрском месторождениях, а Fe₂O₃ вообще в Шамкирском месторождении отсутствует. MgO в Шамкирском месторождении по сравнению с другими в три с лишним раза больше, указывающий, что источником сноса ильменита являлись более глубокие доюрские породы, так как юрские породы слишком бедны ильменитом.

Таблица

Химический состав ильменита из титаномагнетитовых песчаников северо-восточного склона Малого Кавказа

Место отбора	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	Σ	Ti	Fe
Дашкесаг	0.08	48.70	0.09	0.08	50.76	0.08	0.02	-	0.08	0.07	0.02	99.98	60.95	39.65
"-"	0.10	49.60	0.05	0.09	49.86	0.09	-	-	0.05	0.03	0.07	99.94	62.07	38.96
Дагстафюр	0.14	47.58	0.05	0.09	51.12	0.06	0.2	0.04	0.08	0.12	0.05	99.63	59.67	39.94
Шамкир	1.27	48.12	0.01	-	49.98	0.04	0.66	0.15	0.09	0.08	0.06	100.46	60.23	38.99

Существуют противоречивые данные о типохимических особенностях ильменита в сосуществующих породах и ассоциациях, являющихся источником сноса в процессе образования титаномагнетитовых песчаников. Источником титаномагнетитовых песчаников на исследуемой территории являются интрузивные, эффузивные и метасоматические породы. Но как показывают химические анализы эти комплексы содержат ничтожно малое количество ильменита. Как было отмечено, ильменит является глубинным минералом, и в ксенолитах он бывает как акцессорным, так и породообразующим. Максимальное содержание его приходится на те породы, где железные соединения больше (35%).

Ильменит относительно неустойчивый минерал, в коре выветривания ведет себя иначе; двухвалентное железо в решетке ильменита окисляется до трехвалентного и частично выносится. Оставшаяся двуокись титана образует кристаллическую решетку рутила и сохраняется в коре выветривания в виде прочных зерен лейкоксена и лейкоксенизированного ильменита, которые ведут себя в этом случае как устойчивые минералы, способные сохраняться в процессе длительной транспортировки.

Устойчивость минерала определяется величиной электростатического взаимодействия между слагающими кристаллическую решетку катионами и анионами. Устойчивость ильменита как кислородного соединения зависит от величины ионного потенциала, прямо пропорционального заряду катиона и обратно пропорционального его радиусу. Из сказанного ясно, что рутил, кварц, лейкоксенизированный ильменит и другие подобные окислы являются основными устойчивыми минералами пластов титаномагнетитовых песчаников северо-восточного склона Малого Кавказа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баба-Заде В.М., Панахи К.А. Титан. Минерально-сырьевые ресурсы Азербайджана (условия формирования, закономерности размещения, научные основы прогнозирования), Баку, изд. «Озан», 2005, ст.120-130.
2. Панахи К.А. Титановые месторождения и проявления Азербайджана. Вестник БГУ «Təbiət elmləri seriyası» № 22, 2003, стр.109-122.

3. Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я., Намерай Т., Дашевская Д.М. Мегакристаллы ильменита в кайназойских базальтах Монголии. ДАН СССР, 1980, том 254 , № 4 , ст. 962 – 985.
4. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. ИЛ, 1969.
5. Ringwood A.E. Composition and Petrology of Earth's Mantle. New York, McGraw Hill, 1975.

**KIÇIK QAFQAZIN ŞİMAL-ŞƏRQ YAMACININ
TİTANLI-MAQNETİTLİ QUMDAŞLARINDA İLMENİT**

K.A.PƏNAHI

XÜLASƏ

İlmenitin titan qrupu elementlərindən istehsal üçün ən əhəmiyyətli mineral olduğu məlumdur. İlmenitin fiziki-kimyəvi xarakterini, əmələgəlmə prosesini, başqa minerallarla əlaqəsini və eləcə də Kuri nöqtəsini (θ) öyrənməklə, onun Kiçik Qafqazın şimali-şərq yamacında yayılmış titanlı-maqnetitli qumdaşlarının öyrənilməsində qeotermometr rolunu oynaya bilər. Bu da öz növbəsində mineralların daşınma mənbəyini təyin etməkdə və yuxarı mantiyada mineralların əmələgəlmə prosesini aydınlaşdırmağa imkan verir.

**ILMENIT (FeTiO₃) IN TITANOMAGNETIT SANDSTONES OF THE
LESSER CAUCASUS NORTH-EASTERN SLOPE**

K.A.PANAKHI

SUMMARY

In the paper the physical- chemical characteristic of ilmenite, its formation conditions, relations with other minerals have been considered. Datum of its curie point which are important during investigation of titan magnetite sand –stones mineral composition of Lesser Caucasus north – eastern slope and can inform about mineral formation processes and determine removal sources in uppers mantle have been given.