

ИЗОТОПНЫЙ ВОЗРАСТ САХАРИНСКОГО И ВЕЛИХОВСКОГО МАССИВОВ ПЛАТИНОНОСНОГО ТИПА

Г.Б. Ферштатер, А.А. Краснобаев, В.В. Холоднов, Н.С. Бородина

Дунит-клинопироксенит-габбровые массивы Урало-Аляскинского типа образуют меридиональный пояс на Северном и Среднем Урале, известный как Платиноносный. На широте г. Екатеринбурга этот пояс прерывается, и южнее известно лишь несколько массивов, которые условно принадлежат к этому типу. Наиболее крупные из них – Сахаринский и Велиховский. В статье приводятся первые данные по U-Pb и Rb-Sr возрасту этих массивов.

Сахаринский дунит-клинопироксенит-монцогаббро-граносиенитовый массив расположен примерно в 40 км от города Магнитогорска в восточной части переходной зоны ю-в остроководужно-континентального мегаблока [Ферштатер, 1992], примыкающей с востока к Магнитогорской вулканогенной зоне. Массив залегает среди вулканитов силурийского (?) и девонского возраста. Среди последних широким распространением пользуются разности повышенной щелочности, рассматриваемые как образования зрелой островной дуги [Язева, Бочкарев, 1998]. В ядре массива залегают флогопит-содержащие дуниты, в коре выветривания которых разрабатывается месторождение силикатного никеля. Клинопироксениты представлены преимущественно амфиболсодержащими разностями и образуют прерывистую полосу на контакте габброидов и дунитов, а также небольшие тела внутри габброидов. Большая часть их имеет кумулятивное происхождение. Преобладающая часть массива сложена роговообманковыми и биотит-роговообманковыми (часто с реликтами клино-и ортопироксена) монцогаббро (рис. 1, табл. 1). Габброиды про-

рваны многочисленными жилами роговообманковых и биотит-роговообманковых кварцевых сиенитов и граносиенитов, являющихся внутрикамерными (?) дифференциатами габброидов. Породы характеризуются повышенным содержанием калия и умеренным – стронция.

Изотопные исследования были выполнены в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ под руководством С.А. Сергеева.

Определения концентраций рубидия и стронция производились методом изотопного разбавления. Выделение стронция для изотопного анализа производилось путем катионообменной хроматографии на смоле марки AG50W-X8. Анализ Rb и Sr производился на девятиколлекторном масс-спектрометре TRITON в статическом режиме. Коррекция на изотопное фракционирование стронция выполнена при помощи нормализации измеренных значений по отношению $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=8,37521$. Нормализованные отношения приводились к значению $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,71025$ в международном изотопном стандарте NBS-987. Погрешность определения содержания Rb и Sr составила 0,5 %. Уровень холостого опыта составил 30 pg для Rb и 30 pg для Sr.

Методика определения U-Pb возраста циркона на SHRIMP-II изложена в отдельных статьях, например [Larionov et al., 2004].

Rb-Sr возраст Сахаринского массива, определенный по 5 точкам (составы пород и результаты изотопных определений приведены в табл. 1, 2), составляет 293 ± 40 млн. лет ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,70447 \pm 0,00017$ MSWD=0,8), тогда как без точки 207, представляющей наиболее сильно измененную породу с минимальным содер-

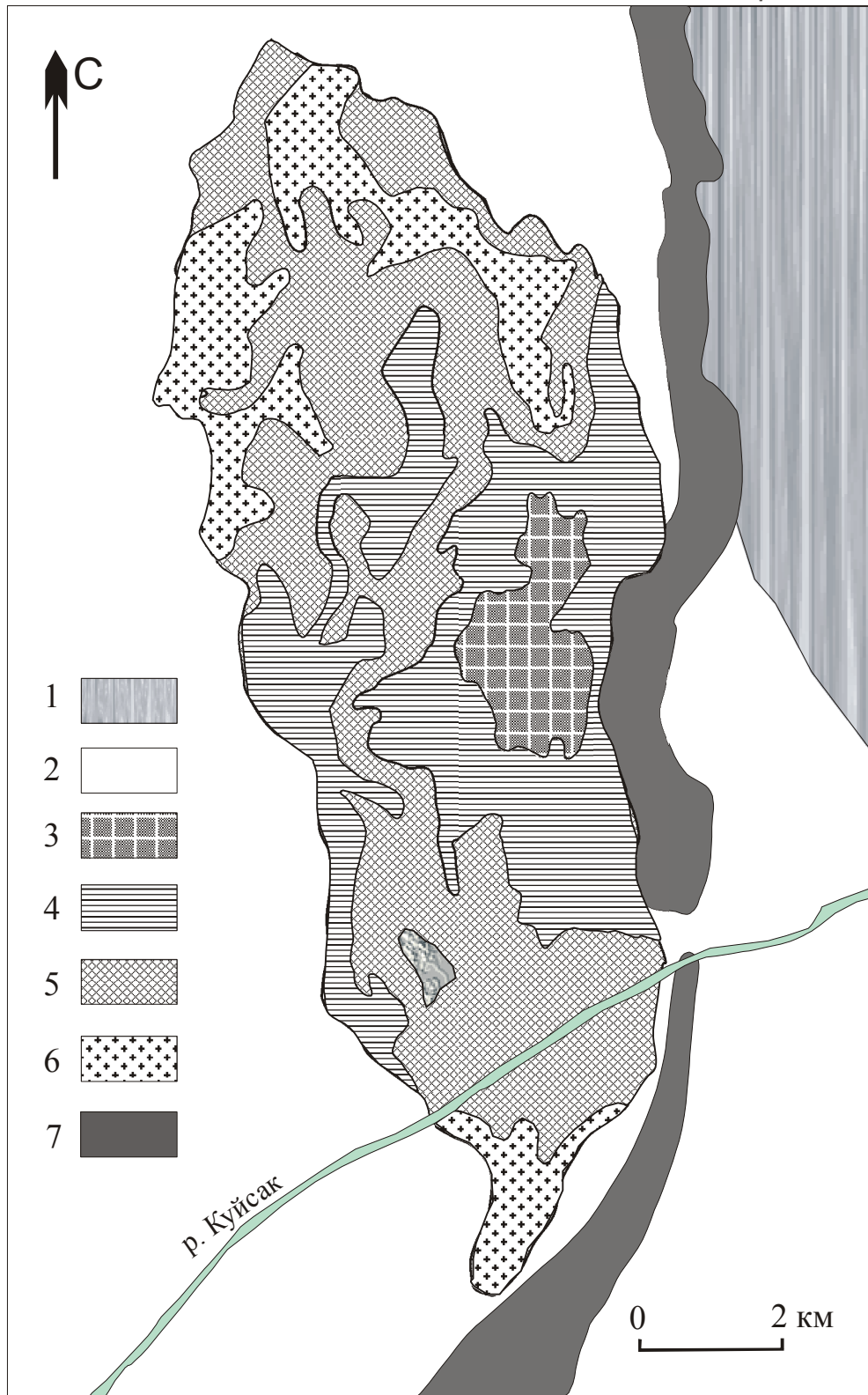


Рис. 1. Схема геологического строения Сахаринского массива. Составлена по данным Ю.Н. Замиги и Магнитогорской ГРП.

1 – хлоритовые и слюдястые сланцы; 2 – вулканиты преимущественно девонского возраста; 3-6 – породы Сахаринского массива: дуниты (3), клинопироксениты (4), габброиды (5), сиениты и граносиениты (6); 7 – серпентиниты.

Таблица 1

Химический состав проанализированных образцов Сахаринского массива

Проба	202	201	203	207	206	κ1848	Проба	202	201	203	207	κ1848
SiO ₂	48,2	47,34	48,55	55,80	59,23	52,71	Ga	16,37	15,11	14,83	17,23	12,83
TiO ₂	0,54	0,93	1,02	0,82	0,53	0,819	Y	17,62	18,52	16,65	22,75	15,74
Al ₂ O ₃	9,21	13,33	13,46	17,76	16,4	12,13	Nb	0,27	1,61	1,19	1,62	3,78
Fe ₂ O ₃	3,48	6,65	4,96	1,48	3,11	11,57	Ta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
FeO	4,57	6,53	5,62	2,79	3,68		Zr	21,70	20,72	20,10	22,06	24,02
MnO	0,34	0,20	0,17	0,10	0,14	0,187	Hf	0,85	0,79	0,79	0,84	1,07
MgO	12,9	7,25	7,52	4,12	3,53	7,01	Mo	1,38	0,59	1,96	2,50	1,14
CaO	14,22	11,70	11,77	9,05	5,64	9,85	Sn	1,75	1,95	1,74	2,72	0,79
Na ₂ O	0,65	1,88	1,64	4,21	4,35	2,3	Tl	0,04	0,13	0,18	0,02	1,06
K ₂ O	0,55	1,08	1,40	0,60	3,44	1,53	Pb	2,01	4,17	4,11	3,17	2,59
P ₂ O ₅	0,83	0,47	0,21	0,34	0,39	0,29	U	0,12	0,15	0,20	0,13	0,97
ппп	3,88	2,49	2,93	1,95	2,56	1,40	Th	1,78	1,91	2,04	1,70	0,33
Li	3,95	2,02	5,28	0,00		1,83	La	3,84	8,05	5,43	7,06	7,15
Rb	12,2	19,97	39,71	3,4		23,6	Ce	7,75	15,86	10,22	13,38	14,85
Cs	0,00	0,00	0,07	0,00		0,59	Pr	1,45	2,34	1,69	2,10	2,02
Be	0,36	0,58	0,58	1,13		0,56	Nd	7,15	10,66	7,75	9,74	9,11
Sr	267,45	500,02	394,76	627,30		248,6	Sm	2,36	2,88	2,27	2,83	2,40
Ba	213,43	314,93	272,53	448,87		327,4	Eu	0,84	1,00	0,83	0,94	0,86
Sc	70,69	46,35	45,64	24,27		31,83	Gd	2,60	3,00	2,39	2,64	2,89
V	708,98	348,90	352,24	166,56		199,6	Tb	0,43	0,46	0,37	0,47	0,46
Cr	39,51	169,04	160,61	189,64		236,5	Dy	3,15	3,14	2,82	3,53	3,09
Co	59,50	42,63	38,04	11,48		33,1	Ho	0,70	0,69	0,61	0,82	0,64
Ni	67,35	55,32	86,70	52,78		87,5	Er	1,81	1,85	1,68	2,20	1,83
Cu	84,73	109,97	77,33	44,34		50,7	Tm	0,26	0,27	0,25	0,34	0,28
Zn	85,17	82,83	68,23	19,70		102,5	Yb	1,55	1,63	1,44	2,18	1,90
							Lu	0,23	0,26	0,24	0,34	0,29

Примечание. 202 – амфиболовый клинопироксенит, 201, 203 – роговообманковые габбро, 207 – габбро-монзонит, альбитизированный и эпидотизированный, 206 – биотит-роговообманковый сиенит, κ1848 – габбро-монзонит, из которого продатирован циркон. Анализы на петрогенные элементы выполнены в Институте геологии и геохимии УрО РАН, на редкие элементы – в лаборатории Университета города Гранада в Испании под руководством проф. Ф. Беа.

Таблица 2

Содержание Rb и Sr и изотопные характеристики проанализированных образцов Сахаринского (201-207) и Велиховского (7-22) массивов

Проба	Порода	Rb	Sr	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
201	габбро	28,27	491,8	0,1661	0,705077±12
202	пироксенит	15,45	242,9	0,1837	0,705154±8
203	габбро	48,95	369,3	0,3830	0,706078±7
206	сиенит	72,85	429,6	0,4899	0,706550±8
207	габбро	5,866	591,1	0,0287	0,704696±8
7	габбродиорит	154,5	527,6	0,8461	0,706220±8
10	гранит	55,89	150,7	1,0732	0,721112±10
11	сиенит	126,6	766,4	0,4775	0,707168±7
12	габбро	90,88	863,9	0,3040	0,706277±9
15а	граносиенит	146,7	201,7	2,1044	0,716340±9
22	габбро	83,45	1099	0,2194	0,705767±7

Примечание. Более полные названия пород и их составы приведены в табл. 1, 4.

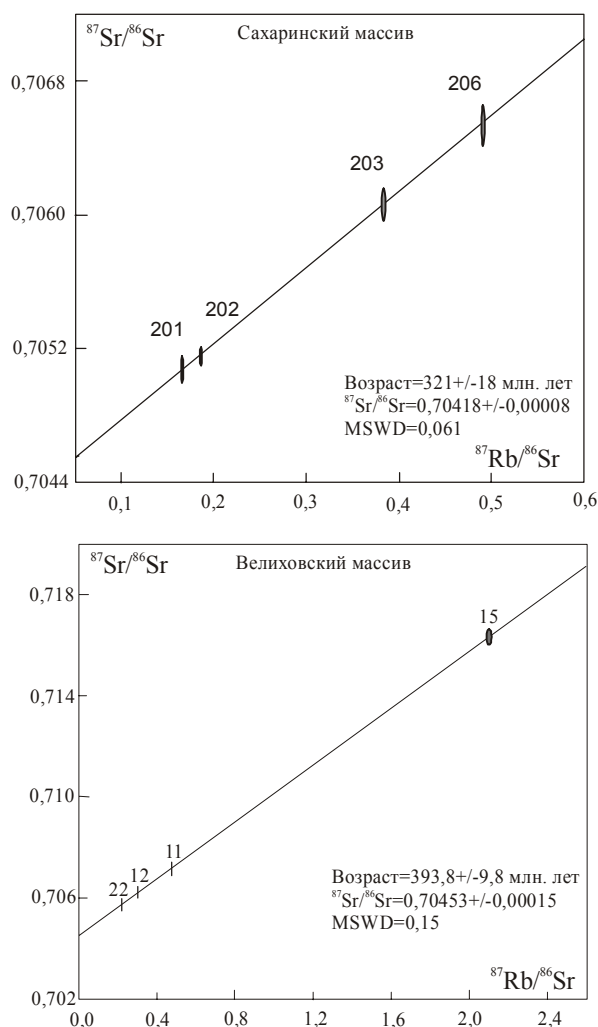


Рис. 2. Rb-Sr изохроны для пород Сахаринского и Велиховского массивов.

жанием Rb, возрастные и изотопные параметры заметно меняются (321 ± 18 млн. лет, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,70418\pm 0,00008$, MSWD=0,06), лучше соответствуя геологическим данным (рис. 2).

Первичное отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,70418$ отвечает параметрам коры и верхней мантии того времени. Такое же отношение имеют породы позднедевонской верхнеуральской габбро-сиенитовой серии, раннекаменноугольной магнитогорской габбро-гранитоидной серии и даже типично коровые раннепермские граниты Джэбыкского массива.

U-Pb возраст циркона из типичного габбро-монцонита из северной части Сахаринского массива, определенный на SHRIMP-II во ВСЕГЕИ, составляет 382 ± 5 млн. лет (табл. 3, рис. 3). Цирконы, отобранные для анализа, по своим морфологическим особенностям отвечают первичным, и мы считаем, что цирконовый возраст наиболее точно соответствует време-

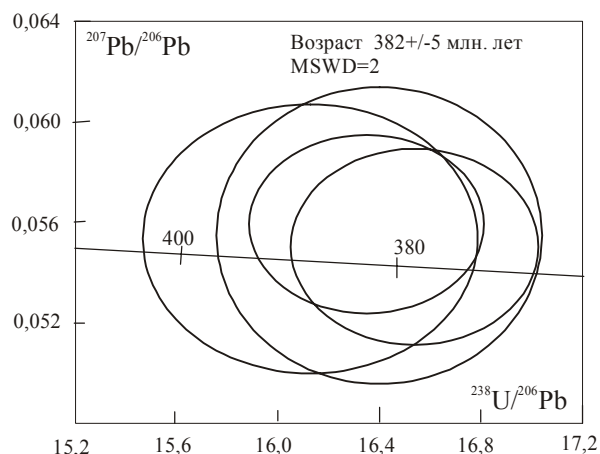


Рис. 3. Диаграмма $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ с конкордией для цирконов из габбро-монцонита к1848 Сахаринского массива.

ни формирования массива, тогда как Rb-Sr отражает какие-то более поздние события, вероятнее всего, обдукцию в структуры коры или внедрение пермских гранитов.

Велиховский массив площадью около 70 кв. км располагается в пределах Сакмарского аллохтона в республике Казахстан, в 10 км западнее гипербазитового Кемпирсайского массива между поселками Велиховка и Айтпайка. Массив сложен серией пород: клинопироксенит, габбро, сиенит (табл. 4). Биотитовые граниты в пределах массива образуют немногочисленные жилы мощностью 2-3 м и, по-видимому, являются более поздними образованиями.

Магнетитовые клинопироксениты залегают в юго-восточной части массива, и по данным буровых работ, проведенных здесь в середине прошлого века, погружаются под габброиды. Практически все перечисленные выше породы (кроме гранита) состоят из одного и того же набора минералов, закономерно изменяющих свой состав в пределах серии, но в разных количественных соотношениях. Это – клино- и реже ортопироксен, роговая обманка, биотит, плагиоклаз An_{60-30} , ортоклаз или ортоклаз-пертит, магнетит, апатит. В сиенитах обычен кварц. Названная серия пород обладает всеми признаками дифференциационного происхождения и образована фракционированием базитового расплава повышенной щелочности [Эвгеосинклиналиные..., 1984].

Как и породы Сахаринского массива, вся серия пород Велиховского массива характеризуется повышенным содержанием калия и этим отличается от наиболее распространен-

U-Pb данные для цирконов из габбромонцонита к1848

Зерно	U, ppm	Th, ppm	Pb, ppm	Изотопные отношения			Возраст, млн лет	
				$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$
1,2	88	60	0,71	0,0511	5,4	0,42	247±123	377±5
2,1	112	82	0,75	0,0504	7,0	0,42	214±163	380±4
1,1	37	15	0,41	0,0555	4,3	0,47	431±96	382±6
2,2	46	17	0,38	0,0554	3,9	0,47	427±87	388±6

Примечание. Анализы выполнены на SHRIMP-II, аналитик Н.В. Родионов

Таблица 4

Химический состав проанализированных пород Велиховского массива

Проба	22	12	7	11	10
SiO ₂	41,5	45,36	53,6	60,42	75,24
TiO ₂	1,3	1,0	0,56	0,53	0,13
Al ₂ O ₃	19,26	18,01	14,93	17,0	12,31
Fe ₂ O ₃	3,76	1,21	3,68	0,42	0,18
FeO	9,38	9,54	6,91	5,85	2,41
MnO	0,17	0,19	0,26	0,14	0,02
MgO	5,94	8,0	5,68	2,08	0,31
CaO	10,45	7,39	7,5	3,54	0,44
Na ₂ O	1,52	2,66	3,34	3,55	3,0
K ₂ O	2,24	2,38	1,9	4,45	5,04
P ₂ O ₅	1,02	0,81	0,39	0,27	0,08
ппп	3,16	4,12	0,75	1,37	0,2
сумма	99,7	100,67	99,5	99,62	99,34
Rb	74	73	54	130	193
Sr	1140	828	569	784	184

Примечание. 22, 12 – габбро-монцонит биотит-роговообманковый, 7 – габбро-диорит (ксенолит в сиените 11), 11 – сиенит биотит-роговообманковый, 10 – биотитовый гранит. Анализы выполнены в Институте геологии и геохимии УрО РАН.

ных пород Платиноносного пояса.

Возраст Велиховского массива по 4 точкам, представляющим главные разновидности пород (см. рис. 2), составляет 393,8±9,8 млн. лет ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,70453\pm 0,00015$, MSWD=0,15). Точки 7 и 10, представляющие ксенолит и гранит, лежат вне изохроны и, в соответствии с геологическими данными, являются чуждыми образованиями.

Полученное значение Rb-Sr возраста отвечает времени обдукции океанических и островодужных структур под окраину континента [Ферштатер, Краснобаев, 2007]. Обдукция сопровождается разрывом сплошности верхней мантии и формированием в таких областях де-

компрессии магматических очагов, продуктами которых являются разнообразные по составу магматиты, в том числе и подобные породам Сахаринского и Велиховского массивов. Документированное время обдукции в Сакмарской зоне составляет 410-390 млн. лет. К ее поздним этапам относится формирование Велиховского массива.

Сахаринский массив и его ближайшее окружение были обдукцированы в структуры окраинно-континентальной зоны юго-восточного мегаблока, по-видимому, в каменноугольное время около 320 млн. лет тому назад.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 08-05-00018-а и 07-05-96006), а также программ отделения наук о Земле РАН (проекты 6, 7, 8).

Список литературы

Ферштатер Г.Б. Структурно-формационная зональность Урала и магматизм // Геотектоника. 1992. № 6. С. 3-17.

Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А. Обдукционный магматизм и сопряженная мигматизация (на примере Урала) // Литосфера. № 3. 2007.

Эвгеосинклинальные габбро-гранитоидные серии // Г.Б. Ферштатер, Л.В. Малахова, Н.С. Бородин и др. М.: Наука, 1984. 264 с.

Язева Р.Г., Бочкарев В.В. Геология и геодинамика Южного Урала. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. 203 с.

Larionov A.N., Andreichev V.A., Gee D.G. The Vendian alkaline igneous suite of northern Timan: ion microprobe U-Pb zircon ages of gabbros and syenite // The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica / Eds. D.G. Gee, & V.L. Pease. Geological Society Memoirs. London. 2004. № 30. P. 69-74.