

Appendix A

Table S1. Chemical analyses of garnets from studied alkaline rocks.

Oxide	Bolshaya Tagna																								Srednaya Zima												
	K23/19												25/19												33/21												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Na ₂ O	0.37	0.21	0.43	0.44	0.36	0.44	0.3	0.17	0.15	0.28	0.24	0.23	-	0.24	0.23	0.11	-	0.12	-	0.11	-	0.19	0.42	0.27	0.25	0.19	0.22	0.11	0.17	0.18	0.25	0.17	0.16	0.17	0.19	0.1	
MgO	0.13	-	0.33	0.14	0.57	0.14	0.78	0.12	0.66	0.58	0.28	0.69	0.62	0.48	0.17	0.57	0.27	0.60	0.81	0.80	0.69	0.78	0.24	0.36	0.86	0.96	0.99	0.99	0.94	1.02	0.97	0.95	1.00	1.00	0.83	0.97	
Al ₂ O ₃	0.59	0.45	0.34	0.70	0.71	0.32	0.62	0.63	0.90	0.79	0.66	0.42	2.92	1.00	0.88	2.90	1.69	2.69	2.57	2.62	2.87	2.57	0.61	0.89	3.21	3.08	3.79	3.17	3.28	3.27	3.34	3.37	3.22	3.43	3.29	3.58	
SiO ₂	33.05	33.64	31.81	34.19	29.33	33.08	31.3	34.51	28.64	29.12	33.6	31.26	32.57	32.91	33.34	32.85	30.82	32.96	32.4	32.47	32.42	31.39	33.54	32.93	30.44	30.36	31.86	30.45	30.45	31.15	31.14	30.24	30.03	29.83	31.01	31.15	
CaO	31.35	31.27	31.32	31.72	31.6	31.25	31.16	31.85	31.4	31.54	31.47	31.42	32.08	31.85	31.8	32.25	32.02	32.35	32.41	31.96	32.05	32.09	31.63	31.67	32.49	32.13	32.51	32.24	32.23	32.63	32.5	32.31	32.46	32.17	32.79	32.55	
TiO ₂	7.00	5.36	9.71	5.96	11.63	8.55	8.65	3.96	12.73	12.65	5.21	10.52	7.07	8.11	6.33	7.5	8.37	7.52	8.42	8.33	6.92	10.03	6.61	6.56	12.62	11.84	10.43	12.04	12.00	11.48	11.43	11.43	12.59	12.44	11.64	10.31	
V ₂ O ₃	0.74	-	-	0.66	0.55	-	-	-	-	-	0.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MnO	0.69	0.62	0.55	0.81	0.33	0.58	0.50	0.53	0.43	0.44	0.83	0.47	0.33	0.41	0.43	0.15	0.31	0.35	0.4	0.43	0.33	0.39	0.42	0.42	0.36	0.49	0.54	0.52	0.44	0.37	0.30	0.35	0.43	0.49	0.37	0.46	
FeO _t	24.49	24.8	22.93	24.82	21.62	23.59	22.58	25.95	22.11	21.82	24.52	22.22	21.22	23.69	24.26	21.81	23.41	21.83	20.72	20.67	21.78	20.48	24.45	23.48	18.56	19.42	18.8	18.74	19.12	19.17	19.2	18.91	18.34	18.15	19.92	19.23	
ZrO ₂	-	0.32	0.56	-	1.43	0.56	2.18	-	1.35	1.06	0.25	1.30	0.42	0.41	0.23	0.70	0.40	0.31	0.47	0.42	0.44	0.44	0.21	0.27	1.88	1.85	1.55	1.75	1.83	1.94	1.79	1.79	1.94	2.19	1.83	1.62	
Total	98.41	96.67	97.99	99.44	98.12	98.51	98.07	97.71	98.38	98.28	97.56	98.53	97.24	99.11	97.66	98.83	97.29	98.74	98.2	97.82	97.49	98.36	98.14	96.85	100.67	100.33	100.69	100.01	100.46	101.2	100.91	99.53	100.18	99.87	101.87	99.98	
Mineral formulae calculated to 12 atoms of oxygen (Fe ²⁺ /Fe ³⁺ estimated from stoichiometry):																																					
Ca	2.83	2.87	2.85	2.82	2.89	2.82	2.84	2.87	2.87	2.88	2.85	2.85	2.90	2.85	2.88	2.87	2.92	2.88	2.91	2.87	2.89	2.88	2.85	2.89	2.87	2.85	2.85	2.87	2.85	2.86	2.85	2.88	2.88	2.87	2.86	2.88	
Mn	0.05	0.04	0.04	0.06	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.06	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	
X Fe ²⁺	0.05	0.05	-	0.04	-	0.05	-	0.05	-	-	0.01	-	-	0.02	0.03	0.03	0.02	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Na	0.06	0.03	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	-	0.04	0.04	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.03	0.07	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	
Mg	0.02	-	0.04	0.02	0.07	0.02	0.10	0.02	0.08	0.07	0.04	0.09	0.08	0.06	0.02	0.07	0.03	0.07	0.07	0.08	0.09	0.06	0.03	0.04	0.06	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.07	0.06	0.07	0.08	0.07	
Fe ³⁺	1.35	1.44	1.09	1.45	0.91	1.15	1.10	1.62	0.83	0.86	1.49	0.94	1.28	1.24	1.40	1.28	1.27	1.32	1.19	1.21	1.35	1.10	1.40	1.38	0.81	0.90	1.02	0.85	0.87	0.91	0.94	0.94	0.81	0.81	0.93	1.03	
Ti	0.44	0.34	0.62	0.37	0.75	0.54	0.55	0.25	0.82	0.81	0.33	0.67	0.45	0.51	0.40	0.47	0.54	0.47	0.53	0.53	0.44	0.63	0.42	0.42	0.78	0.74	0.64	0.75	0.75	0.71	0.70	0.72	0.78	0.78	0.71	0.64	
Y Fe ²⁺	0.16	0.20	0.27	0.13	0.28	0.28	0.26	0.13	0.29	0.29	0.16	0.33	0.21	0.23	0.19	0.21	0.18	0.20	0.22	0.23	0.18	0.21	0.18	0.18	0.29	0.26	0.23	0.29	0.28	0.26	0.26	0.23	0.26	0.27	0.26	0.21	
V	0.04	-	-	0.04	0.03	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.02	-	0.03	-	0.01	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05	0.02	0.05	

	Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	0.01	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Zr	-	0.01	0.02	-	0.06	0.02	0.09	-	0.06	0.04	0.01	0.05	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.08	0.07	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.09	0.07	0.07
	Si	2.78	2.88	2.70	2.84	2.50	2.79	2.66	2.91	2.45	2.48	2.84	2.65	2.75	2.75	2.82	2.73	2.63	2.74	2.71	2.72	2.73	2.63	2.82	2.80	2.51	2.51	2.60	2.53	2.51	2.55	2.55	2.52	2.49	2.48	2.53	2.57
Z	Al	0.06	0.05	0.03	0.07	0.07	0.03	0.06	0.06	0.09	0.08	0.07	0.04	0.25	0.10	0.09	0.27	0.17	0.26	0.25	0.26	0.27	0.25	0.06	0.09	0.31	0.30	0.37	0.31	0.32	0.32	0.33	0.31	0.34	0.32	0.35	
	Fe ³⁺	0.16	0.08	0.27	0.09	0.43	0.18	0.28	0.03	0.46	0.44	0.09	0.31	-	0.15	0.10	-	0.20	-	0.03	0.02	-	0.12	0.12	0.11	0.18	0.19	0.03	0.16	0.17	0.14	0.13	0.15	0.20	0.18	0.16	0.08

* - potentially significant components [33.]

Table S2. Chemical composition of ultramafic-alkaline rock series of Srednaya Zima and Bolshaya Tagna complexes.

Oxide, Wt. %	Bolshaya Tagna										Srednaya Zima					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO2	36.08	33.90	31.03	32.81	31.94	34.04	42.48	40.07	52.38	46.89	38.74	41.05	43.27	48.21	46.66	52.42
TiO2	1.48	2.20	1.57	2.43	2.03	2.16	1.90	3.66	0.18	1.34	0.56	0.87	0.75	0.16	0.46	0.60
Al2O3	12.44	12.98	9.45	15.73	13.11	15.40	14.57	16.49	9.37	12.08	6.99	7.63	3.38	16.17	15.06	16.71
Fe2O3	6.08	4.59	7.87	7.40	2.70	5.99	10.87	10.04	9.44	18.17	3.86	4.42	7.00	3.33	1.14	1.08
FeO	4.04	5.62	3.23	1.64	5.74	3.50	3.37	1.95	3.04	2.85	5.18	7.63	5.06	1.57	3.99	3.26

MnO	0.33	0.21	0.21	0.23	0.35	0.31	0.41	0.45	0.24	0.01	0.36	0.40	0.54	0.10	0.18	0.11
MgO	2.70	3.32	5.31	3.41	3.18	3.48	1.53	3.00	1.18	3.79	5.14	6.84	6.99	0.33	1.45	0.98
CaO	20.05	20.04	21.63	16.51	16.06	16.68	12.72	8.15	5.93	0.74	21.12	18.31	18.70	7.84	9.30	5.83
Na2O	3.09	0.16	0.41	7.54	0.12	0.15	1.07	0.29	4.18	1.91	2.38	2.79	3.78	9.01	5.03	4.60
K2O	3.71	4.84	3.38	1.86	7.92	6.05	6.13	8.17	8.29	8.28	3.14	2.14	1.58	4.82	7.87	7.48
P2O5	1.26	1.24	0.76	1.32	0.85	0.92	1.07	2.23	0.06	0.70	1.25	1.00	1.56	1.00	0.84	0.34
H2O-	0.19	0.08	0.14	0.29	0.24	0.10	0.08	0.26	0.13	0.12	0.04	0.16	<0.01	0.07	0.08	0.08
CO2	5.81	7.26	9.96	3.74	11.57	6.78	1.06	0.58	0.20	0.20	9.1	4.59	3.96	5.95	6.92	4.33
F	0.31	0.39	0.58	0.60	0.60	0.47	0.20	0.37	0.10	1.10	0.11	0.09	0.13	0.08	0.18	0.08
-O(F)	0.13	0.16	0.24	0.25	0.25	0.20	0.08	0.16	0.04	0.46	0.05	0.04	0.05	0.03	0.07	0.03
Summ	99.59	99.80	96.78	98.59	98.29	98.51	99.57	98.26	98.86	99.02	99.15	99.26	100.36	99.63	100.30	99.57
V	340	134	141	358	218	238	666	347	1009	444	139	230	310	91.1	48.4	36.8
Cr	26.4	10.3	15.4	45.1	10.9	10.7	37.8	19.2	64.6	76.0	124	212	203	36.5	13.0	18.0
Co	11.3	20.0	29.5	10.5	14.4	16.8	7.4	16.8	2.5	7.7	17.0	24.5	18.5	1.2	3.4	5.2
Ni	32.4	10.0	25.2	4.9	8.1	6.0	14.0	6.3	22.6	17.6	41.4	68.8	51.6	4.4	5.9	4.6
Cu	14.6	19.6	52.9	10.6	19.2	15.7	7.8	23.7	7.8	7.7	15.5	30.1	16.1	2.9	3.6	3.3
Zn	155	192	179	135	199	186	164	214	92	100	130	175	189	19.3	149	75.3
Rb	60.4	92.1	87.5	66.0	197.4	150.5	132.1	220.9	147.0	227.9	108	94.7	44.8	96.0	204	194
Sr	1351	1807	1857	1426	2254	1358	628	938	1779	121	1513	1002	755	1096	1296	1227
Y	54.4	25.2	18.3	48.8	53.5	46.0	70.9	62.1	0.96	21.2	21.9	21.8	22.2	17.6	14.3	13.5
Zr	567	255	68.8	362	356	438	848	616	339	361	286	230	293	1535	635	1358
Nb	86.5	144	67.1	167	155	240	334	384	110	426	51.5	62.3	147	183	186	272
Cs	1.86	1.93	1.84	1.59	3.05	0.68	0.35	1.08	0.11	3.29	2.52	2.02	0.91	4.40	4.08	3.66

Ba	168	667	20807	1889	2800	1790	809	1989	1680	2200	6098	475	614	892	1718	1761
La	39.6	88.1	174.5	85.1	175	97.9	46.4	119	33.3	68.3	65.8	59.8	51.9	29.7	33.2	121
Ce	73.9	114	170	126	202	138	72.5	189	35.8	95.3	139	132	126	67.6	73.2	194
Pr	9.04	10.9	13.1	12.5	17.5	13.5	8.08	20.8	2.89	7.22	17.1	16.2	16.5	8.17	8.47	18.0
Nd	37.9	36.1	37.7	42.8	55.2	47.4	31.2	79.3	7.10	19.5	62.3	59.9	62.3	29.9	30.0	53.1
Sm	10.2	7.57	6.47	9.94	10.1	9.33	7.76	16.6	0.73	3.15	11.3	10.7	12.1	5.64	5.81	6.54
Eu	3.31	2.46	1.18	3.49	3.22	2.96	2.52	5.00	0.18	0.71	2.56	2.80	3.20	1.61	1.62	1.31
Gd	8.42	7.13	5.28	10.2	10.7	9.47	7.35	14.9	0.44	2.67	8.07	8.11	8.97	4.64	4.27	4.14
Tb	1.35	1.06	0.76	1.60	1.53	1.48	1.24	2.14	0.04	0.40	1.09	1.06	1.17	0.68	0.61	0.57
Dy	7.79	5.50	3.75	9.29	8.92	8.39	7.99	11.7	0.18	2.60	5.34	5.28	5.74	3.87	3.25	2.96
Ho	1.57	0.95	0.66	1.82	1.79	1.54	1.81	2.21	0.03	0.58	0.94	0.90	0.98	0.78	0.60	0.59
Er	4.00	2.20	1.43	4.31	4.13	3.88	5.48	5.28	0.07	1.67	2.16	2.18	2.47	2.22	1.60	1.70
Tm	0.63	0.23	0.17	0.55	0.57	0.49	0.84	0.69	0.01	0.24	0.32	0.33	0.37	0.34	0.23	0.26
Yb	3.67	1.11	0.83	3.02	3.32	2.95	5.70	4.08	0.08	1.53	2.14	2.22	2.67	2.29	1.52	1.79
Lu	0.51	0.12	0.09	0.41	0.48	0.42	0.76	0.56	0.01	0.24	0.36	0.41	0.51	0.38	0.24	0.28
Hf	4.27	2.27	1.23	5.05	6.17	6.98	7.71	10.1	2.82	4.62	2.99	2.77	5.23	32.6	13.6	23.3
Ta	3.66	2.88	1.79	6.05	3.91	4.64	4.46	12.0	0.36	8.40	7.86	9.97	17.8	68.2	82.3	81.2
Pb	2.03	4.09	11.5	12.8	16.4	7.85	6.04	15.3	2.95	6.28	2.82	1.78	1.92	2.64	25.8	2.64
Th	1.61	0.69	2.03	1.00	3.53	2.33	1.09	5.77	0.27	2.23	4.01	4.05	5.41	9.14	4.26	10.1
U	1.65	1.56	3.22	2.50	2.40	4.35	3.01	3.56	1.14	4.50	0.68	0.84	1.69	18.6	49.2	16.3

1-10 – Bolshaya Tagna: 1, 2 – ijolites, 3 – melteigites, 4 – urtites, 5, 6 – nephelinite, 7, 8 – nepheline syenite, 9 – aegirine syenite, 10 – feldspar syenite;; 11-16 – Srednaya Zima complex: 11-13 – ijolite - melteigite, 14-16 –syenite;