

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КОНЦЕНТРАТОВ ТИТАНОВЫХ РУД
ПИЖЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ ТИМАН)

Макеев А.Б.¹ (abmakeev@mail.ru), Лютоев В.П.² (vlutoev@geo.komisc.ru)

¹ Московское отделение. ИГЕМ РАН; ² Сыктывкарское отделение. ИГ Коми НЦ УрО РАН

MINERAL COMPOSITION OF TITANIUM ORE CONCENTRATES FROM
THE PIZHEMSKY DEPOSIT (MIDDLE TIMAN)

Makeyev A.B.¹, Lutoev V.P.²

¹ Moscow branch. IGEM RAS; ² Syktyvkar branch. IG Komi SC UB RAS

Отработана технологическая схема получения концентратов титановых минералов из руд Пижемского месторождения (Макеев, 2014; Макеев, Борисовский, 2013), включающая: дробление, оттирку, обесшламливание, гравитационное обогащение, классификацию и магнитную сепарацию. В немагнитную фракцию (класс -0,50 +0,125 мм) концентрируется почти весь лейкоксен. В немагнитную фракцию (класс -0,125 +0,040 мм) накапливаются лейкоксен, рутил и циркон. В магнитную фракцию обоих продуктивных классов попадают ильменит, Fe-рутил, псевдорутит и сидерит. Черные титановые минералы не поддаются точной визуальной диагностике, поэтому определение их количественного фазового состава обычным минералогическим анализом затруднено. Задачей настоящей работы является проведение фазового анализа железо-титановых минералов с помощью современных спектроскопических методов исследования.

Объектом исследования стали шесть проб коллективного концентрата и магнитных фракций (выделенных из сборной технологической пробы составленной из 170 рядовых керновых проб 21 скважины), химический состав которых определен методом РФА (прибор фирмы Phillips), а летучие CO₂, H₂O – мокрой химией в ИГЕМ РАН (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав концентратов титановой руды Пижемского месторождения (мас.%)

Пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ZrO ₂	S	CO ₂	H ₂ O ⁺	Сумма
П-40	30,52	50,07	2,16	13,37	0,26	0,04	0,17	0,77	0,02	0,16	0,10	0,09	1,90	0,39	100,0
П-41	30,63	52,80	2,16	11,10	0,23	0,02	0,19	0,80	0,02	0,14	0,08	0,10	1,33	0,41	100,0
П-44	27,67	41,05	2,12	23,19	0,55	0,04	0,20	0,56	0,02	0,16	0,06	0,05	3,99	0,33	100,0
П-46	28,52	37,75	1,99	24,61	0,54	0,06	0,19	0,49	0,02	0,15	0,06	0,04	5,29	0,30	100,0
П-52	18,72	48,83	2,23	25,88	0,69	0,03	0,22	0,60	0,02	0,26	0,17	0,02	2,00	0,34	100,0
П-54	17,93	46,44	2,18	27,56	0,71	0,04	0,22	0,57	0,02	0,23	0,14	0,02	3,60	0,35	100,0

Примечание. Пробы: (П-40, -41) – коллективный концентрат, (П-44, -46, -52, -54) – магнитная фракция; классы крупности (1–4) – 0,50–0,125, (5–6) – 0,125–0,040 мм.

Морфологические особенности рудных минералов и их состав определены при помощи сканирующего электронного микроскопа «Jeol JSM-6480LV» и волнового дифракционного спектрометра «INCA Wave-500» в

МГУ (табл. 2). Спектроскопические и рентгеноструктурные исследования проведены в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН.

Спектроскопические исследования концентратов пижемских руд, подтверждают их многофазный состав и отражают количественные соотношения минералов. Сложность окончательных расчетов минерального состава заключалась в том, что концентраты содержат по 5 титановых и 6 железосодержащих фаз. Электронно-микроскопические и микрозондовые анализы свидетельствуют о многочисленных включениях других минералов внутри зерен лейкоксона и псевдорутила.

Таблица 2

Средние химические составы титановых минералов Пижемского месторождения по данным широкого зонда, мас. %

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	S	Nb ₂ O ₅	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	ZnO	Sum
1	0,22	0,16	51,58	45,00	0,63	0,09	1,85	0,02	0,10	0,05	0,02	0,06	0,43	0,05	0,04	100,28
2	1,18	0,56	53,72	29,33	1,53	0,04	0,19	0,07	0,10	0,05	0,03	0,06	0,61	0,04	0,11	87,62
3	16,51	2,70	47,26	18,57	1,51	0,07	0,14	0,49	0,10	0,15	0,04	0,09	0,34	0,03	0,11	88,12
4	1,16	0,34	92,65	0,61	0,04	0,04	0,03	0,07	0,06	0,06	0,02	0,25	0,76	0,06	0,04	96,13
5	26,89	2,88	56,28	1,61	0,11	0,08	0,13	0,60	0,09	0,13	0,04	0,09	0,43	0,02	0,04	89,41

Примечание. Недостаток суммы в микрозондовых анализах обусловлен пористостью минеральных фаз. 1 – ильменит, n = 61; 2 – Fe-рутил, n = 45; 3 – псевдорутил, n = 154; 4 – рутил, n = 42; 5 – лейкоксен, n = 173.

В таблице 3 представлены обобщенные результаты фазового минерального анализа концентратов титановых руд. Был использован комбинированный метод оценки соотношения фаз. Часть минералов рассчитывалась нормативным способом, опираясь на результаты химического анализа. В расчетах железосодержащих фаз использованы результаты спектроскопии ИКС, ЭПР и главным образом ЯГР.

Таблица 3

Фазовый минерального состав концентратов (%) по результатам нормативного пересчета химических анализов и мессбауэровского распределения железа

Пробы	Qtz	Lcs	P-Rtl	Ilm	Fe-Rtl	Rtl	Sdr	Mnz	Zrc	Mic	Prt	Сумма
П-40	6,00	48,59	21,59	4,13	5,47	1,30	5,00	0,42	0,15	6,52	0,17	99,99
П-41	5,00	50,12	19,72	4,65	7,19	1,50	3,50	0,37	0,12	6,86	0,19	99,94
П-44	14,00	0	46,21	9,73	5,54	0	10,53	0,45	0,09	4,91	0,09	99,86
П-46	16,00	0	43,74	7,60	7,55	0	13,95	0,42	0,09	4,41	0,07	99,84
П-52	0	0	74,63	9,71	3,53	0	5,26	0,68	0,25	5,17	0,04	99,93
П-54	0	0	67,35	19,95	5,64	0	9,48	0,63	0,21	5,00	0,04	99,99

Примечание. Минералы: Qtz – кварц, Lcs – лейкоксен, P-Rtl – псевдорутил, Ilm – ильменит, Fe-Rtl – Fe-рутил, Rtl – рутил, Sdr – сидерит, Mnz – монацит, Zrc – циркон, Mic – серицит, Prt – пирит.

Впервые достоверно установлено соотношение лейкоксона и магнитных титановых минералов $\approx 5:3$ в коллективном концентрате. А также соотношение псевдорутила к ильмениту и Fe-рутилу $\approx 20:4:6$. Оказалось, что

в крупном классе магнитной фракции проб это соотношение примерно сохраняется. А в мелкой фракции это соотношение изменяется в сторону увеличения ильменита и уменьшения Fe-рутила.

Не решены некоторые технологические задачи. Показано, что из титановых фаз лейкоксена и псевдорутила физическими методами концентрирования не удается удалить весь Si, Al, K, S и др. компоненты, присутствующие в виде микровключений кварца, гидрослюда (серицита), каолинита, а также пирита. Из крупной фракции концентрата недостаточно чисто удален свободный кварц, и во всех фракциях остается много сидерита. Технологам рекомендуется применение дополнительной операции оттирки и дробления концентратов до класса -0,3 мм для их очистки от сростков с кварцем. Для очистки от сидерита необходимо применить обжиг до температуры 600°C, с последующей очисткой продукта от оксида железа в кислой среде. Для обескремнивания лейкоксена и псевдорутила требуется разработка современной физико-химической технологии, направленной на получение пористого рутила.

Макеев А.Б. Типоморфизм рудных и аксессуарных минералов Пижемского титанового месторождения, источник рудного вещества // Минералогия во всем пространстве сего слова. Матер. годичного собрания Российского минералогического общества. С.Пб. 2014. С. 43–45.

Макеев А.Б., Борисовский СЕ. Типоморфизм и источники титановых и ниобиевых минералов проявления Ичетью, Средний Тиман // Изв. ВУЗов. Геология и Разведка, 2013. No 2. P. 30-37.