

Детальная таблица рамановских спектров основных групп минералов

Руководство для интерпретации рамановских спектров

Расшифровка обозначений:

- **ν** - валентные колебания (растяжение связи)
- **δ** - деформационные колебания (изгиб связи)
- **ν_{as}** - асимметричные валентные колебания
- **ν_s** - симметричные валентные колебания
- **$\nu_1, \nu_2, \nu_3, \nu_4$** - общепринятая нумерация мод колебаний для анионных групп (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-})
- **Основные полосы** - наиболее интенсивные рамановские пики
- **Решетчатые моды** - внешние колебания ($<300\text{ см}^{-1}$)
- **ω** - либрационные колебания
- **R** - вращательные моды
- **T** - трансляционные моды

Характерные спектральные области для рамановской спектроскопии:

- **$3000\text{--}3700\text{ см}^{-1}$** : валентные колебания OH и H_2O
- **$1600\text{--}1700\text{ см}^{-1}$** : деформационные колебания H-O-H
- **$1000\text{--}1400\text{ см}^{-1}$** : карбонатные и сульфатные группы
- **$800\text{--}1200\text{ см}^{-1}$** : силикатные тетраэдры Si-O
- **$300\text{--}800\text{ см}^{-1}$** : деформационные колебания Si-O, фосфатные и арсенатные группы
- **$100\text{--}300\text{ см}^{-1}$** : решетчатые моды, внешние колебания

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, OH, катион-О)
Силикаты слоистые (Филлосиликаты)	Характерны острые пики Si-O тетраэдров и структурные OH			

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион- О)
Галлуазит $(Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot nH_2O)$	700, 913, 1030	1030 (ν_{as} Si-O) 700 (Si-O-Si изгиб) 430, 460 (δ Si-O)	-	913 (Al-OH изгиб) 3620, 3695 (ОН) 150-250 (решетчатые)
Дикит $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$	270, 355, 465, 700, 915, 1040	1040 (ν_{as} Si-O) 700 (Si-O-Si) 465 (δ Si-O)	-	915 (Al-OH изгиб) 355 (Al-O) 270 (решетчатая)
Иллит $((K, H_2O)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}[(OH)_2 \cdot (H_2O)])$	260, 525, 695, 915	1020 (ν_{as} Si-O) 695 (Si-O-Si) 525 (δ Si-O)	-	915 (Al-OH) 260 (решетчатая) 3620 (ОН)
Каолинит $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$	270, 360, 470, 700, 915, 1035	1035 (ν_{as} Si-O) 700 (Si-O-Si) 470 (δ Si-O)	-	915 (Al-OH изгиб) 360 (Al-O) 270 (решетчатая)
Монтмориллонит $((Na, Ca)_{0.3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O)$	200, 520, 680, 915	1040 (ν_{as} Si-O) 680 (Si-O-Si) 520 (δ Si-O)	-	915 (Al-OH) 200 (решетчатая) 3630 (ОН)
Нонтронит $((Na, Ca)_{0.3}(Fe, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O)$	390, 520, 670, 820	1020 (ν_{as} Si-O) 670 (Si-O-Si) 520 (δ Si-O)	-	820 (Fe-OH) 390 (Fe-O) 3570 (ОН)
Пирофиллит $(Al_2Si_4O_{10}(OH)_2)$	265, 470, 700, 950	950, 1050, 1120 (ν_{as} Si-O) 700 (Si-O-Si) 470 (δ Si-O)	-	840 (Al-OH) 265 (решетчатая) 3670 (ОН)
Хлорит $((Mg, Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8)$	250, 545, 670, 750	670, 750 (Si-O-Si) 950, 1000 (ν_{as} Si-O) 545 (δ Si-O)	-	580, 650 (Mg-OH) 250 (решетчатая) 3420-3570 (ОН)
Вермикулит $((Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O)$	190, 450, 670, 820	1000 (ν_{as} Si-O) 670, 820 (Si-O-Si) 450 (δ Si-O)	-	670 (Mg-OH) 190 (решетчатая) 3560-3670 (ОН)

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион- О)
Биотит $(K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2)$	185, 280, 680, 750	1020, 1100 (ν_{as} Si-O) 680, 750 (Si-O-Si) 470, 540 (δ Si-O)	-	680 (Mg-OH) 280 (K-O) 185 (решетчатая)
Мусковит $(KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2)$	200, 265, 410, 710, 915	1020, 1100 (ν_{as} Si-O) 710 (Si-O-Si) 470, 540 (δ Si-O)	-	915 (Al-OH) 410 (Al-O) 265, 200 (решетчатые)
Серпентин $(Mg_3Si_2O_5(OH)_4)$	230, 380, 690, 1050	1050 (ν_{as} Si-O) 690 (Si-O-Si) 380 (δ Si-O)	-	580, 640 (Mg-OH) 230 (решетчатая) 3680 (ОН)
Тальк $(Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2)$	195, 370, 675, 1050	1050 (ν_{as} Si-O) 675 (Si-O-Si) 370 (δ Si-O)	-	650 (Mg-OH) 195 (решетчатая) 3675 (ОН)
Силикаты каркасные (Тектосиликаты)	Доминируют Si-O колебания каркасных структур			
Альбит $(NaAlSi_3O_8)$	290, 480, 510, 760	1100 (ν_{as} Si-O) 760 (Si-O-Si симм.) 480, 510 (δ Si-O)	-	290 (решетчатая) -
Анальцим $(NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O)$	350, 485, 720, 1000	1000 (ν_{as} Si-O) 720 (Si-O-Si) 485 (δ Si-O)	-	350 (решетчатая) 3450 (H_2O)
Анортит $(CaAl_2Si_2O_8)$	240, 480, 510, 765	1130 (ν_{as} Si-O) 765 (Si-O-Si) 480, 510 (δ Si-O)	-	240 (решетчатая) -
Гейландит $((Ca,Na)_{2-3}Al_3(Al,Si)_2Si_{13}O_{36} \cdot 12H_2O)$	280, 320, 450, 700	1060 (ν_{as} Si-O) 700 (Si-O-Si) 450 (δ Si-O)	-	280, 320 (решетчатые) 3200-3600 (H_2O)
Клиноптилолит $((Na,K,Ca)_{2-3}Al_3(Al,Si)_2Si_{13}O_{36} \cdot 12H_2O)$	290, 330, 460, 720	1080 (ν_{as} Si-O) 720 (Si-O-Si) 460 (δ Si-O)	-	290, 330 (решетчатые) 3200-3600 (H_2O)
Морденит $((Ca,Na_2,K_2)Al_2Si_{10}O_{24} \cdot 7H_2O)$	300, 380, 475, 800	1100 (ν_{as} Si-O) 800 (Si-O-Si) 475 (δ Si-O)	-	300, 380 (решетчатые) 3200-3600 (H_2O)

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион-О)
Микроклин ($KAlSi_3O_8$)	285, 475, 515, 760	1130 (ν_{as} Si-O) 760 (Si-O-Si) 475, 515 (δ Si-O)	-	285 (решетчатая) -
Нефелин ($NaAlSiO_4$)	170, 410, 490, 980	980 (ν_{as} Si-O) 680, 740 (ν_s Si-O) 490 (δ Si-O)	-	410 (Na-O) 170 (решетчатая)
Опал ($SiO_2 \cdot nH_2O$)	240, 350, 800, 1100	1100 (ν_{as} Si-O) 800 (ν_s Si-O) 480 (δ Si-O)	-	350 (дефектная) 240 (решетчатая) 3400 (H_2O)
Ортоклаз ($KAlSi_3O_8$)	280, 475, 515, 760	1130 (ν_{as} Si-O) 760 (Si-O-Si) 475, 515 (δ Si-O)	-	280 (решетчатая) -
Кварц (SiO_2)	128, 206, 464, 1076	1076, 1162 (ν_{as} Si-O) 798 (ν_s Si-O-Si) 464 (δ O-Si-O)	-	206 (решетчатая) 128 (решетчатая)
Силикаты цепочечные и ленточные (Иносиликаты)	Характерны цепочечные Si-O структуры			
Авгит ($(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Si,Al)_2O_6$)	225, 390, 665, 1010	1010 (ν_{as} Si-O) 665 (Si-O-Si цепочка) 390 (δ Si-O)	-	225 (Ca-O) -
Актинолит ($Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$)	200, 370, 670, 1055	1055 (ν_{as} Si-O) 670 (Si-O-Si лента) 370 (δ Si-O)	-	200 (Ca-O) 680 (Mg-OH) 3670 (OH)
Диопсид ($CaMgSi_2O_6$)	220, 390, 670, 1010	1010 (ν_{as} Si-O) 670 (Si-O-Si цепочка) 390 (δ Si-O)	-	220 (Ca-O) -
Роговая обманка ($Ca_2(Mg,Fe,Al)_5(Si,Al)_8O_{22}(OH)_2$)	200, 370, 680, 1060	1060 (ν_{as} Si-O) 680 (Si-O-Si лента) 370 (δ Si-O)	-	200 (Ca-O) 700 (Mg-OH) 3650 (OH)
Тремолит ($Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$)	200, 375, 675, 1055	1055 (ν_{as} Si-O) 675 (Si-O-Si лента) 375 (δ Si-O)	-	200 (Ca-O) 680 (Mg-OH) 3675 (OH)
Силикаты кольцевые (Циклосиликаты)	Характерны кольцевые Si_6O_{18} структуры			

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион- О)
Турмалин ((Na,Ca) (Mg,Fe,Al) ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄)	240, 520, 920, 1050	1050 (ν_{as} Si-O кольцо) 850 (ν_s Si-O) 520 (δ Si-O)	920 (B-O) 1250, 1350 (ν B-O)	240 (решетчатая) 700 (Mg-OH) 3650 (OH)
Силикаты групповые (Соросиликаты)	<i>Характерны парные Si₂O₇ тетраэдры</i>			
Эпидот (Ca ₂ (Al,Fe) ₃ (SiO ₄) (Si ₂ O ₇)O(OH))	240, 520, 880, 1020	1020 (ν Si-O) 880 (ν Si ₂ O ₇ мостик) 520 (δ Si-O)	-	240 (Ca-O) 480 (Al-OH) 3400 (OH)
Везувиан (Ca ₁₀ (Mg,Fe) ₂ Al ₄ (SiO ₄) ₅ (Si ₂ O ₇) ₂ (OH,F) ₄)	250, 600, 870, 1000	1000 (ν Si-O) 870 (ν Si ₂ O ₇ мостик) 600 (δ Si-O)	-	250 (Ca-O) 680 (Mg-OH) 3650 (OH)
Силикаты островные (Неосиликаты)	<i>Характерны изолированные SiO₄ тетраэдры</i>			
Альмандин (Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃)	170, 350, 565, 915	915 (ν Si-O изолир.) 565 (δ Si-O) 350 (δ O-Si-O)	-	170 (Fe-O) 400-500 (катион-О)
Оливин ((Mg,Fe) ₂ SiO ₄)	820, 855 (дублет)	820, 855 (ν Si-O дублет) 600, 650 (δ Si-O) 480 (δ O-Si-O)	-	300 (Mg/Fe-O) 150-250 (решетчатые)
Топаз (Al ₂ SiO ₄ (F,OH) ₂)	200, 350, 1010	1010 (ν Si-O) 810, 840 (ν_s Si-O) 350 (δ Si-O)	-	200 (Al-O) 850, 900 (Al-OH) 3650 (OH)
Циркон (ZrSiO ₄)	225, 393, 440, 1008	1008 (ν Si-O) 610 (δ Si-O) 440 (δ O-Si-O)	-	393 (Zr-O) 225 (решетчатая)
Карбонаты	<i>Доминируют колебания CO₃²⁻ групп</i>	-		
Арагонит (CaCO ₃)	155, 207, 710, 1085	-	1085 (ν_1 C-O симм.) 710 (ν_4 C-O деформ.) 210, 280 (δ CO ₃)	155, 207 (решетчатые) 180 (Ca-O)

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , VO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион-О)
Доломит ($CaMg(CO_3)_2$)	175, 301, 728, 1097	-	1097 (ν_1 C-O симм.) 728 (ν_4 C-O деформ.) 301 (δ CO_3)	175 (решетчатая) -
Кальцит ($CaCO_3$)	155, 282, 714, 1086	-	1086 (ν_1 C-O симм.) 714 (ν_4 C-O деформ.) 282 (δ CO_3)	155 (решетчатая) -
Магнезит ($MgCO_3$)	210, 330, 745, 1095	-	1095 (ν_1 C-O симм.) 745 (ν_4 C-O деформ.) 330 (δ CO_3)	210 (Mg-O) -
Родохрозит ($MnCO_3$)	180, 290, 720, 1085	-	1085 (ν_1 C-O симм.) 720 (ν_4 C-O деформ.) 290 (δ CO_3)	180 (Mn-O) -
Сидерит ($FeCO_3$)	185, 295, 732, 1085	-	1085 (ν_1 C-O симм.) 732 (ν_4 C-O деформ.) 295 (δ CO_3)	185 (Fe-O) -
Сульфаты	Доминируют колебания SO_4^{2-} групп	-		

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион- О)
Алунит ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$)	430, 990, 1070	-	990 (ν_1 SO_4 симм.) 1070, 1160 (ν_3 SO_4 асимм.) 430 (ν_4 SO_4 деформ.)	650, 700 (Al- ОН) 3480 (ОН)
Алуноген ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 17H_2O$)	420, 980, 1080	-	980 (ν_1 SO_4) 1080 (ν_3 SO_4) 420 (ν_4 SO_4)	3200-3500 (H_2O) 1680 (H-O-H)
Аммоний-ярозит ($(NH_4)Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$)	430, 990, 1070	-	990 (ν_1 SO_4) 1070 (ν_3 SO_4) 430 (ν_4 SO_4)	3380, 3480 (ОН) -
Ангидрит ($CaSO_4$)	420, 1010, 1130	-	1010 (ν_1 SO_4) 1130 (ν_3 SO_4) 420 (ν_4 SO_4)	610 (Ca-O) -
Барит ($BaSO_4$)	460, 990, 1140	-	990 (ν_1 SO_4) 1140 (ν_3 SO_4) 460 (ν_4 SO_4)	185 (Ba-O) -
Брошантит ($Cu_4SO_4(OH)_6$)	440, 980, 1070	-	980 (ν_1 SO_4) 1070 (ν_3 SO_4) 440 (ν_4 SO_4)	3480, 3560 (ОН) 290 (Cu-O)

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион- О)
Галотрихит ($Fe^{2+}Al_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$)	420, 980, 1080	-	980 (ν_1 SO_4) 1080 (ν_3 SO_4) 420 (ν_4 SO_4)	3200-3500 (H_2O) 480 (Fe-O)
Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	415, 1010, 1140	-	1010 (ν_1 SO_4) 1140 (ν_3 SO_4) 415 (ν_4 SO_4)	3400 (ОН воды) 1620 (H-O-H)
Квасцы ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$)	420, 980, 1080	-	980 (ν_1 SO_4) 1080 (ν_3 SO_4) 420 (ν_4 SO_4)	3200-3500 (H_2O) 185 (K-O)
Масканьит ($(NH_4)_2SO_4$)	450, 975, 1100	-	975 (ν_1 SO_4) 1100 (ν_3 SO_4) 450 (ν_4 SO_4)	-
Натроалунит ($NaAl_3(SO_4)_2(OH)_6$)	430, 990, 1070	-	990 (ν_1 SO_4) 1070 (ν_3 SO_4) 430 (ν_4 SO_4)	650, 700 (Al- ОН) 3480 (ОН)
Феррикопиапит ($Fe^{3+}_4(SO_4)_6(OH)_2 \cdot 20H_2O$)	420, 980, 1080	-	980 (ν_1 SO_4) 1080 (ν_3 SO_4) 420 (ν_4 SO_4)	3200-3500 (H_2O) 440 (Fe-O)
Чермигит ($(NH_4)Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$)	420, 980, 1080	-	980 (ν_1 SO_4) 1080 (ν_3 SO_4) 420 (ν_4 SO_4)	3200-3500 (H_2O) -

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион- О)
Эпсомит ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)	450, 1000, 1140	-	1000 (ν_1 SO_4) 1140 (ν_3 SO_4) 450 (ν_4 SO_4)	3200-3500 (H_2O) 300 (Mg-O)
Ярозит ($KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$)	430, 990, 1070	-	990 (ν_1 SO_4) 1070 (ν_3 SO_4) 430 (ν_4 SO_4)	3380, 3480 (ОН) -
Фосфаты	Доминируют колебания PO_4^{3-} групп	-		
Апатит ($Ca_5(PO_4)_3(F,OH,Cl)$)	430, 590, 970, 1075	-	970 (ν_1 PO_4 симм.) 1075 (ν_3 PO_4 асимм.) 430, 590 (ν_4 PO_4 деформ.)	250 (Ca-O) 3570 (ОН)
Вавеллит ($Al_3(PO_4)_2(OH,F)_3 \cdot 5H_2O$)	370, 580, 960, 1050	-	960 (ν_1 PO_4) 1050 (ν_3 PO_4) 370, 580 (ν_4 PO_4)	3250 (H_2O) 3480 (ОН)
Вивианит ($Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$)	380, 550, 950, 1040	-	950 (ν_1 PO_4) 1040 (ν_3 PO_4) 380, 550 (ν_4 PO_4)	3200-3500 (H_2O) 350 (Fe-O)
Ксенотим (YPO_4)	390, 650, 1000, 1057	-	1000 (ν_1 PO_4) 1057 (ν_3 PO_4) 390, 650 (ν_4 PO_4)	482 (Y-O) -

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, ОН, катион- О)
Монацит ((Ce,La,Nd,Th)PO ₄)	390, 650, 965, 1050	-	965 (ν ₁ PO ₄) 1050 (ν ₃ PO ₄) 390, 650 (ν ₄ PO ₄)	460 (REE-O) -
Торбернит (Cu(UO ₂) ₂ (PO ₄) ₂ ·12H ₂ O)	380, 560, 950, 1050	-	950 (ν ₁ PO ₄) 1050 (ν ₃ PO ₄) 380, 560 (ν ₄ PO ₄)	830 (U-O ₂) 3200-3550 (H ₂ O)
Оксиды и гидроксиды	Характерны металл- кислородные колебания	-	-	
Бёмит (γ-AlOОН)	365, 485, 675, 3300	-	-	365, 485, 675 (Al-O) 3300 (ОН) 1070 (ОН деформ.)
Гематит (Fe ₂ O ₃)	225, 245, 293, 410, 498, 612	-	-	225, 410, 612 (Fe-O) 245, 293, 498 (решетчатые)
Гётит (α-FeOОН)	245, 300, 390, 480, 550, 685	-	-	390, 550 (Fe-O) 245, 685 (Fe-O-H) 3150 (ОН)
Гиббсит (Al(OH) ₃)	250, 325, 425, 520, 3520	-	-	250, 425 (Al- O) 325, 520 (Al- ОН) 3520 (ОН)
Корунд (Al ₂ O ₃)	378, 418, 430, 577, 645, 750	-	-	378, 418, 577, 645 (Al- O) 430, 750 (решетчатые)

Минерал	Основные рамановские полосы (Наиболее характерные пики)	Si-O колебания (Кремнекислородные тетраэдры)	Анионные группы (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , BO_3^{3-})	Решетчатые моды и другие (Внешние колебания, OH, катион-О)
Лепидокрокит (γ -FeOOH)	250, 310, 380, 525, 650	-	-	380, 525 (Fe-O) 250, 650 (Fe-O-H) 3140 (OH)
Магнетит (Fe_3O_4)	310, 538, 668	-	-	310, 668 (Fe-O октаэдр) 538 (Fe-O тетраэдр)
Рутил (TiO_2)	143, 447, 612, 826	-	-	143, 447, 612, 826 (Ti-O) 240, 360 (решетчатые)
Другие важные минералы	Характерные спектры различных структур	-	-	
Графит (C)	1350, 1580	-	-	1350 (D-полоса, дефекты) 1580 (G-полоса, граф. решетка)
Ильменит ($FeTiO_3$)	230, 365, 685	-	-	365 (Ti-O) 685 (Fe-O) 230 (решетчатая)
Флюорит (CaF_2)	290, 322	-	-	322 (Ca-F) 290 (решетчатая)

Специальные примечания для рамановской спектроскопии

Основные различия с ИК-спектроскопией:

- Правила отбора:** Рамановская спектроскопия основана на изменении поляризуемости молекул, а не дипольного момента (как ИК)
- Симметричные колебания:** В рамановских спектрах наиболее активны симметричные валентные колебания (ν_1)

3. **Решетчатые моды:** Внешние колебания ($<300\text{ см}^{-1}$) хорошо видны в рамановских спектрах
4. **Флуоресценция:** Может мешать получению качественных спектров
5. **Ориентационные эффекты:** Интенсивность пиков зависит от кристаллографической ориентации

Интерпретация спектров:

- **3000-3700 см^{-1} :** OH и H_2O группы (как в ИК)
- **1500-1700 см^{-1} :** деформационные колебания воды
- **1000-1400 см^{-1} :** валентные колебания SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-}
- **800-1200 см^{-1} :** Si-O валентные колебания
- **400-800 см^{-1} :** деформационные и изгибные колебания
- **100-400 см^{-1} :** решетчатые моды, внешние колебания

Преимущества рамановской спектроскопии:

- Неразрушающий анализ
- Минимальная подготовка образца
- Высокое пространственное разрешение ($\sim 1\text{ мкм}$)
- Хорошо подходит для анализа через прозрачные окна
- Эффективна для кристаллических материалов
- Возможность определения полиморфов

Ограничения:

- Флуоресценция образцов
- Термическое разрушение при высокой мощности лазера
- Слабые сигналы от некоторых минералов
- Ориентационные эффекты в монокристаллах

Данная таблица составлена на основе литературных данных по рамановской спектроскопии минералов и предназначена для качественной идентификации минеральных фаз.