

AM-91-456

Prograde amphibole dehydration reactions during high-grade regional metamorphism, central Massachusetts, U.S.A.

Kurt Hollocher

For deposit: Appendix I

78 no. 5-6

American Mineralogist, 0, , 956-970.

Table 1. Electron probe analyses and structural formulae of magnetites.

Sample:	Magnetite					Spinel	
	67	72	73	74	75	72	72
n	8	6	13	5	5	5	14
TiO2	0.11	0.03	0.07	0.25	0.09	0.01	0.01
Al2O3	0.41	0.44	0.27	0.57	0.39	58.96	58.96
Fe2O3	68.20	68.92	69.30	68.34	68.34	3.46	3.46
FeO	31.11	31.29	31.22	31.35	31.04	25.67	25.67
MnO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.27	0.27
MgO	0.02	0.04	0.05	0.01	0.04	7.75	7.75
ZnO		0.05				3.68	3.68
Total	99.86	100.78	100.92	100.53	99.94	99.80	99.80
Structural formulae calculated to 3 oxygens and 2 cations							
Ti	0.003	0.001	0.002	0.007	0.003	0.000	0.000
Al	0.019	0.020	0.012	0.026	0.018	1.929	1.929
Fe3+	1.975	1.978	1.987	1.964	1.978	0.072	0.072
Sum	1.997	1.999	2.001	1.997	1.999	2.001	2.001
Fe2+	1.001	0.998	0.995	1.001	0.998	0.596	0.596
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.006
Mg	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.321	0.321
Zn		0.001				0.075	0.075
Sum	1.002	1.001	0.998	1.002	1.001	0.998	0.998
Total	2.999	3.000	2.999	2.999	3.000	2.999	2.999
MgAl2O4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	32.1	32.1
ZnAl2O4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	7.5	7.5
FeAl2O4	0.9	0.7	0.3	1.2	0.7	56.9	56.9
Fe2TiO4	0.3	0.1	0.2	0.7	0.3	0.0	0.0
MnFe2O4		0.0				0.6	0.6
Fe3O4	98.8	98.9	99.2	98.0	98.8	3.0	3.0

Table 2. Continued.

		Orthoclase															
		79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	85	87	88		
		9	9	11	5	9	11	9	10	7	12	10	6	2	6		
46.47	58.09	57.27	55.62	56.27	56.20	59.69	56.03	57.37	61.39	56.34	63.50	63.07	62.78	18.46	18.98	18.80	
34.54	26.98	27.48	28.51	28.06	27.61	25.24	28.55	27.15	24.42	28.11	18.46	18.98	18.80	0.03	0.07	0.02	
17.77	8.54	9.23	10.67	9.63	9.54	6.74	9.93	9.12	5.45	9.72	0.03	0.07	0.02	0.72	1.15	1.06	
1.38	6.51	6.41	5.51	6.06	5.88	7.57	5.78	6.39	8.33	6.08	15.40	13.93	13.97	0.61	2.06	2.61	
0.02	0.24	0.19	0.08	0.12	0.25	0.34	0.05	0.16	0.21	0.05	98.72	99.26	99.24	0.61	2.06	2.61	
100.18	100.36	100.58	100.39	100.14	99.48	99.59	100.34	100.20	99.85	100.30	98.72	99.26	99.24	0.61	2.06	2.61	
2.132	2.589	2.555	2.493	2.523	2.536	2.671	2.507	2.567	2.728	2.522	2.981	2.958	2.958	1.021	1.049	1.044	
1.867	1.417	1.445	1.506	1.483	1.468	1.331	1.505	1.432	1.279	1.483	4.002	4.007	4.002	4.002	4.007	4.002	
3.999	4.006	4.000	3.999	4.006	4.004	4.002	4.012	3.999	4.007	4.005	0.873	0.408	0.441	0.512	0.463	0.461	
0.873	0.408	0.441	0.512	0.463	0.461	0.323	0.476	0.437	0.259	0.466	0.002	0.004	0.001	0.123	0.563	0.554	
0.123	0.563	0.554	0.479	0.527	0.514	0.657	0.501	0.554	0.718	0.528	0.066	0.105	0.097	0.001	0.014	0.011	
0.001	0.014	0.011	0.005	0.007	0.014	0.019	0.003	0.009	0.012	0.003	0.922	0.833	0.840	0.997	0.985	1.006	
0.997	0.985	1.006	0.996	0.997	0.989	0.999	0.980	1.000	0.990	0.997	5.003	4.997	4.988	4.996	4.991	5.006	
4.996	4.991	5.006	4.995	5.003	4.993	5.001	4.992	4.999	4.997	5.002	5.003	4.987	4.988	87.1	41.5	44.2	
87.1	41.5	44.2	51.0	47.2	46.6	32.7	49.3	43.5	27.0	47.4	1.4	3.9	3.7	12.8	57.1	54.7	
12.8	57.1	54.7	48.5	52.1	52.0	65.4	50.4	55.6	71.7	52.3	92.1	85.0	85.2	0.1	1.4	1.1	
0.1	1.4	1.1	0.5	0.7	1.4	1.9	0.3	0.9	1.2	0.3	1.1	3.9	4.9	0.0	0.0	0.1	
						0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	1.1	3.9	4.9				

Table 3. Electron probe analyses and structural formulae of biotite.

Sample:	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	76	77	78	79	80	81	82	83	84
n	1	1	2	6	5	1	5	4	9	4	5	4	3	11	3	3	4	4	4
SiO ₂	38.22	38.21	38.60	38.24	37.77	37.50	36.28	36.58	38.45	37.85	37.25	37.74	37.84	41.90	36.01	35.55	39.02	37.23	37.82
TiO ₂	1.71	1.86	1.44	2.43	1.88	3.36	2.97	3.77	2.98	2.29	3.42	3.66	3.53	3.00	4.12	5.29	3.85	5.91	5.27
Al ₂ O ₃	17.32	16.66	16.59	16.62	18.03	17.02	16.66	16.29	16.86	17.07	15.58	15.47	16.11	14.73	15.19	13.96	15.95	14.61	14.63
Fe ₂ O ₃	2.33	3.83	3.90	4.48	2.40	1.83	2.92	3.35	5.55	3.41	1.96	3.60	3.69	1.18	3.13	2.89	1.26	3.16	2.48
FeO	10.09	9.71	8.64	11.65	10.85	13.46	17.13	18.19	8.80	10.64	17.87	12.66	9.75	5.99	19.36	21.97	10.28	12.86	14.20
MnO	0.01	0.07	0.10	0.03	0.07	0.02	0.06	0.04	0.03	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.10	0.11	0.05	0.07	0.08
MgO	17.59	16.35	17.60	14.47	16.14	13.64	10.80	9.98	15.32	15.91	11.34	14.38	15.75	20.43	9.52	7.87	16.75	13.56	12.94
CaO	0.09	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00
Na ₂ O	0.68	0.36	0.24	0.42	0.38	0.43	0.30	0.23	0.58	0.63	0.21	0.33	0.54	0.32	0.13	0.08	0.40	0.10	0.06
K ₂ O	7.09	8.71	8.76	8.22	8.33	7.80	8.65	7.64	8.19	8.00	8.96	8.66	8.31	8.47	8.76	9.02	8.61	9.05	9.43
Cl	0.02							0.01							0.31				
Total	95.15	95.82	95.91	96.56	95.85	95.06	95.77	96.08	96.78	95.90	96.62	96.53	95.56	96.04	96.67	96.75	96.19	96.57	96.91

Structural formulae calculated to 11 oxygens; see below for ferric iron correction type.

[4]	Si	Al	Sum	Al	Fe ₃₊	Ti	Mg	Fe ₂₊	Mn	Sum	Ca	Na	K	Sum	Total	Cl	Correction type*	Fe ₃₊ /Fet	Mg/(Mg+Fe _t)	Mg/(Mg+Fe ₂₊)	Mg/(Mg+Fe ₂₊ +Mn)	K/(K+Na)	
	2.762	2.774	2.784	2.775	2.736	2.765	2.732	2.744	2.756	2.747	2.784	2.762	2.754	2.938	2.735	2.734	2.806	2.737	2.782				
	1.238	1.226	1.216	1.225	1.264	1.235	1.268	1.256	1.244	1.253	1.216	1.238	1.246	1.062	1.265	1.266	1.194	1.263	1.218				
	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000				
[6]	0.237	0.199	0.194	0.197	0.276	0.244	0.211	0.184	0.180	0.207	0.156	0.096	0.136	0.155	0.095	-0.001	0.158	0.003	0.050				
	0.127	0.209	0.212	0.245	0.131	0.102	0.165	0.189	0.299	0.186	0.110	0.198	0.202	0.062	0.179	0.167	0.068	0.175	0.137				
	0.093	0.102	0.078	0.133	0.102	0.186	0.168	0.213	0.161	0.125	0.192	0.201	0.193	0.158	0.235	0.306	0.208	0.327	0.292				
	1.895	1.770	1.892	1.566	1.743	1.499	1.213	1.116	1.637	1.721	1.263	1.569	1.709	2.135	1.078	0.902	1.796	1.486	1.419				
	0.610	0.590	0.521	0.707	0.657	0.830	1.079	1.141	0.527	0.646	1.117	0.775	0.593	0.351	1.230	1.413	0.618	0.791	0.874				
	0.001	0.004	0.006	0.002	0.004	0.001	0.004	0.003	0.002	0.004	0.002	0.001	0.001	0.000	0.006	0.007	0.003	0.004	0.005				
	2.963	2.874	2.903	2.850	2.913	2.862	2.840	2.846	2.806	2.889	2.840	2.840	2.834	2.861	2.823	2.794	2.951	2.786	2.777				
A	0.007	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.000	0.000				
	0.095	0.051	0.034	0.059	0.053	0.061	0.044	0.033	0.081	0.089	0.030	0.047	0.076	0.044	0.019	0.012	0.056	0.014	0.009				
	0.654	0.807	0.806	0.761	0.770	0.734	0.831	0.731	0.749	0.741	0.854	0.809	0.772	0.758	0.849	0.865	0.790	0.849	0.885				
	0.756	0.863	0.843	0.820	0.823	0.795	0.875	0.764	0.832	0.832	0.884	0.858	0.850	0.804	0.871	0.998	0.848	0.863	0.894				
Total	7.719	7.737	7.746	7.670	7.736	7.657	7.715	7.610	7.638	7.721	7.724	7.698	7.684	7.665	7.694	7.692	7.699	7.649	7.671				
Cl	0.003							0.001						0.040					0.003				
Correction type*	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	G	G	G	H	H	H	H	H				
Fe ₃₊ /Fet	0.172	0.262	0.289	0.257	0.166	0.109	0.133	0.142	0.362	0.224	0.090	0.203	0.254	0.150	0.127	0.106	0.099	0.181	0.136				
Mg/(Mg+Fe _t)	0.720	0.689	0.721	0.622	0.689	0.617	0.494	0.456	0.665	0.674	0.507	0.617	0.683	0.838	0.433	0.363	0.724	0.606	0.584				
Mg/(Mg+Fe ₂₊)	0.756	0.750	0.784	0.689	0.726	0.644	0.529	0.494	0.756	0.727	0.531	0.669	0.742	0.859	0.467	0.390	0.744	0.653	0.619				
Mg/(Mg+Fe ₂₊ +Mn)	0.756	0.749	0.782	0.688	0.725	0.643	0.528	0.494	0.756	0.726	0.530	0.669	0.742	0.859	0.466	0.388	0.743	0.651	0.617				
K/(K+Na)	0.873	0.941	0.960	0.928	0.936	0.923	0.950	0.957	0.902	0.893	0.966	0.945	0.910	0.945	0.978	0.987	0.934	0.984	0.990				

*See Appendix for explanations of ferric iron correction types.

Table 3. Continued.

	85	86	87	88	89
	6	4	4	8	9
	36.41	36.33	36.36	37.48	38.17
	3.71	4.33	4.83	4.30	3.22
	15.15	15.18	14.47	15.69	16.86
	2.17	5.32	2.79	2.34	3.51
	19.47	14.14	15.58	14.72	11.21
	0.14	0.04	0.05	0.04	0.06
	10.37	12.30	11.89	12.93	14.92
	0.00	0.00	0.05	0.00	0.01
	0.04	0.09	0.06	0.11	0.43
	9.19	9.20	9.26	9.32	7.85
	96.65	96.93	95.34	96.93	96.24
	2.755	2.697	2.748	2.758	2.761
	1.245	1.303	1.252	1.242	1.239
	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
	0.106	0.025	0.037	0.119	0.199
	0.124	0.297	0.159	0.130	0.191
	0.211	0.242	0.275	0.238	0.175
	1.170	1.361	1.340	1.418	1.609
	1.232	0.878	0.985	0.906	0.678
	0.009	0.003	0.003	0.002	0.004
	2.852	2.806	2.799	2.813	2.856
	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001
	0.006	0.013	0.009	0.016	0.060
	0.887	0.871	0.893	0.875	0.724
	0.893	0.884	0.906	0.891	0.785
	7.745	7.690	7.705	7.704	7.641
	O	H	A	O	G
	0.091	0.253	0.139	0.125	0.220
	0.463	0.537	0.539	0.578	0.649
	0.487	0.608	0.576	0.610	0.704
	0.485	0.607	0.576	0.610	0.702
	0.993	0.985	0.990	0.982	0.923

Table 5. Electron probe analyses and structural formulae of hornblende.

Sample:	Prograde hornblende																		
	60	61	62	64	65a	66a	66b	67	68	69	70	71	72	73	74a	74b	75	76	79
n	12	18	10	10	19	9	5	15	11	14	10	9	25	10	6	6	10	15	30
SiO ₂	44.77	46.37	46.03	45.89	46.20	45.79	44.46	44.29	43.83	46.18	44.46	45.27	43.51	43.84	42.96	44.63	45.97	45.65	54.02
TiO ₂	0.79	0.69	0.96	0.99	0.78	0.88	0.87	0.77	1.11	1.09	1.15	0.99	1.10	1.07	0.89	1.12	1.34	1.17	0.40
Al ₂ O ₃	12.80	12.30	10.88	11.50	10.50	13.57	14.16	12.51	14.64	11.44	11.74	10.74	12.77	13.00	11.63	9.58	8.84	10.55	5.41
Fe ₂ O ₃	3.54	2.93	4.43	2.68	4.28	2.88	3.98	4.89	2.51	1.67	3.05	2.86	6.44	4.19	5.98	4.63	4.19	1.74	0.93
FeO	12.75	9.19	9.64	11.64	10.88	8.09	7.11	12.72	11.35	12.29	16.48	15.57	10.19	11.69	16.22	17.91	13.24	15.85	4.67
MnO	0.17	0.17	0.27	0.37	0.32	0.32	0.31	0.14	0.24	0.23	0.11	0.12	0.32	0.30	0.38	0.47	0.45	0.20	0.12
MgO	12.03	13.74	13.90	13.39	13.38	14.25	13.76	11.43	12.31	13.02	9.69	10.27	12.67	12.01	8.45	9.64	11.84	9.97	20.05
CaO	9.93	10.81	10.00	9.07	9.88	10.33	10.59	9.51	9.91	10.16	9.57	10.11	9.12	9.22	9.69	8.37	10.34	10.69	11.83
Na ₂ O	1.56	1.47	2.16	1.91	1.55	2.09	2.25	1.26	1.95	1.39	1.36	1.43	2.11	2.10	1.97	1.71	1.77	1.41	0.53
K ₂ O	0.23	0.16	0.16	0.21	0.24	0.14	0.14	0.25	0.26	0.21	0.39	0.41	0.24	0.25	0.42	0.30	0.34	0.55	0.16
Cl			0.01	0.01											0.01	0.01			
Total	98.57	97.83	98.44	97.66	98.01	98.34	97.63	97.77	98.11	97.68	98.00	97.77	98.47	97.67	98.60	98.37	98.32	97.78	98.12

Structural formulae calculated to 23 oxygens; see below for ferric iron correction type.

[4]	Si	6.501	6.655	6.631	6.666	6.703	6.517	6.387	6.499	6.350	6.707	6.598	6.711	6.327	6.422	6.432	6.680	6.759	6.768	7.465
	Al	1.499	1.345	1.369	1.334	1.297	1.483	1.613	1.501	1.650	1.293	1.402	1.289	1.673	1.578	1.568	1.320	1.241	1.232	0.535
	Sum	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
[6]	Al	0.692	0.736	0.478	0.635	0.498	0.793	0.785	0.663	0.850	0.665	0.651	0.587	0.516	0.666	0.484	0.370	0.291	0.611	0.346
	Fe ³⁺	0.387	0.316	0.480	0.293	0.467	0.308	0.430	0.540	0.274	0.183	0.341	0.319	0.705	0.462	0.674	0.521	0.464	0.194	0.097
	Ti	0.086	0.074	0.104	0.108	0.085	0.094	0.085	0.121	0.119	0.128	0.110	0.120	0.118	0.100	0.126	0.148	0.130	0.042	0.042
	Mg	2.604	2.940	2.985	2.900	2.894	3.023	2.947	2.500	2.659	2.819	2.144	2.270	2.747	2.623	1.886	2.151	2.595	2.204	4.130
	Fe ²⁺	1.231	0.934	0.953	1.064	1.056	0.782	0.744	1.212	1.096	1.214	1.736	1.714	0.912	1.131	1.856	1.832	1.502	1.861	0.385
	Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sum	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
M4	Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Fe ²⁺	0.317	0.169	0.208	0.350	0.264	0.181	0.110	0.349	0.279	0.279	0.309	0.216	0.327	0.301	0.175	0.410	0.126	0.104	0.155
	Mn	0.021	0.021	0.033	0.046	0.039	0.039	0.038	0.017	0.029	0.028	0.014	0.015	0.039	0.037	0.048	0.060	0.056	0.025	0.014
	Ca	1.545	1.662	1.543	1.411	1.536	1.575	1.630	1.495	1.538	1.581	1.521	1.605	1.421	1.447	1.554	1.342	1.629	1.698	1.751
	Na	0.117	0.148	0.216	0.193	0.161	0.205	0.222	0.139	0.154	0.112	0.156	0.164	0.213	0.215	0.223	0.188	0.189	0.173	0.080
	Sum	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A	Na	0.322	0.261	0.387	0.345	0.275	0.372	0.405	0.219	0.394	0.279	0.235	0.247	0.382	0.381	0.349	0.308	0.316	0.232	0.062
	K	0.043	0.029	0.029	0.039	0.044	0.025	0.026	0.047	0.048	0.039	0.074	0.078	0.045	0.047	0.080	0.057	0.064	0.104	0.028
	Sum	0.365	0.290	0.416	0.384	0.319	0.397	0.431	0.266	0.442	0.318	0.309	0.325	0.427	0.428	0.429	0.365	0.380	0.336	0.090
Total	Cl	15.365	15.290	15.416	15.384	15.319	15.397	15.431	15.266	15.442	15.318	15.309	15.325	15.427	15.428	15.429	15.365	15.380	15.336	15.090
	Correction type*	0.20	A	A	A	A	A	A	A	A	0.17	0.11	A	A	A	0.002	0.002	A	A	0.15
	Fe ³⁺ /Fet	0.200	0.223	0.293	0.172	0.261	0.242	0.335	0.257	0.166	0.109	0.143	0.142	0.363	0.244	0.249	0.189	0.222	0.090	0.152
	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0.574	0.674	0.645	0.629	0.618	0.704	0.697	0.543	0.617	0.627	0.473	0.502	0.586	0.581	0.411	0.438	0.554	0.505	0.866
	Mg/(Mg+Fe ²⁺ +Mn)	0.627	0.727	0.720	0.672	0.687	0.758	0.775	0.616	0.659	0.654	0.512	0.540	0.689	0.647	0.481	0.490	0.614	0.529	0.884
	Mg/(Ca+Na)	0.624	0.723	0.714	0.665	0.680	0.751	0.768	0.613	0.654	0.650	0.510	0.539	0.682	0.641	0.476	0.483	0.606	0.526	0.882
	Ca/(Ca+Na)	0.779	0.803	0.719	0.724	0.779	0.732	0.722	0.807	0.737	0.802	0.796	0.796	0.705	0.708	0.731	0.730	0.763	0.807	0.925

*See Appendix for explanations of ferric iron correction types.

Table 5. Continued.

		Retrograde hornblende												
		63	65b	67	69	70	75	87	80	81	82	83	84	86
		2	3	4	3	3	1	1	10	17	8	10	10	20
43.24	42.03	49.27	44.20	46.49	43.87	43.71	44.04	42.33	45.98	42.14	41.86	47.68	1.95	1.87
1.95	1.87	1.33	2.24	1.94	1.51	0.45	0.24	0.25	0.36	0.41	0.19	0.46	11.07	11.50
11.07	11.50	8.65	11.53	9.06	10.81	13.58	14.22	15.31	13.38	15.28	12.44	8.90	2.63	2.50
2.63	2.50	1.12	2.65	2.11	4.57	4.62	5.26	5.95	2.44	3.72	6.97	2.96	16.32	18.89
16.32	18.89	9.10	10.75	12.11	12.16	13.03	9.68	11.96	11.33	15.11	11.86	12.71	0.25	0.18
0.25	0.18	0.22	0.23	0.25	0.51	0.56	0.25	0.11	0.19	0.06	0.56	0.17	8.72	6.99
8.72	6.99	15.78	12.46	12.51	11.18	10.55	11.46	9.35	11.99	7.91	9.43	12.32	11.01	11.07
11.01	11.07	10.48	11.45	11.29	11.49	9.40	11.04	10.84	10.98	10.50	10.47	11.23	1.47	1.44
1.47	1.44	1.20	1.76	1.28	1.29	1.89	1.94	1.65	1.59	1.67	2.16	0.70	1.24	1.41
1.24	1.41	0.31	0.99	0.84	0.98	0.22	0.26	0.31	0.19	0.42	0.53	0.37	0.20	
0.20		0.01				0.02				0.00			98.10	97.88
98.10	97.88	97.46	98.27	97.88	98.37	98.03	98.39	98.06	98.43	97.22	96.47	97.50		
6.508	6.421	7.038	6.454	6.804	6.479	6.425	6.379	6.230	6.616	6.305	6.336	6.976	1.492	1.579
1.492	1.579	0.962	1.546	1.196	1.521	1.575	1.621	1.770	1.384	1.695	1.664	1.024	8.000	8.000
8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	0.472	0.492
0.472	0.492	0.494	0.438	0.367	0.361	0.778	0.807	0.886	0.885	0.999	0.555	0.511	0.298	0.287
0.298	0.287	0.120	0.291	0.232	0.508	0.511	0.573	0.659	0.264	0.419	0.794	0.326	0.221	0.215
0.221	0.215	0.143	0.246	0.214	0.168	0.050	0.026	0.028	0.039	0.046	0.022	0.051	1.956	1.592
1.956	1.592	3.360	2.712	2.729	2.461	2.312	2.475	2.052	2.572	1.764	2.128	2.687	2.053	2.413
2.053	2.413	0.883	1.313	1.458	1.502	1.349	1.119	1.375	1.240	1.772	1.501	1.425	0.000	0.001
0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.000	5.000
5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
0.001	0.000	0.204	0.000	0.024	0.000	0.253	0.054	0.097	0.123	0.119	0.000	0.130	0.032	0.022
0.032	0.022	0.027	0.028	0.031	0.064	0.070	0.031	0.014	0.023	0.008	0.072	0.021	1.775	1.812
1.775	1.812	1.604	1.791	1.770	1.818	1.480	1.713	1.709	1.692	1.683	1.697	1.760	0.192	0.166
0.192	0.166	0.165	0.181	0.175	0.118	0.197	0.202	0.180	0.162	0.190	0.231	0.089	2.000	2.000
2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	0.237	0.261
0.237	0.261	0.167	0.317	0.188	0.251	0.342	0.343	0.291	0.282	0.294	0.403	0.110	0.238	0.275
0.238	0.275	0.056	0.184	0.157	0.185	0.041	0.048	0.058	0.035	0.080	0.102	0.069	0.475	0.536
0.475	0.536	0.223	0.501	0.345	0.436	0.383	0.391	0.349	0.317	0.374	0.505	0.179	15.475	15.536
15.475	15.536	15.223	15.501	15.345	15.436	15.383	15.391	15.349	15.317	15.374	15.505	15.179	0.051	
0.051		0.002				0.004							13CAT	13CAT
13CAT	13CAT	0.1	13CAT	A	13CAT	A	A	A	A	A	A	A	13CAT	13CAT
													0.127	0.106
0.127	0.106	0.099	0.181	0.135	0.253	0.242	0.328	0.309	0.162	0.181	0.346	0.173	0.454	0.371
0.454	0.371	0.736	0.628	0.614	0.550	0.522	0.586	0.491	0.613	0.433	0.481	0.588	0.488	0.398
0.488	0.398	0.756	0.674	0.648	0.621	0.591	0.678	0.582	0.654	0.483	0.586	0.633	0.484	0.395
0.484	0.395	0.751	0.669	0.643	0.611	0.580	0.673	0.580	0.650	0.482	0.575	0.630	0.805	0.809
0.805	0.809	0.829	0.782	0.830	0.831	0.733	0.759	0.784	0.792	0.777	0.728	0.898		

Table 6. Electron probe analyses and structural formulae of cummingtonite.

Sample:	Prograde cummingtonite																
	60	61	62	63	64	65a	65b	67	69	70	71	72	74a	74b	76	78	82
n	13	14	10	10	10	10	11	15	10	11	5	7	6	5	11	8	9
SiO ₂	52.87	55.24	53.56	52.00	53.41	53.84	54.50	52.54	53.46	51.47	52.46	52.82	51.24	50.85	53.03	53.89	55.09
TiO ₂	0.19	0.08	0.17	0.23	0.23	0.10	0.08	0.18	0.18	0.29	0.13	0.27	0.14	0.22	0.09	0.12	0.17
Al ₂ O ₃	3.02	1.17	2.07	2.93	3.20	1.71	1.27	3.46	2.22	3.06	1.71	3.01	1.94	2.61	1.39	2.87	1.63
Fe ₂ O ₃	2.21	0.38	2.75	2.14	1.01	1.94	0.80	1.88	1.54	1.26	1.77	1.87	2.30	2.79	0.46	0.96	0.41
FeO	19.10	19.49	16.37	20.37	17.87	18.62	19.27	20.92	19.66	24.90	24.74	18.46	26.09	24.64	25.47	19.65	17.10
MnO	0.37	0.44	0.62	1.44	0.71	0.74	0.80	0.31	0.46	0.30	0.27	0.53	0.78	0.81	0.44	0.42	0.43
MgO	18.63	20.55	20.34	16.82	18.77	19.60	19.93	17.52	18.84	14.14	15.44	18.92	13.80	13.64	15.59	19.69	21.44
CaO	1.61	0.81	1.70	1.60	1.83	1.26	0.91	1.42	1.44	2.07	1.60	1.59	1.25	2.15	1.20	0.13	1.22
Na ₂ O	0.33	0.10	0.38	0.45	0.49	0.24	0.16	0.38	0.25	0.40	0.15	0.33	0.34	0.49	0.14	0.37	0.15
K ₂ O	0.02	0.00	0.02	0.12	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.07	0.04	0.01	0.02
Cl			0.00	0.01	0.00						0.01		0.01	0.01			
Total	98.35	98.26	97.98	98.11	97.54	98.07	97.74	98.62	98.07	97.92	98.30	97.82	97.92	98.28	97.85	98.11	97.66

Structural formulae calculated to 23 oxygens; see below for ferric iron correction type.

[4]	ferric iron correction type																
	Si	Al	Sum	Al	Fe ₃₊	Ti	Mg	Fe ₂₊	Mn	Sum	Mg	Fe ₂₊	Mn	Sum	Mg	Fe ₂₊	Mn
[4]	7.601	7.873	7.657	7.594	7.681	7.737	7.839	7.583	7.706	7.638	7.737	7.612	7.680	7.582	7.842	7.710	7.828
	0.399	0.127	0.343	0.406	0.319	0.263	0.161	0.417	0.294	0.362	0.263	0.388	0.320	0.418	0.158	0.290	0.172
Sum	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
[6]	0.113	0.070	0.006	0.098	0.223	0.027	0.054	0.172	0.083	0.173	0.034	0.123	0.023	0.041	0.084	0.194	0.101
	0.239	0.041	0.296	0.235	0.109	0.210	0.087	0.204	0.167	0.141	0.196	0.203	0.259	0.313	0.051	0.103	0.044
Ti	0.021	0.009	0.018	0.025	0.011	0.009	0.020	0.020	0.020	0.032	0.014	0.029	0.016	0.025	0.010	0.013	0.018
Mg	3.993	4.366	4.335	3.662	4.024	4.199	4.273	3.770	4.048	3.128	3.395	4.065	3.083	3.032	3.437	4.199	4.541
Fe ₂₊	0.634	0.514	0.345	0.980	0.619	0.553	0.577	0.834	0.682	1.526	1.361	0.580	1.619	1.589	1.418	0.491	0.296
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
M4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ₂₊	1.662	1.809	1.612	1.508	1.530	1.685	1.741	1.691	1.688	1.564	1.690	1.645	1.651	1.484	1.732	1.860	1.736
Mn	0.045	0.053	0.075	0.178	0.086	0.090	0.097	0.038	0.056	0.038	0.034	0.065	0.099	0.102	0.055	0.051	0.052
Ca	0.248	0.124	0.260	0.250	0.282	0.194	0.140	0.220	0.222	0.329	0.253	0.245	0.201	0.343	0.190	0.020	0.186
Na	0.045	0.014	0.053	0.064	0.102	0.031	0.022	0.051	0.034	0.069	0.023	0.045	0.049	0.071	0.023	0.069	0.026
Sum	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A	0.047	0.014	0.052	0.063	0.035	0.036	0.023	0.055	0.036	0.046	0.020	0.047	0.050	0.071	0.017	0.034	0.015
K	0.004	0.000	0.004	0.022	0.004	0.004	0.004	0.002	0.004	0.006	0.004	0.004	0.006	0.013	0.008	0.002	0.004
Sum	0.051	0.014	0.056	0.085	0.039	0.040	0.027	0.057	0.040	0.052	0.024	0.051	0.056	0.084	0.025	0.036	0.019
Total	15.051	15.014	15.056	15.085	15.039	15.040	15.027	15.057	15.040	15.052	15.024	15.051	15.056	15.084	15.025	15.036	15.019
Cl				0.002							0.002		0.002	0.002			
Correction type*	B	C	B	B	C	B	B	B	B	C	B	B	B	B	C	C	C
Fe ₃₊ /Fe _t	0.094	0.017	0.131	0.086	0.048	0.086	0.036	0.075	0.066	0.044	0.060	0.084	0.073	0.092	0.016	0.042	0.021
Mg/(Mg+Fe _t)	0.612	0.649	0.658	0.574	0.641	0.632	0.640	0.590	0.615	0.492	0.511	0.626	0.466	0.472	0.518	0.631	0.686
Mg/(Mg+Fe ₂₊)	0.635	0.653	0.689	0.595	0.652	0.652	0.648	0.599	0.631	0.503	0.527	0.646	0.485	0.497	0.522	0.641	0.691
Mg/(Mg+Fe ₂₊ +Mn)	0.630	0.648	0.681	0.579	0.643	0.643	0.639	0.595	0.625	0.500	0.524	0.640	0.478	0.488	0.517	0.636	0.685
Ca/(Ca+Na)	0.729	0.816	0.712	0.663	0.673	0.743	0.757	0.675	0.760	0.741	0.855	0.727	0.670	0.707	0.826	0.163	0.819

*See Appendix for explanations of ferric iron correction types.

Table 6. Continued.

Retrograde cummingtonite	75	87	89
	3	3	2
	53.93	53.74	52.32
	0.05	0.07	0.14
	0.68	0.75	4.62
	0.24	0.90	1.81
	23.34	23.86	19.76
	1.20	0.52	0.34
	17.53	17.21	18.18
	0.43	0.80	0.74
	0.06	0.07	0.54
	0.01	0.00	0.01
	0.00		
	97.47	97.92	98.46

	7.921	7.878	7.507
	0.079	0.122	0.493
	8.000	8.000	8.000
	0.039	0.008	0.288
	0.027	0.099	0.195
	0.006	0.008	0.015
	3.838	3.761	3.889
	1.090	1.124	0.613
	0.000	0.000	0.000
	5.000	5.000	5.000

	0.000	0.000	0.000
	1.777	1.801	1.758
	0.149	0.065	0.041
	0.068	0.126	0.114
	0.006	0.008	0.087
	2.000	2.000	2.000

	0.011	0.012	0.063
	0.002	0.000	0.002
	0.013	0.012	0.065

15.013 15.012 15.065

	B	B	C
	0.009	0.033	0.076
	0.570	0.554	0.602
	0.572	0.563	0.621
	0.560	0.557	0.617
	0.800	0.863	0.432

Table 7. Electron probe analyses and structural formulae of orthoamphiboles.

Sample:	Prograde orthoamphiboles													Exsolution
	62	64	65b	66a	66b	66b	68	72	73	77	78a	89	77	
n	10	9	15	13	12	9	4	23	9	13	13	10	3	
SiO ₂	53.43	51.94	53.72	47.64	49.86	48.16	43.17	45.54	44.66	44.49	42.98	41.24	53.50	
TiO ₂	0.15	0.34	0.10	0.46	0.35	0.42	0.57	0.61	0.63	0.97	0.67	0.97	0.15	
Al ₂ O ₃	2.70	4.81	2.21	11.59	8.73	11.01	15.89	10.83	13.34	11.77	15.44	17.46	3.48	
Fe ₂ O ₃	1.10	1.27	1.41	1.40	1.48	1.65	3.51	4.12	2.57	2.58	3.04	2.44	1.45	
FeO	18.40	17.94	18.51	14.66	14.79	14.38	15.88	17.48	17.39	20.49	18.44	17.83	20.41	
MnO	0.73	0.73	0.80	0.77	0.74	0.69	0.48	0.55	0.55	0.37	0.43	0.38	0.27	
MgO	20.28	18.97	20.55	19.11	20.30	19.57	16.17	16.42	15.88	14.53	14.82	13.99	18.45	
CaO	0.62	0.66	0.53	0.73	0.68	0.76	0.85	0.83	0.95	0.72	0.27	0.78	0.39	
Na ₂ O	0.44	0.77	0.31	1.66	1.24	1.60	2.00	1.72	1.94	1.89	2.05	2.34	0.44	
K ₂ O	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.03	0.02	
Cl	0.00	0.00												
Total	97.86	97.44	98.16	98.02	98.19	98.27	98.53	98.11	97.92	97.85	98.15	97.46	98.56	

Structural formulae calculated to 23 oxygens; see below for ferric iron correction type.													
[4] Si	7.660	7.481	7.686	6.771	7.055	6.819	6.210	6.633	6.487	6.564	6.262	6.050	7.658
Al	0.340	0.519	0.314	1.229	0.945	1.181	1.790	1.367	1.513	1.436	1.738	1.950	0.342
Sum	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
[6] Al	0.116	0.297	0.059	0.712	0.511	0.656	0.904	0.492	0.771	0.611	0.913	1.069	0.245
Fe ₃₊	0.119	0.138	0.152	0.150	0.158	0.176	0.380	0.452	0.281	0.286	0.333	0.269	0.156
Ti	0.016	0.037	0.011	0.049	0.037	0.045	0.062	0.067	0.069	0.108	0.073	0.107	0.016
Mg	4.334	4.073	4.383	4.049	4.282	4.123	3.467	3.565	3.439	3.196	3.219	3.060	3.937
Fe ₂₊	0.415	0.455	0.395	0.040	0.012	0.000	0.187	0.424	0.440	0.799	0.462	0.495	0.646
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
M4 Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ₂₊	1.791	1.706	1.820	1.702	1.738	1.703	1.723	1.705	1.672	1.729	1.785	1.693	1.797
Mn	0.089	0.089	0.097	0.093	0.089	0.083	0.058	0.068	0.068	0.046	0.053	0.047	0.033
Ca	0.095	0.102	0.081	0.111	0.103	0.115	0.131	0.129	0.148	0.114	0.042	0.123	0.060
Na	0.025	0.103	0.002	0.094	0.070	0.092	0.088	0.098	0.112	0.111	0.120	0.137	0.110
Sum	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A Na	0.097	0.112	0.084	0.363	0.270	0.347	0.470	0.388	0.434	0.430	0.459	0.529	0.012
K	0.002	0.002	0.004	0.000	0.004	0.005	0.002	0.002	0.002	0.008	0.002	0.006	0.004
Sum	0.099	0.114	0.088	0.363	0.274	0.352	0.472	0.390	0.436	0.438	0.461	0.535	0.016
Total	15.099	15.114	15.088	15.363	15.274	15.352	15.472	15.390	15.436	15.438	15.461	15.535	15.016
Correction type*	D (O.06)	D	D	D	D	D	Hbl	D	D	D	D	D	(0.06)
Fe ₃₊ /Fe _t	0.051	0.060	0.064	0.079	0.083	0.094	0.166	0.175	0.117	0.102	0.129	0.109	0.060
Mg/(Mg+Fe _t)	0.651	0.639	0.649	0.682	0.692	0.687	0.602	0.580	0.590	0.532	0.555	0.555	0.602
Mg/(Mg+Fe ₂₊)	0.663	0.653	0.664	0.699	0.710	0.708	0.645	0.626	0.620	0.558	0.589	0.583	0.617
Mg/(Mg+Fe ₂₊ +Mn)	0.654	0.644	0.655	0.688	0.700	0.698	0.638	0.619	0.612	0.554	0.583	0.578	0.614
Ca/(Ca+Na)	0.438	0.322	0.485	0.195	0.233	0.208	0.190	0.210	0.213	0.174	0.068	0.156	0.330

*See Appendix for explanations of ferric iron correction types.

Table 8. Electron probe analyses and structural formulae of pyroxenes.

Sample:	Augite								Orthopyroxene													
	80	81	83	84	86	87	74a	75	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	
n	3	8	8	10	13	10	6	6	9	9	9	10	12	6	6	11	9	10	10	12	9	
SiO2	51.64	50.58	52.66	52.38	51.64	51.99	50.10	51.69	49.91	50.20	55.33	50.48	49.47	53.26	52.67	51.88	50.01	51.20	51.09	50.77	50.15	
TiO2	0.18	0.15	0.20	0.21	0.17	0.17	0.09	0.09	0.13	0.07	0.05	0.12	0.09	0.12	0.07	0.09	0.05	0.08	0.08	0.09	0.09	
Al2O3	1.13	1.11	1.63	1.09	1.32	1.28	0.91	0.79	2.80	3.17	0.85	0.58	0.48	1.34	0.86	0.65	0.88	0.66	0.70	2.18	4.71	
Fe2O3	1.14	1.33	0.49	0.98	1.88	1.16	0.98	0.17	3.02	2.63	0.88	0.44	0.80	0.79	0.07	1.15	0.85	0.58	0.89	0.90	0.32	
FeO	13.24	16.46	9.20	9.84	10.61	11.32	31.90	27.15	24.69	23.50	13.88	32.72	36.10	20.63	25.39	25.99	32.90	29.97	28.55	27.77	25.13	
MnO	0.41	0.43	0.36	0.38	0.28	0.24	1.13	1.23	0.41	0.47	0.30	1.03	0.79	0.45	0.84	0.77	1.02	0.65	0.50	0.36	0.38	
MgO	11.19	8.98	13.62	13.43	12.27	12.66	14.71	18.36	19.17	20.18	28.88	14.33	11.98	23.70	20.17	19.17	14.08	16.67	17.49	18.09	19.22	
CaO	21.30	20.52	21.85	21.47	21.56	20.90	0.53	0.58	0.17	0.07	0.36	0.87	0.77	0.31	0.60	0.83	0.45	0.65	0.68	0.19	0.17	
Na2O	0.23	0.30	0.27	0.23	0.33	0.29	0.02	0.00	0.07	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.06	0.03	0.01	0.03	0.02	
Total	100.46	99.86	100.28	100.01	100.06	100.01	100.37	100.06	100.37	100.31	100.55	100.59	100.48	100.61	100.69	100.55	100.30	100.49	99.99	100.38	100.19	
Structural formulae calculated to 6 oxygens and 4 cations.																						
[4] Si	1.961	1.962	1.962	1.965	1.951	1.962	1.962	1.977	1.893	1.891	1.970	1.977	1.974	1.957	1.979	1.967	1.967	1.975	1.969	1.937	1.899	
Al	0.039	0.038	0.038	0.035	0.049	0.038	0.038	0.023	0.107	0.109	0.030	0.023	0.023	0.043	0.021	0.029	0.033	0.025	0.031	0.063	0.111	
Sum	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.997	2.000	2.000	1.996	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	
M1 Al	0.012	0.013	0.034	0.013	0.010	0.019	0.004	0.013	0.018	0.032	0.006	0.004	0.000	0.015	0.017	0.000	0.008	0.005	0.001	0.035	0.098	
Fe3+	0.033	0.039	0.014	0.028	0.053	0.033	0.029	0.005	0.086	0.075	0.024	0.013	0.024	0.022	0.002	0.033	0.025	0.017	0.026	0.026	0.009	
Ti	0.005	0.004	0.006	0.006	0.005	0.005	0.003	0.003	0.004	0.002	0.001	0.004	0.003	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	
Mg	0.634	0.519	0.757	0.751	0.691	0.712	0.859	0.979	0.892	0.891	0.969	0.837	0.713	0.960	0.979	0.964	0.826	0.959	0.971	0.936	0.890	
Fe2+	0.316	0.425	0.189	0.202	0.241	0.231	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	0.260	0.000	0.000	0.000	0.140	0.017	0.000	0.000	0.000	
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Sum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
M2 Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.068	0.192	0.242	0.563	0.000	0.000	0.338	0.150	0.120	0.000	0.000	0.034	0.093	0.189	
Fe2+	0.105	0.109	0.098	0.107	0.094	0.126	0.940	0.869	0.783	0.740	0.413	0.930	0.945	0.634	0.798	0.824	0.942	0.950	0.920	0.886	0.791	
Mn	0.013	0.014	0.011	0.012	0.009	0.008	0.037	0.040	0.013	0.015	0.009	0.034	0.027	0.014	0.027	0.025	0.034	0.021	0.016	0.012	0.012	
Ca	0.867	0.853	0.872	0.863	0.873	0.845	0.022	0.024	0.007	0.003	0.014	0.036	0.033	0.012	0.024	0.034	0.019	0.027	0.028	0.008	0.007	
Na	0.017	0.023	0.020	0.017	0.024	0.021	0.002	0.000	0.005	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.005	0.002	0.001	0.002	0.001	
Sum	1.002	0.999	1.001	0.999	1.000	1.000	1.001	1.001	1.000	1.001	1.000	1.002	1.005	0.999	1.000	1.004	1.000	1.000	0.999	1.001	1.000	
Total	4.002	3.999	4.001	3.999	4.000	4.000	4.001	4.001	4.000	4.001	4.000	4.002	4.002	3.999	4.000	4.000	4.000	4.000	3.999	4.001	4.000	
Fe3+/Fe2+	0.073	0.068	0.047	0.083	0.137	0.085	0.027	0.006	0.099	0.092	0.055	0.012	0.020	0.034	0.003	0.039	0.023	0.017	0.027	0.029	0.011	
Mg/(Mg+Fe2+)	0.601	0.493	0.725	0.708	0.673	0.666	0.451	0.546	0.581	0.605	0.788	0.438	0.372	0.672	0.566	0.568	0.433	0.498	0.522	0.537	0.577	
Mg/(Mg+Fe2++Mn)	0.594	0.486	0.718	0.701	0.668	0.661	0.443	0.535	0.577	0.600	0.784	0.431	0.367	0.667	0.578	0.561	0.425	0.493	0.518	0.534	0.573	
% Wollastonite*	44.8	44.4	45.3	44.6	45.8	44.0	1.1	1.2	0.4	0.2	0.7	1.8	1.7	0.6	1.2	1.7	1.0	1.4	1.4	1.4	0.4	
% Non-quad.**	5.3	5.9	5.6	5.0	7.1	5.8	3.8	2.2	11.0	11.0	3.1	2.3	2.5	4.2	2.2	3.3	3.6	2.6	3.1	6.5	11.1	

*Expressed by the ratio: Ca/(Ca+Mg+Fe2++Mn)

**Expressed by the ratio: (Al+Ti+Na+Fe3+)/2

Table 9. Electron probe analyses and structural formulae of limonites.

Sample:	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	80	81	82	84	86	87	
n	10	10	4	1	3	12	4	12	5	14	13	4	20	6	6	5	8	9	3	10	9	3	10	10	5	
Al ₂ O ₃	49.41	51.90	49.93	50.39	50.00	49.43	49.08	47.35	51.07	51.97	51.90	50.95	46.80	46.24	47.97	49.51	51.03	49.27	45.72	51.20	49.79	51.92	51.11	50.67	49.94	
Fe ₂ O ₃	0.02	0.04	0.03	0.04	0.05	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.01	0.05	0.07	0.06	0.02	0.02	0.03	0.07	0.04	0.03	0.01	0.05	0.03	0.05	
FeO	43.70	44.22	42.71	41.28	41.48	43.10	40.43	41.29	44.77	44.68	45.61	44.67	40.21	40.34	41.62	41.26	44.10	42.70	39.54	44.47	43.73	42.78	43.60	43.90	43.31	
MnO	0.60	1.18	1.09	3.91	0.85	0.94	3.46	0.30	0.90	0.73	0.45	0.63	0.85	1.24	0.97	2.13	0.71	0.28	0.25	0.98	0.80	0.79	1.04	0.57	0.54	
MgO	0.07	0.68	0.60	0.02	1.46	0.22	0.12	0.54	0.09	0.72	0.35	0.25	0.54	0.01	0.31	0.63	0.60	0.75	0.71	0.31	0.14	1.73	0.72	0.58	0.58	
ZnO																										
Total	99.07	100.60	99.68	98.67	99.60	99.65	98.56	100.23	100.73	100.13	99.87	100.10	100.63	99.97	100.07	100.11	99.96	99.77	99.41	99.55	98.79	99.39	100.05	100.38	98.62	
Structural formulae calculated to 3 oxygens and 2 cations																										
Ti	0.949	0.975	0.949	0.970	0.945	0.943	0.947	0.898	0.964	0.981	0.985	0.966	0.885	0.883	0.912	0.937	0.967	0.935	0.874	0.975	0.958	0.960	0.966	0.956	0.959	
Al	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	
Fe ₃₊	0.051	0.024	0.051	0.029	0.054	0.057	0.052	0.102	0.036	0.019	0.015	0.034	0.115	0.115	0.087	0.062	0.033	0.064	0.125	0.024	0.041	0.020	0.033	0.044	0.040	
Sum	1.001	1.000	1.001	1.000	1.000	1.001	1.000	1.001	1.001	1.001	1.001	1.000	1.001	1.000	1.001	1.000	1.001	1.000	1.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	
Fe ₃₊	0.050	0.025	0.050	0.029	0.055	0.056	0.053	0.101	0.037	0.019	0.014	0.034	0.115	0.116	0.087	0.062	0.033	0.064	0.125	0.025	0.042	0.021	0.034	0.043	0.041	
Fe ₂₊	0.933	0.924	0.903	0.884	0.872	0.914	0.867	0.871	0.939	0.938	0.963	0.942	0.845	0.857	0.880	0.869	0.929	0.902	0.841	0.942	0.936	0.898	0.916	0.921	0.925	
Mn	0.013	0.025	0.023	0.085	0.018	0.020	0.075	0.006	0.019	0.016	0.010	0.013	0.018	0.027	0.021	0.045	0.015	0.006	0.005	0.021	0.017	0.017	0.022	0.012	0.012	
Mg	0.003	0.025	0.023	0.001	0.055	0.008	0.005	0.020	0.003	0.027	0.013	0.009	0.020	0.000	0.012	0.024	0.023	0.028	0.027	0.012	0.005	0.065	0.027	0.022	0.022	
Zn													0.001													
Sum	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	0.998	1.000	0.998	0.998	1.000	1.000	0.998	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	1.001	0.999	0.998	1.000	
Total	2.000	1.999	2.000	1.999	2.000	1.999	2.000	1.999	1.999	2.001	2.001	1.998	2.000	2.000	2.001	2.000	2.001	2.000	2.000	2.000	2.000	2.001	1.999	1.999	2.001	
MgTiO ₃	0.3	2.5	2.3	0.1	5.5	0.8	0.5	2.0	0.3	2.7	1.3	0.9	2.0	0.0	1.2	2.4	2.3	2.8	2.7	1.2	0.5	6.5	2.7	2.2	2.2	
MnTiO ₃	1.3	2.5	2.3	8.5	1.8	2.0	7.5	0.6	1.9	1.6	1.0	1.3	1.8	2.7	2.1	4.5	1.5	0.6	0.5	2.1	1.7	1.7	2.2	1.2	1.2	
Fe ₂ O ₃	5.1	2.5	5.1	2.9	5.5	5.7	5.3	10.2	3.7	1.9	1.5	3.4	11.5	11.6	8.7	6.2	3.3	6.4	12.5	2.5	4.2	2.1	3.4	4.4	4.1	
FeTiO ₃	93.3	92.5	90.3	89.5	87.2	91.5	86.7	87.2	94.1	93.8	96.2	94.4	84.6	85.7	88.0	86.9	92.9	90.2	84.2	94.2	93.6	89.7	91.7	92.2	92.5	