

ВОЗРАСТ И ГЕОХИМИЯ ПЛАСТОВСКОГО ЗОЛОТОНОСНОГО МАССИВА

Г. Б. Ферштатер, С. Е. Знаменский, Н. С. Бородина

Пластовский массив, в котором залегает известное Кочкарское золотое месторождение, расположен в палеоконтинентальной зоне юго-восточного мегаблока и сложен биотит-роговообманковыми гранодиоритами и плагиогранитами. Широким развитием пользуются разgneйсованные и мигматизированные разности, что позволило ряду исследователей [6 и др.] рассматривать массив как мигматит-плутон. Породы прорваны большим количеством базитовых даек, представленных биотит-роговообманковыми лампрофирами, в которых и залегает большая часть золотой минерализации [1–3]. Дайки, очевидно, служили флюидопроводниками и поэтому интенсивно преобразованы такими метасоматическими процессами, как биотитизация, альбитизация, окварцевание, карбонатизация. Эти дайки настолько характерны, что получили собственное название – “табашки”.

В данной статье приводятся первые данные о возрасте циркона из плагиогранита и “табашки” (определения выполнены на ионном микрозонде SHRIMP-2, ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург), а также геохимическая характеристика пород (метод ICP-MS,

лаборатория ФХМИ ИГГ УрО РАН, Екатеринбург). Аналитические данные приведены в табл. 1, 2, 3.

Гранитоиды и “табашки” Кочкарского месторождения содержат полигенную и полихронную популяцию цирконов (табл. 1). В плагиограните выявлены фрагменты реликтовых цирконов с возрастом более 500 млн. лет, присутствующие в виде корродированных ядер с каймами 330–360 млн. лет, основной тип – зональный, с хорошей сохранностью и отчетливым строением, с призматического обликом 408–402 млн. лет, также окруженный каймами с возрастом 330–360 млн. лет), и, наконец, единичные зерна со следами растворения и возрастом около 290 млн. лет (фиг. 1), который отвечает главной фазе коллизионного гранитного магматизма в палеоконтинентальной зоне юго-восточного мегаблока. Магматический этап становления пород, по-видимому, фиксирует основная раннедевонская разновидность цирконов (408–402 млн. лет), тогда как образование позднедевонско-раннекаменноугольных цирконов возраста (330–360 млн. лет), аномально богатых ураном, отвечает разным стадиям золотого

Таблица 1. Возраст цирконовых зерен из Пластовского массива

Зерна и кратеры	$^{206}\text{Pb}_c$, %	U, ppm	Th, ppm	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	$^{206}\text{Pb}^*$, ppm	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ возраст, млн. лет	$\pm\%$	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}$	$\pm\%$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$\pm\%$	егг согг
гранодиорит, к178, отвалы шахты им. К. Маркса												
1.1	3.09	120	35	0.30	6.94	407.7	± 9.2	0.35	28	0.0653	2.3	0.083
8.1	2.65	170	130	0.79	6.84	287.6	± 5.8	0.28	27	0.04562	2.1	0.075
2.1	1.83	130	41	0.33	7.03	386.4	± 7.8	0.39	25	0.0618	2.1	0.081
7.1	1.76	126	13	0.11	7.08	402.3	± 7.4	0.429	21	0.0644	1.9	0.091
5.1	0.87	146	42	0.30	8.21	404.7	± 9.3	0.434	15	0.0648	2.4	0.157
4.1	0.31	284	35	0.13	14.5	369.8	± 3.9	0.418	5.9	0.05904	1.1	0.183
7.2	0.98	4269	2263	0.55	199	338	± 1.3	0.394	2.5	0.05383	0.38	0.154
6.2	0.87	1920	583	0.31	95.6	360.3	± 1.8	0.427	3.3	0.05749	0.51	0.157
3.2	2.11	3478	741	0.22	161	331.5	± 1.5	0.392	3.6	0.05276	0.46	0.127
6.1	0.00	776	558	0.74	56.3	522.9	± 3	0.674	1.7	0.0845	0.6	0.362
3.1	0.00	166	46	0.28	12.1	527.9	± 6.4	0.704	5.5	0.0853	1.3	0.230
“табашка”, к1852, отвалы шахты им. К. Маркса												
2.1	0.58	145	55	0.39	8.25	410.9	± 4.4	0.449	9.1	0.06581	1.1	0.122
2.2	0.27	283	76	0.28	15.2	391.3	± 2.5	0.462	3.7	0.06258	0.65	0.178
3.1	3.13	76	53	0.73	4.07	379.2	± 7.3	0.42	25	0.0606	2	0.081
4.1	–	681	534	0.81	27.2	293.3	± 1.4	0.337	1.5	0.04654	0.48	0.315
5.1	1.54	96	46	0.50	4.96	369.1	± 5.9	0.347	20	0.05893	1.6	0.081
6.1	1.53	117	85	0.75	6.11	374	± 4.4	0.375	13	0.05973	1.2	0.093
7.1	0.82	80	36	0.47	4.12	373.7	± 5.1	0.386	13	0.05968	1.4	0.112
8.1	0.69	137	104	0.78	6.76	357.5	± 3.6	0.378	6.8	0.05702	1	0.151

Примечание. Pb_c and Pb^* – нерадиоогенный и радиоогенный свинец, соответственно. Коррекция на Pb_c по измеренному ^{204}Pb .

Таблица 2. Содержание петрогенных окислов (мас. %) и редких элементов (ppm) в гранитоидах Пластовского массива

№ п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Проба	П331	П339	К178	9	26	27	31	35	38
SiO ₂	71.90	71.54	73.30	66.50	71.44	73.13	73.83	72.28	71.77
TiO ₂	0.28	0.19	0.19	0.15	0.18	0.04	0.11	0.15	0.16
Al ₂ O ₃	14.04	14.99	14.50	18.07	15.11	14.15	14.58	15.07	16.23
Fe ₂ O ₃	0.69	0.64	0.57	1.07	1.39	0.93	0.96	0.94	1.52
FeO	1.31	0.86	1.04	0.5	0.7	0.3	0.4	0.4	0.5
MnO	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
MgO	0.38	0.42	0.62	0.69	0.65	0.58	0.60	0.38	1.42
CaO	2.88	2.13	1.83	3.14	2.03	1.50	1.32	2.08	1.06
Na ₂ O	4.42	4.60	4.50	5.80	5.30	4.80	4.10	6.60	1.70
K ₂ O	2.42	3.32	2.11	2.54	2.52	3.61	3.35	1.47	4.42
P ₂ O ₅	0.06	0.02	0.08	0.08	0.06	0.04	0.03	0.04	0.07
LOI	не опр.	не опр.	не опр.	0.90	0.60	0.90	0.60	0.50	1.70
Li	19.10	9.14	8.75	5.97	7.14	6.24	8.78	4.79	19.26
Rb	63.30	65.64	62.56	21.35	57.23	69.39	61.49	35.47	89.07
Cs	2.32	1.22	1.18	2.03	1.29	1.69	0.85	0.81	1.66
Be	1.49	2.21	2.01	2.94	1.77	1.57	1.22	2.03	2.06
Sr	426.4	262.2	389.3	208.4	491.0	310.4	117.9	514.6	190.5
Ba	676.4	684.6	419.1	498.4	804.0	512.6	542.4	465.4	857.2
Sc	3.14	1.46	2.51	1.68	2.10	2.04	2.16	1.24	2.65
V	24.63	12.18	15.46	15.86	14.15	4.71	9.38	8.17	17.91
Cr	11.88	9.53	7.09	0.60	3.82	2.23	2.80	1.84	8.33
Co	3.01	1.42	2.17	0.83	1.67	0.95	3.41	0.94	1.93
Ni	4.09	2.18	6.69	н/о	2.57	2.13	2.84	2.12	8.44
Cu	13.91	21.61	13.53	5.69	16.92	7.50	18.72	12.17	18.85
Zn	50.49	38.59	41.34	28.74	38.54	14.37	12.97	16.39	33.92
Ga	19.66	18.84	19.28	20.27	17.09	14.34	16.55	16.05	16.82
Y	3.90	3.52	4.67	3.41	3.82	3.00	2.85	3.41	2.60
Nb	3.62	3.96	4.41	5.28	3.47	4.08	1.31	2.37	2.49
Ta	0.21	0.34	0.89	0.36	0.32	0.42	0.10	0.25	0.13
Zr	94.9	74.5	79.4	77.2	68.2	24.5	20.3	64.5	53.9
Hf	2.75	2.27	2.23	6.67	2.12	1.20	0.76	2.19	1.72
Mo	0.09	0.10	0.42	н/о	0.80	1.03	0.13	0.11	0.22
Sn	1.64	1.21	1.70	0.88	1.07	1.04	0.93	0.60	1.28
Tl	0.40	0.46	0.52	0.34	1.30	0.74	0.43	0.94	0.42
Pb	14.49	27.51	29.53	48.88	19.11	40.97	50.08	18.44	16.38
U	1.97	3.33	3.17	3.90	5.99	2.80	2.51	4.44	4.21
Th	10.60	4.70	7.13	3.90	5.99	2.80	2.51	4.44	4.21
La	23.53	9.60	17.86	7.17	14.56	5.99	5.92	10.23	14.05
Ce	47.26	19.16	36.88	12.59	29.36	12.85	12.38	19.73	29.01
Pr	5.30	2.24	3.92	1.85	3.29	1.45	1.44	2.06	3.17
Nd	20.24	8.64	13.96	7.36	11.61	5.51	5.79	7.39	12.06
Sm	3.39	1.57	2.33	1.55	2.13	1.21	1.27	1.34	2.03
Eu	0.82	0.43	0.55	0.30	0.47	0.19	0.37	0.43	0.42
Gd	2.09	1.07	1.38	1.19	1.33	0.98	1.12	1.00	1.35
Tb	0.21	0.13	0.18	0.16	0.16	0.13	0.14	0.12	0.14
Dy	0.96	0.73	0.95	0.88	0.84	0.73	0.76	0.71	0.72
Ho	0.15	0.13	0.17	0.14	0.14	0.12	0.12	0.13	0.11
Er	0.37	0.36	0.43	0.35	0.36	0.31	0.28	0.37	0.28
Tm	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.04
Yb	0.30	0.39	0.41	0.30	0.32	0.31	0.22	0.37	0.22
Lu	0.04	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.06	0.04
W	1.53	2.72	3.67	1.49	2.67	53.94	8.91	2.58	13.33
Bi	0.11	0.34	0.95	0.07	1.83	1.08	5.29	0.12	0.25
Cd	0.03	0.08	0.30	0.07	0.08	0.01	0.02	0.08	0.06
Ge	0.82	0.98	1.06	1.06	0.90	1.28	1.15	0.88	1.50
Ag	0.13	0.13	0.23	0.11	0.14	0.15	0.04	0.08	0.16
Sb	0.15	0.20	0.25	0.12	0.09	0.07	0.07	0.17	0.17
Te	н/о	н/о	0.17	0.01	0.50	0.58	1.78	0.03	0.04

Примечание. 1–3 – отвалы шахты им. К. Маркса; 4–9 – эксплуатационные выработки в северной части Кочкарского месторождения, горизонты 460–560 м (образцы отобраны С.Е. Знаменским).

Таблица 3. Содержание петрогенных окислов (мас. %) и редких элементов (ppm) в дайках (“габашках”) Пластовского массива

№ пп	1	2	3	4	5	6	7	8
Проба	5	7	24	29	39	36	32	k1852
SiO ₂	43.28	47.00	52.59	51.57	53.66	52.24	57.07	52.44
TiO ₂	1.40	0.84	1.02	0.94	0.86	1.00	0.74	0.90
Al ₂ O ₃	15.96	12.05	15.05	13.95	14.79	15.26	14.60	13.54
Fe ₂ O ₃	7.32	2.63	5.05	3.97	2.24	3.68	4.66	9.68
FeO	10.3	5.8	4.9	4.8	4.4	4.6	5.4	
MnO	0.13	0.17	0.09	0.12	0.15	0.15	0.15	0.14
MgO	7.65	4.51	6.23	6.52	5.43	4.05	5.43	6.69
CaO	1.01	11.08	4.22	7.23	6.30	7.36	6.39	4.82
Na ₂ O	<2	1.70	2.20	<2	<2	<2	1.90	3.1
K ₂ O	8.07	5.98	5.18	5.52	7.75	7.12	2.61	2.80
P ₂ O ₅	0.32	0.32	0.32	0.36	0.36	0.35	0.23	0.16
LOI	2.50	6.90	2.10	4.30	3.00	3.90	1.50	1.20
Li	39.00	25.07	39.83	43.05	28.86	24.30	20.45	36.93
Rb	162.61	165.73	150.34	181.86	167.97	189.51	68.58	76.73
Cs	14.65	9.19	21.40	15.10	10.32	13.14	4.71	9.12
Be	1.13	1.61	1.76	1.71	1.12	1.34	2.00	1.08
Sr	49.1	332.1	515.6	420.5	249.3	312.0	316.2	380.5
Ba	752.7	775.7	650.0	600.5	929.8	673.3	385.5	381.3
Sc	18.67	22.72	11.79	14.44	12.82	21.63	27.71	19.79
V	219.84	181.47	143.16	130.34	121.57	178.11	163.64	132.72
Cr	55.91	119.85	164.99	241.58	210.02	14.36	104.73	190.60
Co	40.24	25.64	23.70	31.78	27.62	20.33	28.68	25.42
Ni	34.17	18.85	114.93	133.82	127.39	н/о	13.70	92.99
Cu	45.36	83.34	106.68	65.99	84.15	18.12	41.13	17.89
Zn	90.53	75.05	53.44	50.42	113.61	76.14	62.42	75.90
Ga	22.90	15.58	29.05	18.05	21.80	16.87	14.81	16.29
Y	6.49	15.57	13.49	13.08	12.63	17.81	14.71	14.43
Nb	6.39	6.10	8.59	8.19	11.11	7.43	6.37	4.13
Ta	0.40	0.45	0.48	0.47	0.69	0.44	0.48	0.30
Zr	50.8	83.8	116.0	122.5	132.4	83.2	56.6	45.9
Hf	1.59	2.56	2.96	3.28	3.60	2.55	1.68	1.25
Mo	н/о	0.85	0.35	0.09	н/о	1.04	0.42	0.06
Sn	1.72	1.22	4.40	3.00	3.78	1.43	1.75	0.80
Tl	1.36	1.02	1.03	1.16	1.13	1.25	0.41	0.77
Pb	5.50	12.86	8.35	24.96	30.76	10.47	17.53	21.22
U	2.21	4.39	8.36	7.46	9.48	3.87	4.72	4.83
Th	2.21	4.39	8.36	7.46	9.48	3.87	4.72	1.96
La	3.62	15.68	42.71	38.52	50.10	16.42	18.52	17.59
Ce	8.72	34.65	84.79	79.00	97.51	36.60	40.34	30.47
Pr	1.21	4.18	9.87	8.76	11.61	4.50	4.77	4.27
Nd	5.41	17.83	36.55	33.30	44.85	18.87	19.45	17.50
Sm	1.35	3.71	6.02	5.33	7.44	4.05	4.03	3.50
Eu	0.38	1.00	1.36	1.28	2.22	1.07	1.10	1.14
Gd	1.35	3.51	4.09	3.72	5.06	3.71	3.69	3.20
Tb	0.21	0.49	0.52	0.46	0.61	0.56	0.51	0.46
Dy	1.41	3.21	2.98	2.87	3.27	3.65	3.29	2.96
Ho	0.29	0.65	0.54	0.53	0.54	0.75	0.63	0.60
Er	0.86	1.89	1.45	1.47	1.31	2.19	1.68	1.68
Tm	0.14	0.27	0.21	0.22	0.19	0.31	0.24	0.24
Yb	0.83	1.73	1.24	1.36	1.12	1.95	1.42	1.56
Lu	0.13	0.27	0.19	0.19	0.16	0.29	0.21	0.23
W	6.26	26.17	16.25	187.43	32.77	11.66	0.86	9.98
Bi	1.72	0.28	9.59	2.20	2.80	0.11	1.11	0.33
Cd	0.06	0.28	0.20	0.18	0.27	0.17	0.13	0.16
Ge	1.62	1.43	2.56	2.07	1.99	1.64	1.50	1.19
Ag	0.34	0.22	0.40	0.26	1.22	0.11	0.14	0.15
Sb	0.20	0.13	0.31	0.14	0.24	0.34	0.20	0.29
Te	0.60	0.34	3.56	0.16	0.22	0.01	0.17	0.02

Примечание. Образцы 1–7 отобраны С.Е. Знаменским в эксплуатационных выработках в северной части Кочкарского месторождения, горизонты 460–560 м; обр. 8 – отвалы шахты им. К. Маркса. Na₂O определен на приборе EDX-900HS с чувствительностью менее 2%

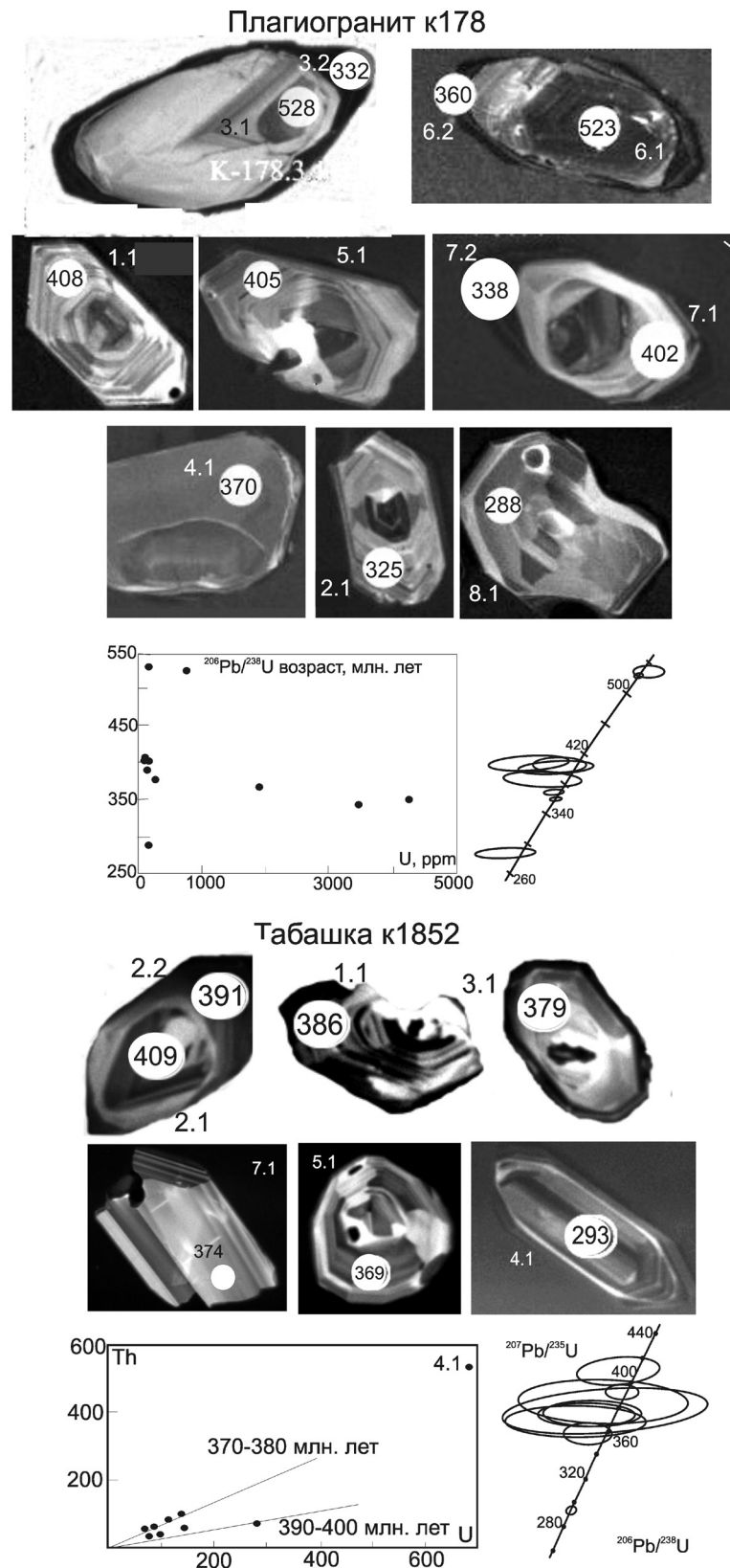


Рис. 1. Катодолуминесцентные изображения и возраст зерен циркона из плагиогранита к178 и “табашки” к1852 из Пластовского массива (ионный зонд SHRIMP-II, ВСЕГЕИ).

Места анализов обозначены кружками, цифры внутри кружков – возраст, млн. лет. Содержание U, Th, Pb и возраст проанализированных зерен приведены в табл. 1. Под фотографиями зерен циркона – конкордии в координатах $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ с результатами определений возраста зерен циркона и геохимические диаграммы “содержание U – возраст” и U–Th.

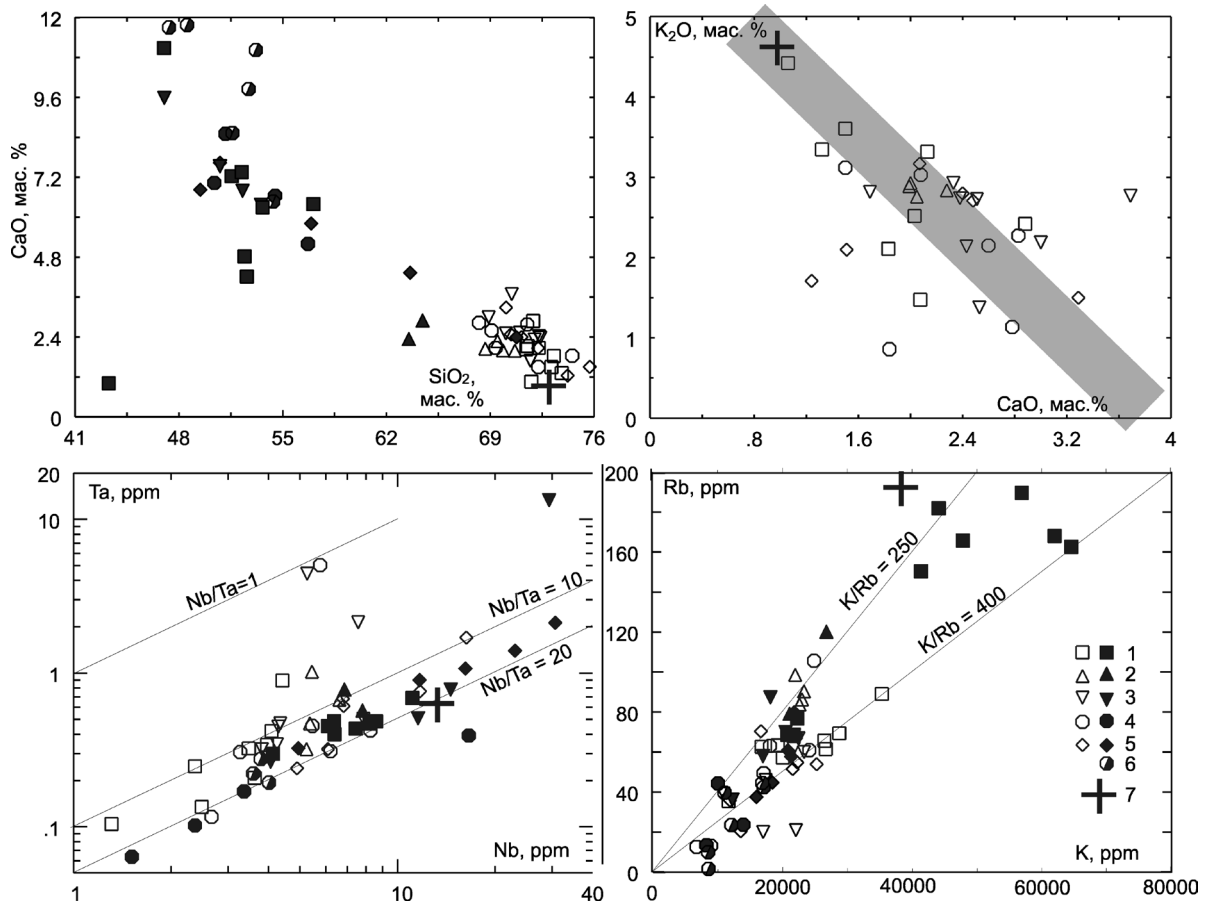


Рис. 2. Диаграммы $\text{SiO}_2\text{--CaO}$, $\text{CaO--K}_2\text{O}$, Nb--Ta , K--Rb для гранитоидов (пустые знаки) и даек (залитые знаки) из массивов, продуктивных на золотое оруденение.

Массивы: 1 – Пластовский, 2 – Шарташский, 3 – Верхисетский, 4 – Каменский, 5 – Сыростанский. 6 – монцогаббро Сахаринского массива; 7 – средний состав позднепалеозойского “водного” гранита. Широкая серая полоса на диаграмме $\text{CaO--K}_2\text{O}$ – положение гранитной котектики.

оруденения, наложенного на гранитоиды в связи с внедрением лампрофиров (“табашек”). Последние, по данным цирконовой геохронологии, имеют возраст $390\text{--}370$ млн. лет, с основным импульсом 375 ± 5 млн. лет (рис. 1). Как и в плагиограните, в них отмечаются и реликтовые фазы с возрастом 410 млн. лет, и цирконы с возрастом около 290 млн. лет с высоким содержанием U и Th , что служит дополнительным свидетельством их связи с коллизионным гранитным магматизмом [4]. Магматические породы, одновозрастные с “табашками” и близкого с ними состава, пользуются широким развитием в восточном крыле Магнитогорской мегазоны. Вулканыты представлены здесь базитами повышенной щелочности [5], а интрузивные породы – Сахаринским и рядом более мелких дунит-клинопироксенит-габбромонцонитовых массивов. Так как “табашки” – это дайки, то их возраст – 375 ± 5 млн. лет – хорошо согласуется с данными о раннедевонском возрасте гранитоидов, которые ими прорываются.

Бедные калием граниты Пластовского массива обычно описываются как плагиограниты. Они,

действительно, обеднены калием по сравнению с водными пермскими гранитами санарского (джабыкского) комплексов (табл. 2, рис. 2). Калиевый полевой шпат в них редок и представлен обычно ортоклазом. Большая часть калия сосредоточена в биотите. Это типичные бедные калием котектические по составу породы, лежащие в пределах так называемого “гранитного ряда” в координатах $\text{CaO--K}_2\text{O}$ и близкие по составу к гранитам других золотоносных комплексов Урала, которые в нашей подборке представлены гранитами Шарташского, Верхисетского, Каменского и Сыростанского массивов (рис. 2). Nb/Ta в них лежит в интервале 10–20 (в пермских гранитах – около 20), а K/Rb составляет 300–400, тогда как в пермских гранитах – менее 200. Тренды распределения редких и редкоземельных элементов во всех гранитах золотоносных комплексов близки, но пластовские характеризуются более низкими значениями содержания большинства элементов (рис. 3). Из ярких, общих для всех золотоносных гранитов, геохимических особенностей отметим отрицательные аномалии Nb , Ti и положительные – Pb , Sr , Li , Zr , что

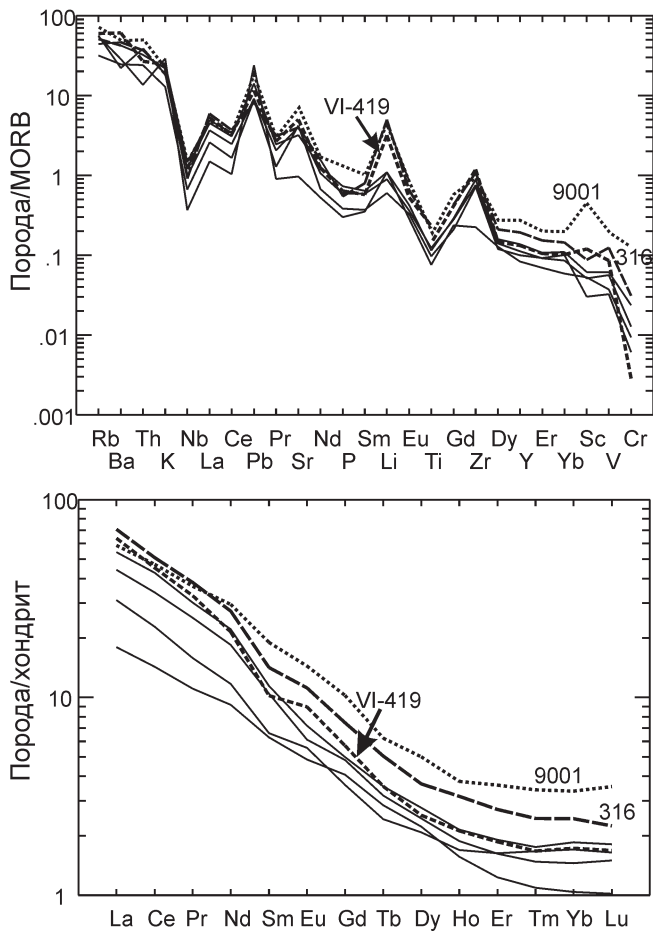


Рис. 3. Распределение редких и редкоземельных элементов в гранитоидах Пластовского массива (тонкие сплошные линии).

Для сравнения приведены тренды амаеллитов Шарташского (проба 9001), Верхисетского (VI-419) и Каменского (316) массивов.

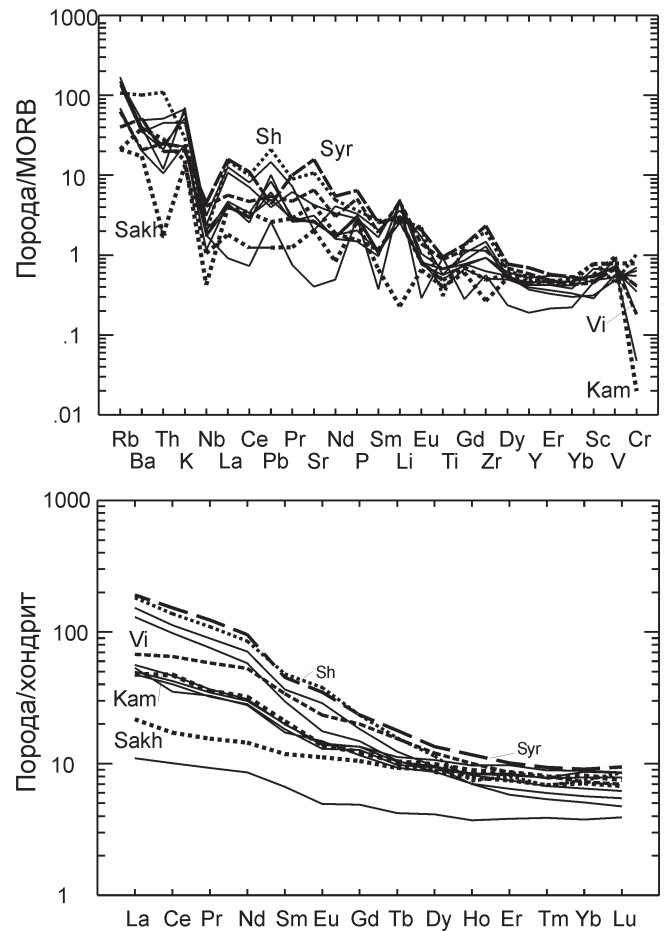


Рис. 4. Распределение редких и редкоземельных элементов в табашках Пластовского массива (тонкие сплошные линии).

Для сравнения приведены тренды базитовых даек из Шарташского (Sh), Верхисетского (Vi), Каменского (Kam) и Сыростанского (Syr) массивов.

обусловлено надсубдукционной природой гранитов [4].

Базитовые дайки в пластовских гранитоидах, как отмечалось выше, сильно переработаны метасоматическими гидротермальными процессами, с которыми связана золоторудная минерализация (табл. 3). Породы интенсивно биотитизированы (отсюда и их название – “табашки”), карбонатизированы. Среди них выделяются две главные разновидности, первично различные по минеральному и химическому составу – биотит-роговообманковые (относительно обедненные калием) и биотитовые (богатые этим элементом). В наименее переработанных образцах видно, что биотит и амфибол образуют вкрапленники, погруженные в тонкозернистую массу, в которой преобладает плагиоклаз с примесью минералов вкрапленников, иногда кварца и калишпата. Интенсивная биотитизация затрудняет первичную оценку содержания в породах калия, хотя концентрации большинства редких и редкоземельных элементов в ходе метасоматоза замет-

но не изменяются, и тренды “табашек” на спайдерграммах (рис. 4) образуют единое поле с дайками в других золотоносных массивах.

Это не касается, как уже отмечалось, калия и таких ассоциированных с ним элементов, как рубидий, а также вольфрама, содержание которого в “табашках” на порядок выше, чем в базитовых дайках из других массивов (рис. 5). Содержание W резко повышено и в плагиогранитах Пластовского массива, так что можно говорить о четкой специализации пород массива на данный элемент, обусловленной, по-видимому, гидротермальной активностью. Этой же причиной можно объяснить, вероятно, несколько повышенное содержание в породах Пластовского массива таких летучих элементов, сопровождающих золотое оруденение, как Bi, Te, Sb (рис. 5). Мы располагаем ограниченными данными по содержанию Bi, Te, Sb в магматических породах Урала, но сравнение пластовских плагиогранитов с позднпалеозойскими гранитами, ясно указывает на специализацию первых в отношении названных элементов.

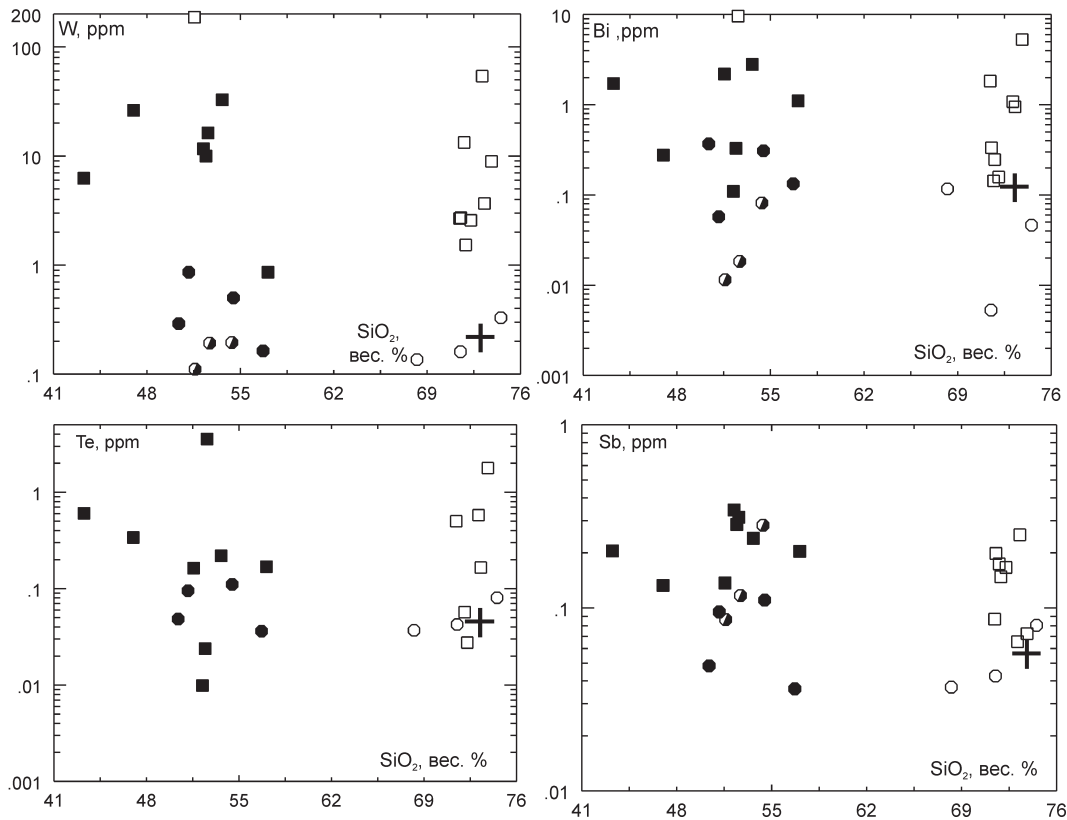


Рис. 5. Диаграммы SiO_2 -W, -Bi, -Te, -Sb для гранитоидов и даек Пластовского массива.

Для сравнения приведены данные по породам Каменского и Сахаринского массивов. Обозначения те же, что на рис. 2.

В целом, можно говорить о некоторых общих петро- и геохимических особенностях как гранитоидов, так и базитов всех золотоносных массивов, часть из которых рассмотрена в данной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородаевский Н.И.* Кочкарское месторождение // Золоторудные месторождения (Европейская часть СССР). М.: Недра. 1984. Т. 1. С. 54–87.
2. *Знаменский С.Е., Серавкин И.Б.* Глубинное строение, региональная позиция и структура Кочкарского рудного поля и месторождения // Геологический сборник 2006. № 5. ИГ УфНЦ РАН. С. 30–38.
3. *Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Полленов Ю.А.* Месторождения золота Урала. Екатеринбург: УрО РАН. 1999. 570 с.
4. *Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А., Беа Ф., Монтеро П., Бородина Н.С.* История и геодинамические обстановки палеозойского интрузивного магматизма Среднего и Южного Урала (по результатам датирования цирконов) // Геотектоника. 2007. № 6. С. 52–77.
5. *Язева Р.Г., Бочкарев В.В.* Геология и геодинамика Южного Урала. Екатеринбург: УрО РАН. 1998. 204 с.
6. *Яновский В.М., Туголесов Л.Д.* Особенности состава и строения Пластовского массива плагиогранитов // Сов. геология. 1967. № 5. С. 80–94.