

РЕДКИЕ И РАССЕЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПЛАТИНОНОСНЫХ ДУНИТАХ УРАЛА И АЛДАНСКОГО ЩИТА: СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© 2013 г. Г. А. Лепихина, Ю. Л. Ронкин, А. А. Ефимов¹

Проблемы реконструкции геологической истории и диагностики генетических аспектов платиноносных дунитов Уральского складчатого пояса в последнее время являются предметом оживленной дискуссии [1–12, 15–18 и др.]. Платиноносный пояс Урала, представленный 14-ю концентрически зональными массивами (рис. 1), известен как рудный объект уже около 250 лет. Не меньший интерес обнаруживается и в отношении открытых в 1950-е годы на Алданском щите платиноносных дунитовых комплексов, среди которых наиболее изученным, является Кондёрский массив [13, 19]. В отличие от уральских дунитовых тел, дунитовые массивы Алданского щита представляют собой трубообразные тела (диапиры), интрузирующие архейский кристаллический фундамент и рифейский осадочный чехол щита (рис. 2). Отличия в тектонической обстановке и в ассоциации пород позволили выделить платформенный (“алданский”) и эвгеосинклинальный (“уральский”) тип платиноносных комплексов [13]. Впоследствии было высказано предположение, что, несмотря на различную геодинамическую обстановку, дуниты этих различных регионов, по множеству данных, вещественно идентичны, что позволило предположить генетическое единство “зональных” платиноносных комплексов складчатых областей и платформ [3, 7, 20]. Более того, в свое время А.А. Ефимов сделал парадоксальный вывод о том, что уральские дунитовые тела изначально были геологически автономными, сравнимыми по размерам и даже по морфологии с алданскими, не имели генетической связи с габбро, слагающими главную массу Пояса, и были включены в его структуру тектоническим путем [4, 5]. А.А. Ефимовым же было высказано предположение, что дунит “урало-алданского” типа есть общий элемент, вещество субконтинентальной мантии [20], что вызвало определенную дискуссию.

С целью внести определенную ясность в вопрос генезиса зональных комплексов нами проведено изучение концентраций редких и рассеянных элементов в дунитах Платиноносного пояса Урала и Кондёрского массива. Проанализировано 18 проб уральских дунитов из трех массивов



Рис. 1. Схема Платиноносного пояса Урала с указанием локализации массивов из которых были отобраны образцы для изучения микроэлементного состава дунитов.

1, 2, 3 – массивы Денежкин Камень, Кытлымский и Нижне-Тагильский, соответственно.

¹ Идеологическая основа настоящего сообщения принадлежит выдающемуся исследователю Платиноносного Пояса Урала Александру Александровичу Ефимову.

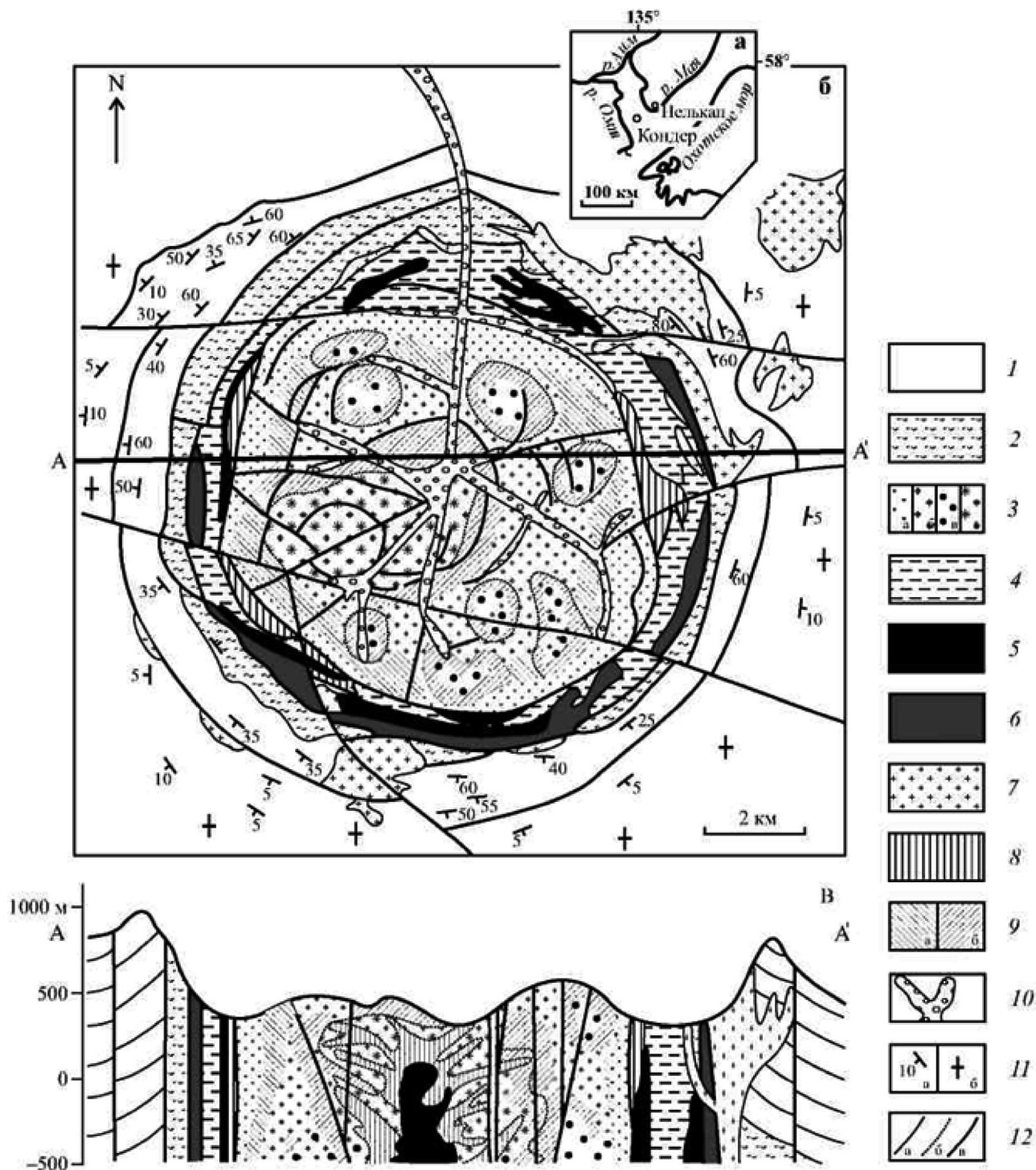


Рис. 2. Локализация (а), схематическая геологическая карта (б) и разрез (в) Кондерского дунитового массива.

Использованы геологические карты 1 : 10000 и 1 : 25000 [1], составленные ПГО “Дальгеология”.

1 – алевролиты и песчаники среднего рифея; 2 – гнейсы, кристаллические сланцы, мраморы и кальцифиры раннего архея; 3–4 – ультраосновные породы кондерского комплекса (поздний протерозой): 3 – дуниты (а – мелкозернистые, б – порфирировидные, в – пегматоидные, г – магнетитизированные порфирировидные), 4 – пироксениты; 5–7 – магматические породы алданского комплекса (мезозой): 5 – косвиты, 6 – габбро, 7 – субщелочные диориты, монцодиориты (дайковый и жильный комплексы не показаны); 8 – оливин-диопсидовые метасоматиты внутреннего периклинального разрыва и центральные щелочные метасоматиты (на разрезе); 9 – участки дунитов с относительно повышенными содержаниями минералов платиновой группы (а – главным образом микроскопических размеров, б – относительно крупных размеров); 10 – россыпи платиновых металлов; 11 – залегание пластов (а – наклонное, б – горизонтальное); 12 – границы (а – геологические, б – фациальные) и разломы (в).

Таблица 1. Редкие и рассеянные элементы в дунитах Платиноносного Пояса Урала (ДК1-ДК7 Денежкин Камень, К1-К6 Кытлым, Т1-Т5 Тагил) и Кондерского (КН1-КН13) массива, (г/т)

	КН1	КН2	КН3	КН4	КН5	КН6	КН7	КН8	КН9	КН10	КН11	КН12	КН13	ДК1	ДК2	ДК3
Li	0.531	0.548	0.472	0.47	0.474	0.577	0.502	0.458	0.422	0.547	0.604	0.473	0.463	0.714	0.766	1.09
Be	0.00672	0.0181	0.0057	0.00606	0.00931	0.015	0.0062	0.0109	0.0135	0.0057	0.005	0.0116	0.0098	0.0948	0.121	0.09
Sc	3.14	4.57	3.79	3.4	3.79	3.3	3.62	3.57	3.95	4.49	4.02	3.41	3.74	5.01	3.82	3.5
Ti	47.5	147	74.1	57.4	62.7	65.7	89.7	62.1	132	114	84.3	88.8	66.9	60.5	51.7	70.8
V	3.03	9.83	3.55	4.14	4.52	4.51	7.3	4.63	10.4	10.6	7.19	5.8	6.43	10.5	13.7	7.5
Cr	1760	2340	2800	2670	2530	2270	3840	2900	4210	2310	2350	3290	3370	3200	4050	3050
Mn	1130	1290	1180	1150	1260	1150	1250	1110	1120	1790	1450	1290	1260	1150	933	704
Co	99.1	111	99.5	92.2	107	96.6	92.7	103	102	135	111	114	105	125	109	92.5
Ni	1280	892	1280	1250	924	1350	1380	1410	1370	1020	907	1420	1120	672	1540	1750
Cu	5.6	4.53	4.3	5.31	7.69	3.39	11.8	2.92	8.56	8.49	12.4	8.43	3.03	4.76	8.95	5.46
Zn	26.8	37.3	29.7	29.6	33.4	32.2	35.6	33.6	33.8	46.5	34.9	33.3	39.3	34.5	30.7	25.1
Ga	0.162	0.32	0.231	0.22	0.198	0.175	0.398	0.217	0.402	0.321	0.287	0.311	0.258	0.0122	0.106	0.05
Ge	6.56	8.21	7.18	6.65	8.43	6.72	7.67	6.79	7.15	10.3	9.19	7.32	7.8	0.0012	0.0033	0
Rb	0.0872	0.555	0.168	0.0799	0.0936	0.08	0.182	0.141	0.306	0.152	0.067	0.801	0.23	0.23	0.618	0.25
Sr	0.745	6.88	1.06	0.672	1.45	3.19	1.51	0.951	2.39	1.06	1	2.1	8.65	1.02	1.61	2.42
Y	0.0769	0.334	0.0935	0.0726	0.0829	0.106	0.203	0.0821	0.267	0.143	0.106	0.118	0.0709	0.164	0.241	0.21
Zr	0.199	0.632	0.198	0.167	0.226	0.254	0.516	0.148	0.458	0.253	0.253	0.246	0.31	0.376	0.442	0.45
Nb	0.0368	0.102	0.146	0.0581	0.275	0.096	0.0621	0.05	0.0572	0.0346	0.032	0.856	0.224	0.136	0.0897	0.05
Mo	0.938	0.479	0.206	0.228	1.6	0.359	1.92	0.308	1.22	1.57	0.478	1.02	0.138	0.3	1.28	0.22
Ag	0.0002	0.0003	0.0002	0.00099	0.00022	2E-04	0.0002	0.00014	0.0003	0.0003	2E-04	0.0001	0.0001	0.0071	0.012	0.01
Cd	0.0246	0.0273	0.0197	0.0192	0.025	0.021	0.0286	0.0187	0.03	0.0335	0.028	0.0242	0.0175	0.0081	0.0289	0.04
Sn	0.311	0.188	0.254	0.311	0.563	0.232	0.691	0.143	0.406	0.501	0.503	0.448	0.142	1.43	1.66	1.48
Sb	0.0403	0.0202	0.0304	0.0293	0.0665	0.027	0.0828	0.0163	0.0508	0.0679	0.072	0.0416	0.0141	0.0232	0.0677	0.03
Te	0.00384	0.0075	0.0033	0.00794	0.00485	0.003	0.0078	0.00566	0.0069	0.0044	0.004	0.0056	0.0061	0.0022	0.0087	0
I	0.691	0.727	0.775	0.782	0.794	0.748	0.864	0.89	0.862	0.869	0.903	0.903	0.828	0.578	0.564	0.66
Cs	0.00204	0.0216	0.0034	0.00237	0.00397	0.003	0.0058	0.00533	0.0069	0.004	0.003	0.0107	0.0028	0.0044	0.036	0.01
Ba	1.01	5.14	1.27	2.45	1.28	1.22	2.3	1.67	2.97	2.33	0.637	5.74	3.5	0.553	4.5	2.09
La	0.0204	0.247	0.0243	0.014	0.0308	0.053	0.0462	0.0267	0.087	0.0643	0.035	0.0774	0.0851	0.0269	0.244	0.09
Ce	0.0462	0.557	0.0538	0.0315	0.069	0.104	0.101	0.0515	0.212	0.147	0.079	0.142	0.126	0.0705	0.471	0.2
Pr	0.00567	0.0732	0.0064	0.00407	0.00955	0.011	0.0129	0.00668	0.0312	0.0176	0.01	0.0183	0.0119	0.0108	0.0579	0.03
Nd	0.0256	0.322	0.0269	0.017	0.0422	0.046	0.0582	0.0301	0.153	0.0686	0.042	0.0722	0.0383	0.0529	0.222	0.12
Sm	0.0066	0.0781	0.0062	0.00451	0.0104	0.011	0.0159	0.00823	0.0456	0.0163	0.01	0.0149	0.0085	0.0154	0.0425	0.03
Eu	0.00234	0.0203	0.0023	0.00154	0.00333	0.004	0.0051	0.00273	0.0111	0.0054	0.003	0.0045	0.0028	0.0049	0.0124	0.01
Gd	0.00756	0.0725	0.0081	0.00525	0.00994	0.011	0.0156	0.00887	0.0453	0.0166	0.011	0.0136	0.0086	0.0186	0.0409	0.03
Tb	0.00137	0.0109	0.0016	0.00104	0.00166	0.002	0.0027	0.00148	0.0071	0.0029	0.002	0.0024	0.0014	0.0036	0.0068	0
Dy	0.0111	0.0582	0.0118	0.00867	0.0103	0.015	0.0189	0.0105	0.0426	0.0201	0.015	0.0165	0.0099	0.0238	0.037	0.03
Ho	0.00278	0.0128	0.0031	0.00225	0.00235	0.004	0.0047	0.00281	0.009	0.0049	0.003	0.0038	0.0023	0.0055	0.0079	0.01
Er	0.00923	0.0358	0.011	0.00779	0.00766	0.012	0.0152	0.00962	0.0254	0.0168	0.011	0.0126	0.0075	0.0169	0.0216	0.02
Tm	0.00162	0.0053	0.0021	0.00163	0.00141	0.002	0.0025	0.00176	0.0039	0.0032	0.002	0.0022	0.0013	0.0032	0.0033	0
Yb	0.0137	0.0347	0.0173	0.0141	0.0115	0.016	0.02	0.0142	0.0256	0.0266	0.015	0.0162	0.0113	0.0228	0.0216	0.03
Lu	0.00295	0.0058	0.0035	0.00302	0.00225	0.003	0.0042	0.0031	0.0044	0.0055	0.003	0.0032	0.0024	0.0047	0.0033	0
Hf	0.00458	0.0203	0.0061	0.00554	0.00859	0.006	0.0139	0.00688	0.0145	0.0085	0.006	0.0067	0.0091	0.0122	0.0146	0.02
Ta	0.00237	0.0071	0.0115	0.0114	0.0202	0.004	0.0058	0.00555	0.0055	0.0028	0.002	0.036	0.0538	0.0182	0.0126	0
W	0.241	0.0807	0.123	0.172	0.325	0.093	0.364	0.0806	0.269	0.26	0.233	0.225	0.0371	0.0861	0.142	0.11
Re	0.00034	0.0004	0.0002	0.00021	0.00037	2E-04	0.0005	0.00028	0.0006	0.0003	3E-04	0.0002	0.0003	0.0089	0.0138	0.01
Hg	0.0422	0.0257	0.0265	0.0304	0.0534	0.057	0.107	0.0426	0.0873	0.0722	0.071	0.0701	0.0671	0.0552	0.0482	0.05
Tl	0.00058	0.006	0.0014	0.00078	0.00218	0.001	0.0012	0.00125	0.002	0.0014	7E-04	0.002	0.001	0.0006	0.0155	0
Pb	0.278	0.269	0.326	0.355	0.263	0.288	0.525	0.209	0.56	0.358	0.223	0.177	0.496	0.585	1.05	0.93
Bi	0.0046	0.0035	0.0042	0.00432	0.00455	0.006	0.0059	0.00512	0.006	0.0118	0.005	0.0055	0.0028	0.0035	0.0076	0.01
Th	0.00791	0.0328	0.0069	0.0036	0.00955	0.013	0.0125	0.00618	0.0107	0.0071	0.006	0.0068	0.0046	0.0073	0.0735	0.03
U	0.00673	0.0143	0.0047	0.00412	0.00636	0.008	0.0082	0.00478	0.0078	0.005	0.005	0.0074	0.0031	0.003	0.134	0.02

(рис. 1): Денежкина Камня, Кытлымского и Нижне-Тагильского (7, 6 и 5 проб соответственно). Для Кондёрского массива (рис. 3) было отобрано 13 представительных проб дунита, характеризующих

всю площадь сечения дунитового штока с размерами 6.1 × 5.2 км.

Образцы горных пород, растёртые до пудры весом около 50 мг растворялись смесью плавни-

Таблица 1. Окончание

	ДК4	ДК5	ДК6	ДК7	K1	K2	K3	K4	K5	K6	T1	T2	T3	T4	T5
Li	0.911	1.57	2.3	2.39	3.13	1.31	1.38	1.67	2.08	2.11	3.95	5	1.82	1.19	3.38
Be	0.111	0.12	0.162	0.14	0.0938	0.158	0.0878	0.361	0.122	0.176	0.163	0.155	0.105	0.108	0.127
Sc	3.89	9.89	30.4	24.2	5.65	6.62	5.21	5.83	4.96	10	5.96	7.45	4.79	4.57	5.73
Ti	31.1	94.9	814	532	172	639	102	189	68.2	184	95.1	116	52	41.4	109
V	4.53	12	86.2	75.5	17.9	79.7	11.8	20.6	9.72	23.2	5.17	7.61	3.52	2.54	8.68
Cr	1880	1720	5630	5650	4950	4340	2780	1640	5030	8090	4610	7450	3370	1590	8800
Mn	878	1110	3450	2260	1470	1260	1550	1620	1180	2310	1840	2490	1480	1400	1450
Co	99.6	104	271	181	147	132	144	145	122	222	146	174	122	119	138
Ni	1360	426	1530	1190	1720	1160	1750	1310	1800	2050	1110	1620	741	1510	1280
Cu	9.29	9.24	15.3	16.3	7.57	10.2	5.37	18.1	7.64	10.7	2.7	3.77	8.82	16.7	14.6
Zn	27.9	30.1	88.6	92.5	49.8	58.1	61.4	55.2	38	66.9	46.2	68.5	38	36.8	72.7
Ga	0.0248	0.0406	0.365	0.18	0.0971	0.072	0.0413	0.465	0.263	0.144	0.301	0.456	0.17	0.0713	0.39
Ge	0.0008	0.0015	0.014	0.01	0.0012	0.002	0.0024	0.0028	0.0022	0.0018	0.0042	0.0055	0.0017	0.002	0.004
Rb	0.202	0.21	0.409	0.37	0.578	0.263	0.222	0.497	0.823	0.212	0.996	1.86	0.541	0.361	0.875
Sr	1.04	3.55	14	19.9	18.4	14	18.3	3	0.986	13	1.56	1.76	1.01	1.33	2.02
Y	0.0948	0.348	2.15	1.45	1.79	0.307	0.189	0.352	0.61	0.341	0.802	0.999	0.366	0.389	0.809
Zr	0.286	0.423	1.57	1.86	1.81	1.16	0.788	0.887	1.59	0.482	2.17	2.77	1.11	1.71	2.2
Nb	0.0211	0.0249	0.098	0.32	0.0775	0.075	0.164	0.115	0.0884	0.0848	0.112	0.197	0.114	0.0883	0.198
Mo	0.171	0.222	0.806	0.58	0.349	0.411	0.233	0.426	0.0948	0.24	0.202	0.192	0.115	0.101	0.188
Ag	0.009	0.0098	0.019	0.03	0.0286	0.019	0.0106	0.0138	0.0142	0.0126	0.0207	0.0219	0.0106	0.0142	0.045
Cd	0.0394	0.0176	0.076	0.04	0.0428	0.023	0.0154	0.0464	0.0166	0.0353	0.0327	0.0324	0.0331	0.0389	0.025
Sn	1.67	1.51	2.93	9.18	1.52	1.8	2.7	3.11	1.24	13	1.95	2.12	1.38	0.872	1.14
Sb	0.0286	0.0366	0.435	3.9	0.0907	0.064	0.951	0.0596	0.0078	5.96	0.0139	0.0194	0.0077	0.0085	0.031
Te	0.0028	0.0038	0.002	0.01	0.002	9E-04	0.0009	0.0026	0.0009	0.0046	0.0016	0.002	0.0035	0.0005	0.004
I	0.542	0.527	0.496	0.73	0.373	0.535	0.309	0.531	0.516	0.483	0.479	0.498	0.549	0.319	0.987
Cs	0.0046	0.008	0.015	0.02	0.007	0.006	0.0041	0.0128	0.007	0.0023	0.0124	0.037	0.0062	0.0054	0.015
Ba	0.988	1.41	14.3	6.63	4.37	2.94	1.66	17.1	10.8	5.69	12.3	16.8	6.26	3.01	15
La	0.0242	0.0637	0.226	0.26	0.0979	0.09	0.0653	0.103	0.139	0.0756	0.19	0.223	0.117	0.069	0.238
Ce	0.0538	0.151	0.65	0.71	0.226	0.207	0.146	0.211	0.33	0.187	0.443	0.528	0.25	0.142	0.559
Pr	0.0074	0.0209	0.113	0.11	0.0325	0.029	0.02	0.0275	0.0445	0.0274	0.0592	0.0718	0.0313	0.017	0.074
Nd	0.0333	0.104	0.579	0.54	0.165	0.134	0.0864	0.122	0.195	0.136	0.261	0.325	0.135	0.0693	0.313
Sm	0.0078	0.0298	0.209	0.17	0.0517	0.038	0.0226	0.0397	0.0527	0.0425	0.0719	0.0825	0.0335	0.0156	0.085
Eu	0.0027	0.0097	0.074	0.05	0.0166	0.013	0.0079	0.0222	0.0147	0.0149	0.0229	0.0259	0.0095	0.0056	0.024
Gd	0.0099	0.0364	0.233	0.21	0.0758	0.042	0.0236	0.0428	0.0625	0.0467	0.0795	0.0932	0.0373	0.0197	0.107
Tb	0.0019	0.0069	0.046	0.04	0.02	0.007	0.004	0.0073	0.0116	0.0082	0.0151	0.0184	0.0069	0.0045	0.02
Dy	0.0135	0.0498	0.31	0.29	0.191	0.046	0.0279	0.05	0.0815	0.0527	0.107	0.128	0.0491	0.0445	0.141
Ho	0.0033	0.0111	0.066	0.06	0.0502	0.01	0.0059	0.0117	0.0188	0.0118	0.0249	0.0302	0.0115	0.0124	0.033
Er	0.0102	0.032	0.183	0.18	0.152	0.029	0.0186	0.0344	0.0589	0.034	0.0776	0.0958	0.0355	0.0376	0.1
Tm	0.002	0.0051	0.028	0.03	0.0239	0.005	0.0034	0.0054	0.01	0.0053	0.0128	0.0155	0.0057	0.0059	0.018
Yb	0.0181	0.0373	0.179	0.17	0.157	0.032	0.0265	0.0353	0.0721	0.037	0.0846	0.103	0.0402	0.0396	0.124
Lu	0.0037	0.0063	0.03	0.03	0.0246	0.005	0.0046	0.0055	0.0121	0.0065	0.0141	0.017	0.0066	0.0063	0.021
Hf	0.01	0.0169	0.064	0.1	0.046	0.034	0.0241	0.0248	0.0467	0.012	0.0612	0.0729	0.0331	0.0345	0.092
Ta	0.0012	0.0014	0.008	0.1	0.007	0.005	0.0226	0.0114	0.009	0.0048	0.0071	0.0238	0.0102	0.0059	0.045
W	0.116	0.123	0.905	0.88	0.191	0.291	0.095	0.0672	0.0256	0.0639	0.0618	0.0365	0.0421	0.0172	0.577
Re	0.0073	0.01	0.04	0.09	0.0096	0.018	0.0057	0.002	0.0019	0.0035	0.0026	0.0023	0.0025	0.0001	0.058
Hg	0.0414	0.0472	0.058	0.09	0.0289	0.054	0.0179	0.0379	0.0239	0.0291	0.019	0.0212	0.0304	0.021	0.061
Tl	0.001	0.0007	0.009	2.94	0.0027	0.003	0.0009	0.009	0.0337	0.006	0.0568	0.0949	0.0422	0.0444	0.034
Pb	1.86	0.722	5.59	34	1.65	0.455	6.16	1.75	0.219	40.8	0.411	0.586	0.22	0.356	5.02
Bi	0.0053	0.0037	0.045	23.4	0.0233	0.016	0.0126	0.0237	0.004	0.0141	0.0152	0.0092	0.0054	0.0097	0.025
Th	0.0089	0.014	0.029	0.15	0.0272	0.036	0.0158	0.033	0.0415	0.0155	0.0482	0.0671	0.0313	0.0208	0.126
U	0.0124	0.0178	0.011	0.03	0.113	0.036	0.0053	0.0261	0.0266	0.0077	0.0241	0.0353	0.0262	0.0067	0.062

ковой и азотной кислот (соотношение 5:1), при температурах 130–180°C до полного разложения на электроплитах с тефлоновым покрытием Вутас® и цифровым управлением, с последующим анализом с помощью секторного (SF) масс-спектрометра высокого разрешения (HR) с иони-

зацией в индуктивно-связанной плазме (ICP-MS) Element-2 [15].

По полученным концентрациям редких и рассеянных элементов (всего 44 элемента, табл. 1), нормированных к хондриту [22], построены слайд-диаграммы, на которых соответствующие фигура-

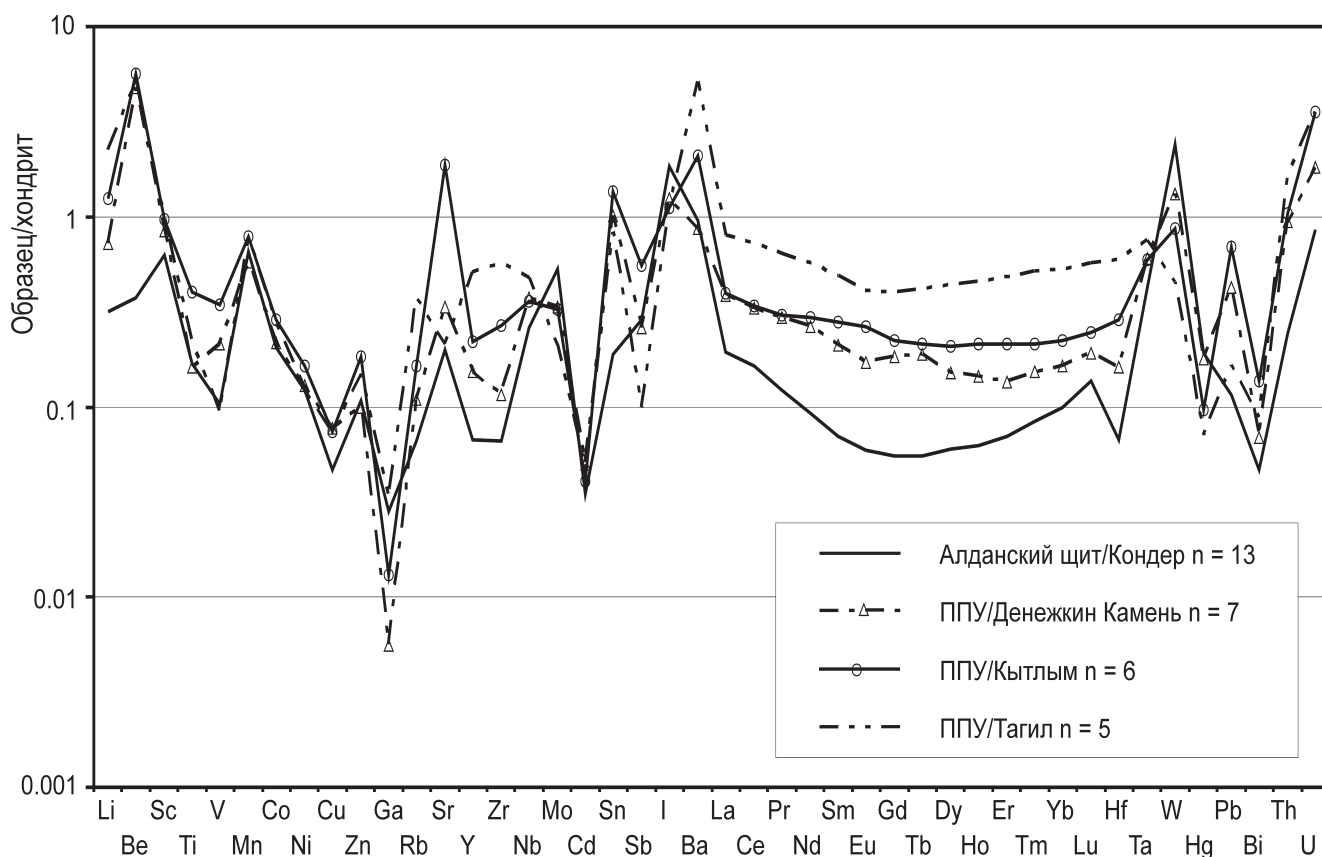


Рис. 3. Спайдер-диаграммы платиноносных дунитов Платиноносного Пояса Урала (ППУ) и Алданского щита.

Нормализация по [22]. Фигуративные точки представлены медианными значениями в силу разно-представленной статистики образцов дунитов из изученных массивов.

тивные точки представлены медианными значениями, в силу разно-представленной статистики образцов дунитов из изученных массивов (рис. 3). По форме распределения они имеют определенное сходство (рис. 3), тем не менее, в уральских дунитах концентрации редких элементов несколько выше, чем в дунитах Кондёрра. Кроме того, последние демонстрируют более выраженную “деплеированность”. Породы обогащены, относительно хондритового состава, Be, Sr (Кытлым), I, Ba, W, U (ППУ). Для редкоземельных элементов наблюдается дефицит средней части спектра относительно легких и тяжелых лантаноидов. Для дунитов ППУ и Алданского щита характерны отрицательные аномалии Ga, Cd, Hg Bi.

По ранее полученным данным, уральские и алданские платиноносные дуниты сходны по химическому составу, по составу оливина, акцессорной хромшпинели, самородной платины и другим характеристикам [7]. Определенное сходство имеют и приведенные спектры распределения редких и рассеянных элементов, что, позволяет на основании всей совокупности данных, по крайней мере, в рамках изученного материала, утверждать о возможной генетической связи [12, 23] уральских и

алданских платиноносных дунитов. Сущность явления до сих пор не ясна, однако имеется мнение [5–7, 20], что продукт этого процесса представляет собой твердое вещество подконтинентальной верхней мантии, проникающее из подкоревой области в кристаллический фундамент древних платформ и даже в их осадочный чехол. Остается также недостаточно понятным, каким образом это вещество вовлекается в структуру областей с различными геодинамическими обстановками (Урал, Корякия, Аляска).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волченко Ю.А., Иванов К.С., Коротеев В.А., Оже Т. Структурно-вещественная эволюция комплексов Платиноносного пояса Урала при формировании хромит-платиновых месторождений Уральского типа. Часть I // Литосфера. 2007. № 3. С. 3–27.
2. Волченко Ю.А., Иванов К.С., Коротеев В.А., Оже Т. Структурно-вещественная эволюция комплексов Платиноносного пояса Урала при формировании хромит-платиновых месторождений Уральского типа. Часть II // Литосфера. 2007. № 4. С. 73–101.
3. Ефимов А.А. Проблема дунита // Сов. геология. 1966. № 5. С. 13–27.

4. *Ефимов А.А.* “Горячая тектоника” в гипербази-тах и габброидах Урала // *Геотектоника*. 1977. № 1. С. 24–44.
5. *Ефимов А.А.* Платиноносный пояс Урала: тектоно-метаморфическая история древней глубинной зоны, записанная в ее фрагментах // *Отечеств. геология*. 1999. № 3. С. 31–39.
6. *Ефимов А.А.* Итоги столетнего изучения Платиноно-сного пояса Урала // *Литосфера*. 2010. № 5. С. 34–53.
7. *Ефимов А.А., Таврин И.Ф.* О генетическом единстве платиноносных дунитов Урала и Алданского щита // *Докл. АН СССР*. 1978. Т. 243, № 4. С. 991–994.
8. *Ефимов А.А., Ефимова Л.П., Маегов В.И.* Тектони-ка Платиноносного пояса Урала: соотношение ве-щественных комплексов и механизм формирования структуры // *Геотектоника*. 1993. № 3. С. 34–46.
9. *Иванов О.К.* Концентрически-зональные пироксе-нит-дунитовые массивы Урала. Минералогия, пе-трология, генезис. Екатеринбург: УрГУ, 1997. 487 с.
10. *Иванов О.К.* Концентрически-зональные пироксе-нит-дунитовые массивы платиноносного пояса Ура-ла: достижения и провалы за последние 20 лет // *Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых об-ластей и связанные с ними месторождения: мат-лы III Междунар. конф.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. С. 202–206.
11. *Иванов О.К.* Ординарный дунит и неординарная франко-русская научная халтура. О статье Ю.А. Вол-ченко и др. // *Уральский геологический журнал*. 2008. № 5 (65). С. 56–73.
12. *Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Складорова.* М.: Интернет Инжиниринг, 2001. 288 с.
13. *Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Гарути Дж., Заккари-ни Ф.* Хром-платиновое оруденение Нижнетагиль-ского типа на Урале: структурно-вещественная ха-рактеристика и проблема генезиса // *Литосфера*. 2007. № 3. С. 28–65.
14. *Рожков И.С., Кицул В.И., Разин Л.В., Боришан-ская С.С.* Платина Алданского щита. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 119 с.
15. *Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П., Голик С.В. и др.* Мульт-иэлементный анализ геологических образцов кис-лотным разложением и окончанием на HR ICP-MS Element2 // *Ежегодник-2004*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. С. 423–433.
16. *Феритатер Г.Б.* Дунит-клинопироксенит-габбро-вая формация Платиноносного пояса Урала: позд-неордовикская субплатформенная вулcano-плуто-ническая ассоциация // *Магматические формации в геологической истории и структуре Земли*. Сверд-ловск: ИГГ УрО РАН, 1989. С. 55–64.
17. *Auge T., Genna A., Legendre O. I. et al.* Primary platinum mineralization in the Nizhny Tagil and Kachkanar ultramafic complexes, Ural, Russia: A genetic model for PGE concentration in chromite rich zones // *Economic Geology*. 2005. V. 100. P. 707–732.
18. *Bea F., Fershtater G.B., Montero P. et al.* Recycling of continental crust into the mantle as revealed by Kytlym dunitе zircons, Ural Mts, Russia // *Terra Nova*. 2001. V. 13, № 1. P. 1–7.
19. *Burg J.P., Bodinier J.-L., Gerya N. et al.* Translithospheric mantle diapirism: geological evidence and numerical modeling of the Kondyor zoned ultramafic complex (Russian Far-East) // *J. Petrology*. 2009. V. 50, № 2. P. 289–321.
20. *Efimov A.A.* The Platinum Belt of the Urals: Structure, petrogenesis and correlation with platiniferous com-plexes of the Aldan Shield and Alaska // *8th Interna-tional Platinum Symposium. Abstracts*. Johannesburg, SAIMM, 1998. P. 93–96.
21. *Ionov, D. A., Savoyant, L. & Dupuy, C.* Application of the ICP-MS technique to trace-element analysis of peridotites and their minerals // *Geostandards Newsletter*. 1992. V. 16. P. 311–315.
22. *McDonough, W.F. and Sun, S.* The composition of the Earth // *Chemical Geology*, 1995. V. 120, № 3–4. P. 223–253.
23. *Rollinson H.R.* *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Longman, UK. 1993. 352 p.