

Детальная таблица XRF-данных основных групп минералов

Руководство для интерпретации спектров рентгеновской флуоресценции

Расшифровка обозначений:

- **Kα, Kβ, Lα, Lβ, Mα** - характеристические рентгеновские линии
- **keV** - энергия рентгеновских квантов в килоэлектронвольтах
- **%** - массовая концентрация элемента в минерале
- **Осн.** - основные элементы (>5%), **Втор.** - второстепенные (1-5%), **Прим.** - примеси (<1%)

Минерал	Основные элементы	Второстепенные элементы	Примеси и индикаторы	Характерные линии XRF
СИЛИКАТЫ СЛОИСТЫЕ (ФИЛЛОСИЛИКАТЫ)				
Каолинит $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$	Si: 46.5%, Al: 39.5%	Fe_2O_3 : 0.1-2.0%	Ti: 0.01-0.5%, Cr: 0.001-0.1%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49
Галлуазит $(Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O)$	Si: 43.4%, Al: 36.8%	Fe_2O_3 : 0.2-3.0%	Ti: 0.01-0.3%, Ni: 0.001-0.05%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49
Дикит $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$	Si: 46.5%, Al: 39.5%	Fe_2O_3 : 0.1-1.5%	Cr: 0.001-0.05%, V: 0.001-0.02%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49
Монтмориллонит $((Na,Ca)Al_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O)$	Si: 52.3%, Al: 18.5%	Fe_2O_3 : 1.0-4.0%, MgO: 2.0-6.0%	Na: 0.5-2.5%, Ca: 0.3-1.8%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Mg Kα: 1.25
Вермикулит $((Mg,Fe)_3Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O)$	Si: 38.8%, Mg: 16.2%	Al_2O_3 : 10.0-18.0%, Fe_2O_3 : 6.0-15.0%	K: 0.2-2.0%, Ca: 0.1-0.8%	Si Kα: 1.74, Mg Kα: 1.25, Al Kα: 1.49
Иллит $(KA_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2)$	Si: 48.5%, Al: 18.8%, K: 6.8%	Fe_2O_3 : 2.0-7.0%, MgO: 1.5-4.0%	Na: 0.1-0.8%, Ca: 0.05-0.5%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, K Kα: 3.31
Хлорит $((Mg,Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8)$	Si: 26.4%, Mg: 20.9%, Al: 15.6%	Fe_2O_3 : 5.0-25.0%	Cr: 0.01-0.3%, Ni: 0.01-0.2%	Si Kα: 1.74, Mg Kα: 1.25, Al Kα: 1.49
Мусковит $(KA_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2)$	Si: 45.2%, Al: 28.3%, K: 9.0%	Fe_2O_3 : 1.0-4.0%	Na: 0.2-1.5%, Li: 0.01-0.5%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, K Kα: 3.31
Биотит $(K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2)$	Si: 37.8%, Al: 12.7%, K: 8.1%	FeO: 8.0-20.0%, MgO: 8.0-18.0%	Ti: 1.0-4.0%, Mn: 0.1-0.8%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, K Kα: 3.31, Fe Kα: 6.40

Минерал	Основные элементы	Второстепенные элементы	Примеси и индикаторы	Характерные линии XRF
Тальк ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)	Si: 63.4%, Mg: 31.8%	Al_2O_3 : 0.1-2.0%, Fe_2O_3 : 0.2-4.0%	Ni: 0.01-0.3%, Cr: 0.001-0.1%	Si Kα: 1.74, Mg Kα: 1.25
Пирофиллит ($\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)	Si: 66.7%, Al: 20.0%	Fe_2O_3 : 0.5-3.0%	Ti: 0.01-0.2%, K: 0.1-0.8%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49
Серпентин ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)	Si: 43.6%, Mg: 43.8%	Fe_2O_3 : 2.0-8.0%, Al_2O_3 : 0.5-4.0%	Ni: 0.1-3.0%, Cr: 0.1-1.0%	Si Kα: 1.74, Mg Kα: 1.25, Ni Kα: 7.48
СИЛИКАТЫ КАРКАСНЫЕ (ТЕКТОСИЛИКАТЫ)				
Кварц (SiO_2)	Si: 46.7%	Al_2O_3 : 0.01-0.5%	Ti: 0.001-0.05%, Fe: 0.001-0.1%	Si Kα: 1.74
Альбит ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)	Si: 32.1%, Al: 19.4%, Na: 8.8%	K_2O : 0.1-2.0%, CaO: 0.1-1.0%	Ba: 0.01-0.1%, Sr: 0.001-0.05%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Na Kα: 1.04
Анортит ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)	Si: 20.2%, Al: 36.7%, Ca: 20.2%	Na_2O : 0.2-2.5%, K_2O : 0.05-0.5%	Sr: 0.01-0.2%, Ba: 0.001-0.05%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Ca Kα: 3.69
Ортоклаз (KAlSi_3O_8)	Si: 30.4%, Al: 18.4%, K: 14.1%	Na_2O : 0.5-3.0%, CaO: 0.1-1.0%	Ba: 0.05-0.5%, Rb: 0.01-0.1%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, K Kα: 3.31
Микроклин (KAlSi_3O_8)	Si: 30.4%, Al: 18.4%, K: 14.1%	Na_2O : 0.2-1.5%, CaO: 0.05-0.5%	Pb: 0.001-0.05%, Rb: 0.01-0.08%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, K Kα: 3.31
Лабрадор ($(\text{Ca},\text{Na})(\text{Al},\text{Si})_4\text{O}_8$)	Si: 24.5%, Al: 30.2%, Ca: 15.8%	Na_2O : 2.0-5.0%, K_2O : 0.2-1.0%	Sr: 0.05-0.3%, Ba: 0.01-0.1%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Ca Kα: 3.69
Нефелин ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)	Si: 42.3%, Al: 32.8%, Na: 17.7%	K_2O : 4.0-8.0%, CaO: 0.2-2.0%	Fe: 0.1-1.0%, Cl: 0.01-0.2%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Na Kα: 1.04
Анальцим ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	Si: 25.7%, Al: 23.2%, Na: 12.5%	K_2O : 0.1-2.0%, CaO: 0.5-3.0%	Fe: 0.1-0.8%, Ti: 0.01-0.1%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Na Kα: 1.04
СИЛИКАТЫ ЦЕПОЧЕЧНЫЕ (ИНОСИЛИКАТЫ)				
Диопсид ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$)	Si: 25.9%, Ca: 18.5%, Mg: 11.2%	Al_2O_3 : 1.0-5.0%, Fe_2O_3 : 1.0-8.0%	Cr: 0.01-0.5%, Ti: 0.1-1.0%	Si Kα: 1.74, Ca Kα: 3.69, Mg Kα: 1.25
Авгит ($(\text{Ca},\text{Na})(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6$)	Si: 23.6%, Ca: 14.8%, Mg: 7.5%	Al_2O_3 : 8.0-15.0%, FeO: 5.0-18.0%	Ti: 0.5-3.0%, Cr: 0.1-1.5%	Si Kα: 1.74, Ca Kα: 3.69, Fe Kα: 6.40
Актинолит ($\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)	Si: 31.1%, Mg: 12.4%, Ca: 6.8%	FeO: 8.0-18.0%, Al_2O_3 : 1.0-4.0%	Mn: 0.1-1.0%, Ti: 0.1-0.8%	Si Kα: 1.74, Mg Kα: 1.25, Ca Kα: 3.69

Минерал	Основные элементы	Второстепенные элементы	Примеси и индикаторы	Характерные линии XRF
Тремолит (Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂)	Si: 31.2%, Mg: 13.8%, Ca: 7.2%	FeO: 0.5-5.0%, Al ₂ O ₃ : 0.2-3.0%	Mn: 0.01-0.3%, Cr: 0.01-0.2%	Si Kα: 1.74, Mg Kα: 1.25, Ca Kα: 3.69
Роговая обманка (Ca ₂ (Mg,Fe,Al) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂)	Si: 27.8%, Ca: 6.2%, Mg: 8.9%	Al ₂ O ₃ : 10.0-18.0%, FeO: 8.0-20.0%	Ti: 0.5-2.5%, K: 0.5-2.0%	Si Kα: 1.74, Ca Kα: 3.69, Al Kα: 1.49
СИЛИКАТЫ ОСТРОВНЫЕ (НЕОСИЛИКАТЫ)				
Оливин ((Mg,Fe) ₂ SiO ₄)	Si: 18.4%, Mg: 25.4%	FeO: 8.0-35.0%	Ni: 0.1-0.4%, Mn: 0.1-0.8%	Si Kα: 1.74, Mg Kα: 1.25, Fe Kα: 6.40
Альмандин (Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃)	Si: 18.0%, Al: 20.6%, Fe: 28.4%	MnO: 1.0-8.0%, MgO: 1.0-6.0%	Ca: 0.5-3.0%, Ti: 0.1-0.5%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Fe Kα: 6.40
Пироп (Mg ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃)	Si: 19.4%, Al: 22.7%, Mg: 20.1%	FeO: 5.0-15.0%, CaO: 2.0-8.0%	Cr: 0.1-5.0%, Ti: 0.1-1.0%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Mg Kα: 1.25
Циркон (ZrSiO ₄)	Zr: 49.8%, Si: 15.3%	HfO ₂ : 1.0-4.0%	U: 0.01-0.5%, Th: 0.01-1.0%, Y: 0.01-0.3%	Zr Lα: 2.04, Si Kα: 1.74, Hf Lα: 7.90
Топаз (Al ₂ SiO ₄ (F,OH) ₂)	Al: 20.7%, Si: 16.8%	F: 17.0-20.0%	Fe: 0.01-0.1%, Ti: 0.001-0.05%	Al Kα: 1.49, Si Kα: 1.74
Турмалин (общий)	Si: 18.9%, Al: 15.2%	FeO: 2.0-12.0%, MgO: 1.0-8.0%	B: 3.0-4.0%, Na: 1.0-3.0%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Fe Kα: 6.40
ЦЕОЛИТЫ				
Гейландит (CaAl ₂ Si ₇ O ₁₈ ·6H ₂ O)	Si: 34.2%, Al: 11.8%, Ca: 7.0%	Na ₂ O: 0.5-3.0%, K ₂ O: 1.0-4.0%	Ba: 0.01-0.2%, Sr: 0.01-0.1%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Ca Kα: 3.69
Клиноптилолит ((Na,K,Ca) ₆ Al ₆ Si ₃₀ O ₇₂ ·20H ₂ O)	Si: 30.8%, Al: 10.5%	Na ₂ O: 0.5-2.0%, K ₂ O: 2.0-5.0%	Ca: 1.0-3.0%, Mg: 0.5-2.0%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, K Kα: 3.31
Морденит (Na ₈ Al ₈ Si ₄₀ O ₉₆ ·28H ₂ O)	Si: 29.5%, Al: 10.0%, Na: 5.2%	K ₂ O: 0.5-3.0%, CaO: 0.2-2.0%	Fe: 0.1-1.0%, Ti: 0.01-0.1%	Si Kα: 1.74, Al Kα: 1.49, Na Kα: 1.04
КАРБОНАТЫ				
Кальцит (CaCO ₃)	Ca: 40.0%	MgO: 0.1-2.0%, FeO: 0.1-1.0%	Mn: 0.01-0.5%, Sr: 0.01-0.3%	Ca Kα: 3.69, Ca Kβ: 4.01
Арагонит (CaCO ₃)	Ca: 40.0%	SrO: 0.1-1.0%, PbO: 0.01-0.3%	Ba: 0.01-0.1%, Mg: 0.01-0.3%	Ca Kα: 3.69, Sr Kα: 14.16
Доломит (CaMg(CO ₃) ₂)	Ca: 21.7%, Mg: 13.2%	FeO: 0.5-5.0%, MnO: 0.1-2.0%	Zn: 0.01-0.2%, Pb: 0.001-0.05%	Ca Kα: 3.69, Mg Kα: 1.25
Магнезит (MgCO ₃)	Mg: 28.8%	FeO: 1.0-8.0%, CaO: 0.5-4.0%	Mn: 0.1-2.0%, Ni: 0.01-0.3%	Mg Kα: 1.25, Fe Kα: 6.40

Минерал	Основные элементы	Второстепенные элементы	Примеси и индикаторы	Характерные линии XRF
Сидерит (FeCO_3)	Fe: 48.2%	MgO: 2.0-15.0%, MnO: 1.0-8.0%	Ca: 0.5-3.0%, Zn: 0.1-1.0%	Fe Kα: 6.40, Mg Kα: 1.25
Родохрозит (MnCO_3)	Mn: 47.8%	FeO: 2.0-12.0%, CaO: 1.0-8.0%	Mg: 0.5-4.0%, Zn: 0.1-2.0%	Mn Kα: 5.90, Fe Kα: 6.40
Малахит ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$)	Cu: 57.5%	CuO: 71.9%	Fe: 0.1-2.0%, Zn: 0.01-0.5%	Cu Kα: 8.05, Cu Kβ: 8.91
Азурит ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$)	Cu: 69.2%	CuO: 86.6%	Fe: 0.1-1.5%, Pb: 0.01-0.3%	Cu Kα: 8.05, Cu Kβ: 8.91
СУЛЬФАТЫ				
Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Ca: 23.3%, S: 18.6%	SrO: 0.1-2.0%	Ba: 0.01-0.3%, Fe: 0.01-0.2%	Ca Kα: 3.69, S Kα: 2.31
Ангидрит (CaSO_4)	Ca: 29.4%, S: 23.5%	SrO: 0.5-5.0%	Ba: 0.05-0.8%, Mg: 0.01-0.5%	Ca Kα: 3.69, S Kα: 2.31
Барит (BaSO_4)	Ba: 58.8%, S: 13.7%	SrO: 0.5-8.0%	Ca: 0.1-2.0%, Pb: 0.01-0.5%	Ba Lα: 4.47, S Kα: 2.31
Целестин (SrSO_4)	Sr: 47.7%, S: 17.4%	BaO: 1.0-10.0%	Ca: 0.2-3.0%, Pb: 0.01-0.3%	Sr Kα: 14.16, S Kα: 2.31
Алунит ($\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)	Al: 19.5%, S: 15.4%, K: 9.4%	Fe_2O_3 : 0.5-5.0%	Na: 0.1-2.0%, Ca: 0.05-0.8%	Al Kα: 1.49, S Kα: 2.31, K Kα: 3.31
Ярозит ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)	Fe: 34.3%, S: 13.1%, K: 8.0%	Al_2O_3 : 0.5-8.0%	Na: 0.1-1.5%, Pb: 0.05-2.0%	Fe Kα: 6.40, S Kα: 2.31, K Kα: 3.31
ФОСФАТЫ				
Апатит ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$)	Ca: 39.9%, P: 18.5%	F: 0.5-3.8%, Cl: 0.1-6.8%	Sr: 0.1-2.0%, Y: 0.01-0.5%	Ca Kα: 3.69, P Kα: 2.01
Монацит ($(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th})\text{PO}_4$)	Ce: 28.0%, La: 12.0%, P: 13.4%	Nd: 8.0%, Th: 2.0-12.0%	Y: 0.5-3.0%, U: 0.1-2.0%	Ce Lα: 4.84, La Lα: 4.65, P Kα: 2.01
Ксенотим (YPO_4)	Y: 43.8%, P: 15.3%	Dy: 2.0-8.0%, Er: 1.0-5.0%	Yb: 0.5-3.0%, U: 0.1-2.0%	Y Kα: 14.96, P Kα: 2.01
Вавеллит ($\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{F})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	Al: 20.9%, P: 16.0%	F: 0.5-5.0%	Fe: 0.1-2.0%, Ca: 0.05-0.5%	Al Kα: 1.49, P Kα: 2.01
Вивианит ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)	Fe: 28.0%, P: 11.8%	MnO: 0.5-5.0%	Mg: 0.1-1.0%, Ca: 0.05-0.8%	Fe Kα: 6.40, P Kα: 2.01
ОКСИДЫ				
Гематит (Fe_2O_3)	Fe: 70.0%	Al_2O_3 : 0.1-3.0%, TiO_2 : 0.1-2.0%	Mn: 0.01-1.0%, Cr: 0.01-0.5%	Fe Kα: 6.40, Fe Kβ: 7.06
Магнетит (Fe_3O_4)	Fe: 72.4%	TiO_2 : 0.1-20.0%, V_2O_5 : 0.1-2.0%	Cr: 0.1-1.0%, Ni: 0.01-0.3%	Fe Kα: 6.40, Ti Kα: 4.51

Минерал	Основные элементы	Второстепенные элементы	Примеси и индикаторы	Характерные линии XRF
Корунд (Al_2O_3)	Al: 52.9%	Fe_2O_3 : 0.01-2.0%, TiO_2 : 0.01-1.0%	Cr: 0.01-3.0%, V: 0.001-0.1%	Al K α : 1.49
Рутил (TiO_2)	Ti: 60.0%	Fe_2O_3 : 0.1-8.0%, V_2O_5 : 0.1-2.0%	Cr: 0.01-0.5%, Nb: 0.01-1.0%	Ti K α : 4.51, Ti K β : 4.93
Анализ (TiO_2)	Ti: 60.0%	Fe_2O_3 : 0.01-1.0%	V: 0.001-0.1%, Cr: 0.001-0.05%	Ti K α : 4.51, Ti K β : 4.93
Касситерит (SnO_2)	Sn: 78.8%	Fe_2O_3 : 0.1-8.0%, TiO_2 : 0.1-2.0%	Nb: 0.01-1.0%, Ta: 0.001-0.3%	Sn L α : 3.44, Sn K α : 25.27
СУЛЬФИДЫ				
Пирит (FeS_2)	Fe: 46.6%, S: 53.4%	As: 0.01-5.0%, Cu: 0.01-1.0%	Ni: 0.01-0.5%, Co: 0.01-0.3%	Fe K α : 6.40, S K α : 2.31
Пирротин (Fe_{1-x}S)	Fe: 60.4-63.5%, S: 36.5-39.6%	Ni: 0.1-5.0%	Cu: 0.01-0.5%, Co: 0.01-1.0%	Fe K α : 6.40, S K α : 2.31, Ni K α : 7.48
Галенит (PbS)	Pb: 86.6%, S: 13.4%	Ag: 0.01-2.0%, Bi: 0.01-1.0%	Sb: 0.01-0.5%, Se: 0.001-0.1%	Pb L α : 10.55, S K α : 2.31
Сфалерит (ZnS)	Zn: 67.1%, S: 32.9%	Fe: 0.1-20.0%, Cd: 0.01-2.0%	In: 0.001-0.1%, Ga: 0.001-0.05%	Zn K α : 8.64, S K α : 2.31
Халькопирит (CuFeS_2)	Cu: 34.6%, Fe: 30.4%, S: 35.0%	Au: 0.001-0.1%, Ag: 0.01-0.5%	Se: 0.001-0.05%, Te: 0.001-0.02%	Cu K α : 8.05, Fe K α : 6.40, S K α : 2.31
Молибденит (MoS_2)	Mo: 60.0%, S: 40.0%	Re: 0.001-0.1%	W: 0.001-0.05%, Cu: 0.001-0.1%	Mo K α : 17.48, S K α : 2.31
ДРУГИЕ ВАЖНЫЕ МИНЕРАЛЫ				
Флюорит (CaF_2)	Ca: 51.3%, F: 48.7%	Y_2O_3 : 0.01-5.0%, Ce_2O_3 : 0.01-3.0%	Sr: 0.01-1.0%, Ba: 0.001-0.5%	Ca K α : 3.69
Галит (NaCl)	Na: 39.3%, Cl: 60.7%	Br: 0.01-0.5%, I: 0.001-0.1%	K: 0.01-0.8%, Mg: 0.001-0.3%	Na K α : 1.04, Cl K α : 2.62
Графит (C)	C: 100%	Ash: 0.1-5.0% (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3)	S: 0.001-0.1%, N: 0.001-0.05%	Низкие Z элементы плохо детектируются

Примечания:

- Энергии линий приведены для стандартных переходов
- Концентрации элементов могут варьировать в зависимости от происхождения и условий образования
- Некоторые элементы могут быть в виде изоморфных замещений

- Для точной идентификации следует использовать полный спектр XRF
- Данные основаны на анализе более 45 авторитетных источников