

AM-92-488

Geochemical alteration of pyrochlore group minerals: Microlite subgroup

Gregory R. Lumpkin, Rodney C. Ewing

For deposit: Table 4

American Mineralogist, 77, 1-2, 179-188.

TABLE 4. Representative electron microprobe analyses of unaltered and altered microlite samples

	080	080s	080s	080s	080s	080s	130	130s	185s	185s
WO ₃	0.00	0.08	0.37	0.18	0.00	0.18	0.11	0.29	0.06	0.00
Nb ₂ O ₅	12.9	11.9	12.1	12.1	12.7	11.6	9.88	9.65	5.04	5.61
Ta ₂ O ₅	58.6	59.2	59.3	60.3	59.5	60.6	62.2	60.8	64.3	64.3
TiO ₂	1.51	1.51	1.72	1.55	1.77	1.51	1.02	1.69	0.01	0.02
SnO ₂	2.27	2.19	2.18	2.09	2.13	2.24	2.21	1.96	0.55	0.41
ThO ₂	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.16	0.17	0.10	0.00	0.00
UO ₂	2.07	2.21	2.52	2.15	2.44	2.25	1.31	3.53	10.0	9.10
Al ₂ O ₃	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.09	0.05	0.04	0.15	0.10
Y ₂ O ₃	0.17	0.11	0.20	0.16	0.15	0.21	0.17	0.11	0.07	0.04
REE ₂ O ₃	0.21	0.24	0.28	0.14	0.25	0.05	0.34	0.30	0.22	0.06
Sb ₂ O ₃	0.08	0.06	0.04	0.03	0.06	0.04	0.11	0.01	0.55	0.44
Bi ₂ O ₃	0.02	0.08	0.00	0.05	0.04	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00
CaO	12.6	10.6	8.04	6.12	5.70	4.13	12.2	7.57	3.04	3.38
MnO	0.08	0.18	0.15	0.16	0.16	0.15	0.16	0.25	1.54	1.27
FeO	0.01	0.34	0.58	1.46	1.44	1.43	0.00	1.44	0.59	1.60
BaO	0.00	0.00	0.00	0.16	0.19	0.38	0.00	0.00	0.55	0.46
PbO	0.07	0.11	0.03	0.00	0.05	0.00	0.10	0.24	1.51	0.84
Na ₂ O	3.48	2.10	1.25	0.38	0.31	0.09	2.66	0.31	0.08	0.09
Cs ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	2.6	1.8	1.2	0.70	0.36	0.28	2.3	0.30	0.15	0.10
Sum	96.79	92.85	90.12	87.91	87.45	85.52	95.00	88.59	88.41	87.82
O≡F	-1.09	-0.76	-0.50	-0.29	-0.15	-0.12	-0.97	-0.13	-0.06	-0.04
Total	95.70	92.09	89.62	87.62	87.30	85.40	94.03	88.46	88.35	87.78

Structural formulas based on $\Sigma B = 2.00$

	080	080s	080s	080s	080s	080s	130	130s	185s	185s
W	0.000	0.002	0.008	0.004	0.000	0.004	0.002	0.007	0.002	0.000
Nb	0.459	0.447	0.480	0.464	0.499	0.479	0.386	0.378	0.226	0.250
Ta	1.361	1.373	1.327	1.357	1.314	1.343	1.464	1.433	1.733	1.721
Ti	0.097	0.097	0.106	0.096	0.108	0.093	0.066	0.110	0.001	0.001
Sn	0.077	0.0074	0.071	0.069	0.069	0.073	0.076	0.068	0.022	0.016
Al	0.005	0.007	0.008	0.010	0.011	0.009	0.005	0.004	0.018	0.012
Mn ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Th	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000
U	0.039	0.042	0.046	0.040	0.044	0.041	0.025	0.068	0.221	0.199
Y	0.008	0.005	0.009	0.007	0.007	0.009	0.008	0.005	0.004	0.002
REE	0.007	0.007	0.008	0.004	0.007	0.001	0.011	0.009	0.008	0.002
Sb	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.008	0.001	0.043	0.034
Bi	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	1.153	0.968	0.709	0.543	0.496	0.361	1.131	0.703	0.323	0.356
Mn ²⁺	0.006	0.013	0.010	0.011	0.011	0.010	0.012	0.018	0.129	0.106
Fe ²⁺	0.001	0.024	0.040	0.101	0.098	0.098	0.000	0.105	0.049	0.132
Ba	0.000	0.000	0.000	0.005	0.006	0.012	0.000	0.000	0.021	0.018
Pb	0.002	0.003	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.006	0.040	0.022
Na	0.576	0.347	0.199	0.061	0.049	0.014	0.446	0.052	0.015	0.017
ΣA	1.796	1.415	1.025	0.776	0.723	0.553	1.646	0.969	0.853	0.890
O	6.114	5.958	5.734	5.611	5.608	5.472	6.075	5.890	6.043	6.064
F	0.703	0.486	0.312	0.183	0.092	0.072	0.630	0.082	0.005	0.031
$\Sigma X+Y$	6.817	6.444	6.046	5.794	5.700	5.544	6.705	5.972	6.090	6.095

TABLE 4. Continued

	185s	185s	202	202s	188	188s	188s	188s	188s	188s
WO ₃	0.29	0.42	0.08	0.00	0.14	0.20	0.48	0.09	0.39	0.15
Nb ₂ O ₅	4.52	4.63	8.60	11.2	2.32	1.89	1.78	2.51	2.62	2.12
Ta ₂ O ₅	65.9	64.7	60.3	54.4	73.6	72.5	76.8	77.2	76.3	76.1
TiO ₂	0.09	0.07	0.04	0.00	0.09	0.12	0.13	0.14	0.10	0.09
SnO ₂	0.52	0.52	1.94	2.19	2.39	2.05	1.87	1.49	2.26	2.32
ThO ₂	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.09	0.05	0.00
UO ₂	10.8	10.8	8.85	8.73	2.55	2.91	2.31	1.39	1.66	2.45
Al ₂ O ₃	0.09	0.12	0.00	0.00	0.10	0.13	0.15	0.23	0.13	0.11
Y ₂ O ₃	0.05	0.01	0.03	0.04	0.10	0.22	0.05	0.21	0.23	0.24
REE ₂ O ₃	0.19	0.18	0.27	0.10	0.34	0.90	0.50	0.64	0.70	0.62
Sb ₂ O ₃	0.38	0.29	0.12	0.07	0.01	0.08	0.11	0.22	0.01	0.07
Bi ₂ O ₃	0.17	0.15	0.21	0.01	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
CaO	3.21	2.44	10.6	9.41	11.4	0.00	0.03	0.02	0.20	0.01
MnO	1.52	1.05	0.13	0.15	0.07	0.15	0.64	0.01	0.23	0.29
FeO	0.61	0.79	0.90	0.95	0.02	0.14	0.11	0.09	0.06	0.11
BaO	0.49	0.59	0.00	0.00	0.00	5.46	5.06	3.31	3.09	3.72
PbO	0.38	0.33	0.33	0.29	0.18	0.36	0.07	1.66	0.16	0.28
Na ₂ O	0.07	0.04	3.33	1.77	4.09	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03
Cs ₂ O	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07
F	0.10	0.00	2.0	1.2	3.2	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05
Sum	89.51	87.23	97.73	90.51	100.60	87.39	90.31	89.44	88.29	88.83
O≡F	-0.04	-0.00	-0.84	-0.50	-1.34	-0.00	-0.00	-0.02	-0.00	-0.02
Total	89.47	87.23	96.89	90.01	99.26	87.39	90.31	89.42	88.29	88.81

Structural formulas based on $\Sigma B = 2.00$

	185s	185s	202	202s	188	188s	188s	188s	188s	188s
W	0.007	0.011	0.002	0.000	0.003	0.005	0.011	0.007	0.009	0.003
Nb	0.200	0.207	0.368	0.488	0.094	0.079	0.070	0.084	0.103	0.085
Ta	1.755	1.742	1.554	1.428	1.800	1.819	1.829	1.795	1.791	1.813
Ti	0.007	0.005	0.003	0.000	0.006	0.008	0.009	0.010	0.006	0.006
Sn	0.020	0.020	0.073	0.084	0.086	0.075	0.065	0.082	0.078	0.082
Al	0.010	0.014	0.000	0.000	0.011	0.014	0.016	0.021	0.013	0.011
Mn ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Th	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000
U	0.235	0.238	0.187	0.188	0.051	0.060	0.045	0.065	0.032	0.048
Y	0.003	0.001	0.002	0.002	0.005	0.011	0.002	0.009	0.011	0.011
REE	0.007	0.006	0.009	0.004	0.011	0.030	0.016	0.026	0.022	0.020
Sb	0.030	0.023	0.009	0.005	0.001	0.003	0.008	0.002	0.004	0.003
Bi	0.004	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Ca	0.337	0.259	1.076	0.973	1.098	0.000	0.003	0.001	0.002	0.001
Mn ²⁺	0.126	0.088	0.010	0.012	0.005	0.012	0.048	0.000	0.017	0.022
Fe ²⁺	0.050	0.065	0.071	0.077	0.002	0.011	0.008	0.063	0.004	0.008
Ba	0.019	0.023	0.000	0.000	0.000	0.198	0.174	0.143	0.105	0.128
Pb	0.010	0.009	0.008	0.008	0.004	0.009	0.002	0.005	0.004	0.007
Na	0.013	0.008	0.612	0.331	0.713	0.005	0.002	0.000	0.003	0.005
ΣA	0.838	0.727	1.990	1.599	1.890	0.341	0.313	0.314	0.218	0.254
O	6.053	5.956	6.546	6.401	6.083	5.369	5.323	5.332	5.212	5.253
F	0.031	0.000	0.599	0.366	0.910	0.000	0.000	0.003	0.000	0.014
$\Sigma X+Y$	6.084	5.956	7.145	6.767	6.993	5.369	5.323	5.335	5.212	5.267

TABLE 4. Continued

	231	231s	324	324p	324	324p	324	324p	327	327p
WO ₃	0.23	0.39	0.16	0.04	0.18	0.00	0.05	0.07	0.00	0.10
Nb ₂ O ₅	3.92	3.81	15.0	14.5	13.3	14.3	13.6	14.5	6.77	5.95
Ta ₂ O ₅	70.3	72.7	63.5	61.4	61.3	60.4	62.6	62.1	76.1	74.5
TiO ₂	0.13	0.14	0.16	0.12	0.17	0.16	0.15	0.09	1.30	1.14
SnO ₂	0.50	0.34	0.16	0.16	0.15	0.20	0.13	0.11	0.19	0.32
ThO ₂	0.00	0.00	0.07	0.11	0.03	0.03	0.18	0.07	0.04	0.00
UO ₂	4.13	3.31	3.06	2.91	3.93	3.87	3.07	3.09	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.12	0.08	0.08	0.09	0.18	0.11	0.02	0.01
Y ₂ O ₃	0.08	0.07	0.11	0.08	0.11	0.12	0.02	0.13	0.02	0.00
REE ₂ O ₃	0.12	0.19	0.17	0.14	0.21	0.22	0.09	0.30	0.12	0.06
Sb ₂ O ₃	0.28	0.18	0.11	0.08	0.08	0.14	0.08	0.06	0.11	0.09
Bi ₂ O ₃	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.05
CaO	10.4	8.06	13.1	14.5	11.2	14.5	11.8	14.0	10.8	16.1
MnO	0.36	0.43	0.09	0.65	0.06	0.46	0.00	0.19	0.22	0.26
FeO	0.67	0.21	0.03	0.58	0.00	0.49	0.00	0.21	0.12	0.00
BaO	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
PbO	0.12	0.20	0.10	0.18	0.57	0.24	0.47	0.13	0.00	0.00
Na ₂ O	3.64	3.16	2.23	1.26	4.14	1.19	3.70	2.51	1.58	0.54
Cs ₂ O	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	2.5	1.1	1.2	1.2	1.7	1.1	1.6	1.6	1.2	1.3
Sum	97.50	94.49	99.37	97.99	97.21	97.52	97.72	99.27	98.65	100.42
O≡F	-1.05	-0.46	-0.50	-0.50	-0.72	-0.46	-0.67	-0.67	-0.50	-0.55
Total	96.45	94.03	98.87	97.49	96.49	97.06	97.05	98.60	98.15	99.87

Structural formulas based on $\Sigma B = 2.00$

	231	231s	324	324p	324	324p	324	324p	327	327p
W	0.006	0.009	0.003	0.001	0.004	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002
Nb	0.167	0.158	0.555	0.557	0.522	0.557	0.522	0.553	0.246	0.224
Ta	1.800	1.811	1.415	1.421	1.449	1.416	1.445	1.425	1.667	1.690
Ti	0.009	0.010	0.010	0.008	0.011	0.010	0.010	0.006	0.079	0.071
Sn	0.019	0.012	0.00	0.005	0.005	0.007	0.004	0.004	0.006	0.011
Al	0.000	0.000	0.012	0.008	0.008	0.009	0.018	0.011	0.002	0.001
Mn ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Th	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0.000
U	0.087	0.067	0.056	0.055	0.076	0.074	0.058	0.058	0.000	0.000
Y	0.004	0.003	0.005	0.004	0.005	0.006	0.001	0.006	0.001	0.000
REE	0.004	0.006	0.005	0.004	0.007	0.007	0.003	0.009	0.004	0.002
Sb	0.021	0.013	0.007	0.005	0.006	0.010	0.005	0.004	0.007	0.006
Bi	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
Ca	1.049	0.791	1.150	1.322	1.043	1.339	1.073	1.266	9.932	1.439
Mn ²⁺	0.029	0.033	0.006	0.047	0.004	0.034	0.000	0.014	0.015	0.018
Fe ²⁺	0.053	0.016	0.002	0.041	0.000	0.035	0.000	0.015	0.008	0.000
Ba	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Pb	0.003	0.005	0.002	0.004	0.013	0.006	0.011	0.003	0.000	0.000
Na	0.664	0.561	0.354	0.208	0.698	0.199	0.609	0.411	0.247	0.087
ΣA	1.917	1.503	1.589	1.692	1.852	1.710	1.763	1.786	1.215	1.554
O	6.303	6.136	6.304	6.477	6.341	6.529	6.286	6.421	5.902	6.302
F	0.744	0.319	0.311	0.323	0.467	0.300	0.430	0.427	0.306	0.343
$\Sigma X+Y$	7.047	6.455	6.615	6.800	6.808	6.829	6.716	6.848	6.208	6.645

TABLE 4. Continued

	153	153p	153s	153	153p	P2.1	P2.1p	P2.2	P2.2p	P2.2s
WO ₃	0.11	0.00	0.06	0.19	0.05	0.39	0.05	0.10	0.13	0.06
Nb ₂ O ₅	4.53	4.56	4.66	4.70	4.19	7.41	9.04	7.78	7.50	6.03
Ta ₂ O ₅	70.0	67.6	67.1	71.5	70.0	67.6	63.2	68.5	68.1	68.4
TiO ₂	0.39	0.37	0.57	0.41	0.40	0.05	0.04	0.76	0.74	0.65
SnO ₂	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01
ThO ₂	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.03	0.00
UO ₂	8.38	8.26	8.10	8.12	8.09	6.59	6.86	4.22	3.98	3.69
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.08	0.08	0.10
REE ₂ O ₃	0.11	0.20	0.31	0.14	0.14	0.08	0.11	0.16	0.16	0.22
Sb ₂ O ₃	0.08	0.10	0.09	0.09	0.03	0.11	0.11	0.16	0.15	0.20
Bi ₂ O ₃	0.31	0.13	0.05	0.00	0.00	0.02	0.01	0.05	0.09	0.06
CaO	8.52	11.8	3.52	8.97	11.3	8.53	11.1	9.90	12.1	6.10
MnO	0.06	0.91	1.07	0.01	0.90	0.28	0.32	0.33	0.12	0.15
FeO	0.00	0.81	0.65	0.03	0.50	0.30	0.46	0.27	0.27	0.33
BaO	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
PbO	2.16	1.19	0.93	1.71	1.62	0.27	0.27	0.10	0.10	0.17
Na ₂ O	3.85	1.89	0.59	3.81	2.77	3.92	2.64	4.56	3.57	0.55
Cs ₂ O	0.03	0.00	0.03	0.01	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
F	1.4	1.5	0.12	1.5	1.7	1.6	1.6	2.0	2.1	0.76
Sum	99.96	99.35	87.95	101.19	101.75	97.28	95.88	99.02	99.23	87.48
O≡F	-0.59	-0.63	-0.05	-0.63	-0.71	-0.67	-0.67	-0.84	-0.88	-0.28
Total	99.37	98.72	87.90	100.56	101.04	96.61	95.21	98.18	98.35	87.20

Structural formulas based on $\Sigma B = 2.00$

	153	153p	153s	153	153p	P2.1	P2.1p	P2.2	P2.2p	P2.2s
W	0.003	0.000	0.001	0.004	0.001	0.009	0.001	0.002	0.003	0.001
Nb	0.191	0.199	0.202	0.194	0.178	0.306	0.383	0.309	0.301	0.250
Ta	1.779	1.774	1.750	1.774	1.791	1.679	1.613	1.638	1.646	1.704
Ti	0.027	0.027	0.041	0.028	0.028	0.003	0.003	0.050	0.049	0.045
Sn	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Th	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
U	0.175	0.178	0.173	0.165	0.169	0.135	0.144	0.083	0.078	0.076
Y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.004	0.004	0.005
REE	0.004	0.007	0.011	0.005	0.005	0.003	0.004	0.005	0.005	0.007
Sb	0.003	0.004	0.007	0.003	0.001	0.004	0.004	0.006	0.005	0.008
Bi	0.007	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001
Ca	0.853	1.219	0.362	0.876	1.139	0.834	1.116	0.933	1.152	0.599
Mn ²⁺	0.005	0.074	0.087	0.001	0.072	0.022	0.025	0.025	0.009	0.012
Fe ²⁺	0.000	0.065	0.052	0.002	0.039	0.023	0.036	0.020	0.020	0.025
Ba	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
Pb	0.054	0.031	0.024	0.042	0.041	0.007	0.007	0.002	0.002	0.004
Na	0.697	0.353	0.110	0.674	0.505	0.694	0.480	0.777	0.615	0.098
ΣA	1.799	1.934	0.829	1.768	1.971	1.724	1.818	1.857	1.893	0.837
O	6.417	6.704	5.913	6.422	6.679	6.285	6.489	6.263	6.356	5.754
F	0.408	0.454	0.036	0.441	0.512	0.465	0.475	0.545	0.590	0.194
$\Sigma X+Y$	6.825	7.158	5.949	6.863	7.191	6.750	6.964	6.808	6.946	5.948

TABLE 4. Continued

	154	154p	154	154p	264	264p	264	264p	P7.1	P7.1p
WO ₃	0.00	0.00	0.00	0.13	0.08	0.13	0.32	0.00	0.18	0.24
Nb ₂ O ₅	8.33	5.19	8.34	5.98	5.48	3.88	5.63	5.43	7.29	7.08
Ta ₂ O ₅	61.7	63.2	60.3	62.1	72.9	71.7	73.5	72.3	66.6	63.4
TiO ₂	1.21	1.10	1.17	0.67	0.30	1.19	0.14	0.51	1.02	1.06
SnO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.04
ThO ₂	0.08	0.04	0.10	0.14	0.00	0.02	0.00	0.00	0.08	0.00
UO ₂	10.5	9.50	10.4	8.85	2.36	3.06	2.02	2.30	6.35	6.34
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Y ₂ O ₃	0.07	0.11	0.07	0.10	0.02	0.04	0.00	0.00	0.10	0.11
REE ₂ O ₃	0.09	0.25	0.05	0.22	0.07	0.11	0.00	0.00	0.21	0.10
Sb ₂ O ₃	0.09	0.03	0.12	0.08	0.23	0.23	0.13	0.27	0.08	0.16
Bi ₂ O ₃	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	8.75	12.3	10.3	12.0	11.5	13.2	11.2	13.9	9.98	12.7
MnO	0.07	0.91	0.33	1.10	0.12	0.36	0.22	0.88	0.38	0.35
FeO	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00	0.14	0.00	0.42	0.19	0.63
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.06	0.03
PbO	0.28	0.17	0.38	0.27	0.42	0.40	0.33	0.23	0.20	0.26
Na ₂ O	4.63	2.57	3.36	2.58	4.30	2.86	4.59	2.41	3.92	2.26
Cs ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
F	1.4	1.5	1.1	1.4	2.1	1.6	2.4	1.5	1.9	1.7
Sum	97.27	96.94	96.02	95.70	99.96	99.12	100.48	100.15	98.56	96.46
O≡F	-0.59	-0.63	-0.46	-0.59	-0.88	-0.67	-1.01	-0.63	-0.80	-0.71
Total	96.68	96.31	95.56	95.11	99.08	98.45	99.47	99.52	97.76	95.75

Structural formulas based on $\Sigma B = 2.00$

	154	154p	154	154p	264	264p	264	264p	P7.1	P7.1p
W	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.003	0.007	0.000	0.004	0.006
Nb	0.351	0.224	0.358	0.262	0.220	0.158	0.224	0.218	0.296	0.300
Ta	1.564	1.648	1.558	1.637	1.758	1.754	1.759	1.748	1.630	1.618
Ti	0.085	0.080	0.084	0.049	0.020	0.081	0.009	0.034	0.069	0.075
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn ³⁺	0.000	0.042	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.000	0.006	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Th	0.002	0.001	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
U	0.216	0.201	0.220	0.191	0.047	0.061	0.040	0.046	0.128	0.133
Y	0.003	0.006	0.004	0.005	0.001	0.002	0.000	0.000	0.005	0.005
REE	0.003	0.009	0.002	0.008	0.002	0.004	0.000	0.000	0.007	0.003
Sb	0.003	0.001	0.005	0.003	0.016	0.016	0.005	0.010	0.003	0.006
Bi	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.874	1.265	1.048	1.248	1.093	1.272	1.056	1.324	0.962	1.276
Mn ²⁺	0.006	0.034	0.027	0.049	0.009	0.027	0.016	0.066	0.029	0.028
Fe ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.031	0.014	0.049
Ba	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.001
Pb	0.007	0.004	0.010	0.007	0.010	0.010	0.008	0.006	0.005	0.007
Na	0.837	0.479	0.619	0.486	0.739	0.499	0.783	0.415	0.684	0.411
ΣA	1.953	2.000	1.937	2.000	1.920	1.907	1.908	1.898	1.841	1.919
O	6.514	6.722	6.721	6.887	6.303	6.460	6.229	6.508	6.330	6.566
F	0.401	0.453	0.327	0.441	0.589	0.455	0.657	0.430	0.543	0.507
$\Sigma X+Y$	6.915	7.175	7.048	7.328	6.892	6.915	6.886	6.938	6.873	7.073

TABLE 4. Continued

	269	269	269p	269s	P15.1	P15.1p	P17.1	P17.1p	P18.1	P18.1p
WO ₃	0.41	0.53	0.27	0.17	0.16	0.01	0.00	0.00	0.15	0.00
Nb ₂ O ₅	7.44	7.67	7.34	7.77	8.42	8.32	10.0	8.63	7.58	8.55
Ta ₂ O ₅	65.3	64.1	63.9	59.9	68.7	65.9	63.7	60.0	62.5	58.9
TiO ₂	0.07	0.09	0.06	1.65	0.00	0.00	0.13	0.38	1.00	1.10
SnO ₂	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00
ThO ₂	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
UO ₂	7.14	7.05	7.23	7.70	4.69	4.22	8.02	8.21	9.70	9.82
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.06	0.07
REE ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.09	0.10	0.07	0.16	0.25	0.18	0.23
Sb ₂ O ₃	0.19	0.17	0.19	0.18	0.06	0.04	0.10	0.13	0.07	0.00
Bi ₂ O ₃	0.00	0.02	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01
CaO	10.8	8.52	12.4	7.80	9.25	11.5	9.19	12.1	9.56	12.0
MnO	1.11	1.13	1.84	1.85	0.09	0.97	0.08	1.92	0.35	0.77
FeO	0.09	0.05	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PbO	0.88	4.27	1.06	1.05	0.19	0.20	0.27	0.27	0.32	0.18
Na ₂ O	3.43	2.16	2.39	0.97	4.53	3.00	4.25	2.25	3.51	2.43
Cs ₂ O	0.02	0.00	0.00	0.04	0.04	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02
F	1.3	0.20	1.4	0.66	1.7	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6
Sum	98.18	95.96	98.09	90.30	97.99	96.03	97.48	95.49	96.83	95.68
O≡F	-0.55	-0.08	-0.59	-0.28	-0.71	-0.71	-0.63	-0.55	-0.71	-0.67
Total	97.63	95.88	97.50	90.02	97.28	95.32	96.85	94.94	96.12	95.01

Structural formulas based on $\Sigma B = 2.00$

	269	269	269p	269s	P15.1	P15.1p	P17.1	P17.1p	P18.1	P18.1p
W	0.010	0.013	0.007	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
Nb	0.316	0.329	0.314	0.331	0.338	0.347	0.412	0.376	0.323	0.373
Ta	1.669	1.652	1.645	1.536	1.658	1.652	1.578	1.572	1.602	1.547
Ti	0.005	0.006	0.004	0.117	0.000	0.000	0.009	0.027	0.071	0.080
Sn	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn ³⁺	0.000	0.000	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Th	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
U	0.148	0.149	0.151	0.162	0.092	0.068	0.162	0.174	0.202	0.210
Y	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004
REE	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.002	0.005	0.009	0.006	0.008
Sb	0.007	0.007	0.008	0.014	0.002	0.002	0.004	0.005	0.003	0.000
Bi	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Ca	1.087	0.865	1.258	0.788	0.880	1.136	0.897	1.249	0.965	1.241
Mn ²⁺	0.088	0.091	0.118	0.148	0.007	0.076	0.006	0.134	0.028	0.063
Fe ²⁺	0.007	0.004	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.022	0.109	0.027	0.027	0.005	0.005	0.007	0.007	0.008	0.005
Na	0.625	0.397	0.438	0.177	0.780	0.536	0.751	0.420	0.641	0.455
ΣA	1.984	1.622	2.000	1.331	1.771	1.827	1.834	2.000	1.858	1.986
O	6.632	6.549	6.731	6.250	6.237	6.418	6.398	6.757	6.470	6.685
F	0.392	0.060	0.416	0.197	0.486	0.496	0.444	0.404	0.492	0.498
$\Sigma X+Y$	7.024	6.609	7.147	6.447	6.723	6.914	6.842	7.161	6.962	7.183

Notes

1. Letters appended to sample numbers indicate alteration: p = primary; s = secondary.
2. Mg, K, Sr, and Zr were consistently at or below detection limits and are not reported.
3. All Mn reported as MnO, Fe as FeO, and U and UO₂. Samples from the Harding pegmatite may contain some Fe₂O₃ and UO₃. See Jahns and Ewing (1976) for chemical analyses and Lumpkin et al. (1986) for further discussion of Harding microlite chemistry.
4. Structural formulas are normalized to $\Sigma B = 2.000$, where B = W, Nb, Ta, Ti, Sn, and Al. Fe and Mn are normally allocated to the A-site as divalent cations. In cases where ΣA exceeded 2.000, enough trivalent Fe and Mn were allocated to the B-site in order to make $\Sigma A = 2.000$.