

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО Sm-Nd ИЗОТОПИИ ДАЕК ВОРОНЦОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

Сорока Е.И., Азовскова О.Б., Ровнушкин М.Ю., Солошенко Н.Г.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, soroka@igg.uran.ru

Воронцовское месторождение относится к золото-мышьяковисто-сульфидной формации и по ряду минералого-геохимических характеристик отвечает карлинскому типу [Мурзин и др., 2010]. Оно локализовано в краевой части Ауэрбаховского андезитоидного вулканоплутонического комплекса, представленного вулканогенно-осадочными породами с линзами девонских известняков (D_1), и приурочено к Краснотурьинскому рудному полю [Грабежев и др., 2014]. Интрузивные породы рудного поля представлены диоритами и гранодиоритами. Один из главных коллекторов золота на месторождении – карбонатные брекчии. Рудовмещающие породы изменены гидротермальными процессами, повсеместно развиты карбонатные и кварц-карбонатные жилы, часто с сульфидной и реальгаровой минерализацией. Широко распространены дайки среднего и основного состава (от долеритов и пироксен-плагиоклазовых порфириров до кварцевых диоритов). Встречаются также лампрофиры типа спессартита и керсантита. По петрохимическим данным [Azovskova et al., 2019], прослеживается наличие двух групп даек – нормальной и отчетливо повышенной щелочности, при этом часть образцов попадают в области пограничных значений (зоны неопределенности).

Исследование Sm-Nd изотопной системы и пробное датирование было проведено в ИГГ УрО РАН (лаборатория ФХМИ, Центр коллективного пользования «Геоаналитик») по 6 образцам даек нормальной и умеренно повышенной щелочности, отобранных в

действующем карьере Воронцовского месторождения. Общая характеристика образцов по результатам петрографических и петрохимических исследований приведена в таблице 1, а данные силикатного анализа для пяти образцов – в таблице 2.

Процедура химической подготовки образцов к измерению концентраций и изотопного состава Sm, Nd состояла из разложения проб, выделения суммы редких земель, разделения Sm, Nd. Навеску отбирали в вials Savillex с закручивающейся крышкой, добавляли смесь концентрированных кислот HF и HNO_3 (3:1) и нагревали в сушильном шкафу при $120^\circ C$ в течение трех дней. Далее образцы выпаривали досуха, добавляли концентрированную HCl и выдерживали при $120^\circ C$ в течение одного дня. В момент взятия навески к каждому образцу добавляли смешанный трассер ^{149}Sm - ^{150}Nd . После вскрытия образцы подвергали хроматографическому выделению Sm, Nd в две стадии: с выделением РЗЭ на смоле TRU-спес и финишным разделением на смоле LN-спес [Pin, Zalduegui, 1997]. Измерения изотопных отношений проводили на МК ИСП MC Neptune Plus (Thermo Finnigan) в статическом режиме из раствора 3% HNO_3 . Неопределенность определения отношения $^{147}Sm/^{144}Nd$ составляет 0.3% (2 σ) – среднее значение из 13 измерений в стандарте BHVO-2. Погрешность измерения изотопного состава Nd в индивидуальном анализе – до 0.003%. Изотопные отношения неодима нормализованы по отношению $^{146}Nd/^{144}Nd = 0.7219$ по экспоненциаль-

Таблица 1. Характеристика образцов даек Воронцовского месторождения

Авторский номер	Характеристика породы
Вор-4/17	Пироксен-плагиоклазовый порфирит базальтового состава, нормальной щелочности
Вор-14/17	Амфибол-плагиоклазовая порфировая порода, нормальной щелочности; по составу соответствует андезибазальту или габбро-диориту
Вор-21-1/17	Пироксен-плагиоклазовая порфировая порода; по петрографическому составу соответствует базальту или габбро, но по соотношению SiO_2 и суммы щелочей попадает в пограничную область нормальных и умеренно-щелочных пород
Вор-22/17	Порода, в целом, аналогична Вор-21-1/17, данные РФА отсутствуют
Вор-25/17	Монцогаббро порфировидное, м/з-с/з
Вор-34-2/17	Лампрофир-спессартит (амфиболовый); петрохимически попадает в область монцогаббро, точнее в область неопределенности между нормальными и субщелочными породами, но ближе к последним

Таблица 2. Химический состав образцов даек Воронцовского месторождения

Авторский номер	Вор-4/17	Вор-14/17	Вор-21-1/17	Вор-25/17	Вор-34-2/17
SiO ₂	50.31	53.60	50.74	49.45	50.80
TiO ₂	0.74	0.66	0.54	0.67	0.84
Al ₂ O ₃	16.09	18.50	18.52	18.82	15.85
Fe ₂ O ₃	4.33	3.88	3.72	3.43	6.06
FeO	6.8	4.9	3.6	3.9	1.0
MnO	0.13	0.16	0.20	0.36	0.09
MgO	6.62	2.86	4.25	3.92	7.43
CaO	7.71	9.40	10.16	10.59	7.75
Na ₂ O	2.25	2.72	3.05	2.87	2.58
K ₂ O	0.91	1.53	1.37	2.24	2.29
P ₂ O ₅	0.24	0.16	0.19	0.26	0.40
V	0.026	0.020	0.014	0.020	0.016
Cr	0.008	0.012	0.003	0.007	0.016
ппп	3.6	1.3	3.4	3.2	4.9
Сумма	99.75	99.69	99.75	99.73	100.03
S	2.10	0.07	1.08	0.34	н/о

Примечание. Анализы (РФА + хим. анализ) выполнены в лаборатории ФХМИ, Центре коллективного пользования «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН.

Таблица 3. Sm-Nd изотопный состав образцов даек Воронцовского месторождения

Проба	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	2SE, abs	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	2SE, abs	Sm, ppm	Nd, ppm	εNd (t)
4/17	0.16334	0.0007	0.512835	0.000006	4.16	15.4	5.3
14/17	0.15724	0.00047	0.512790	0.000010	2.5	9.6	4.7
21-1/17	0.16114	0.00048	0.512790	0.000010	3.02	11.3	4.5
22/17	0.19441	0.00058	0.512860	0.000015	1.81	5.6	4.4
25/17	0.15518	0.00047	0.512790	0.000010	2.88	11.2	4.8
34-2/17	0.10408	0.00031	0.512660	0.000015	8.2	48	4.5

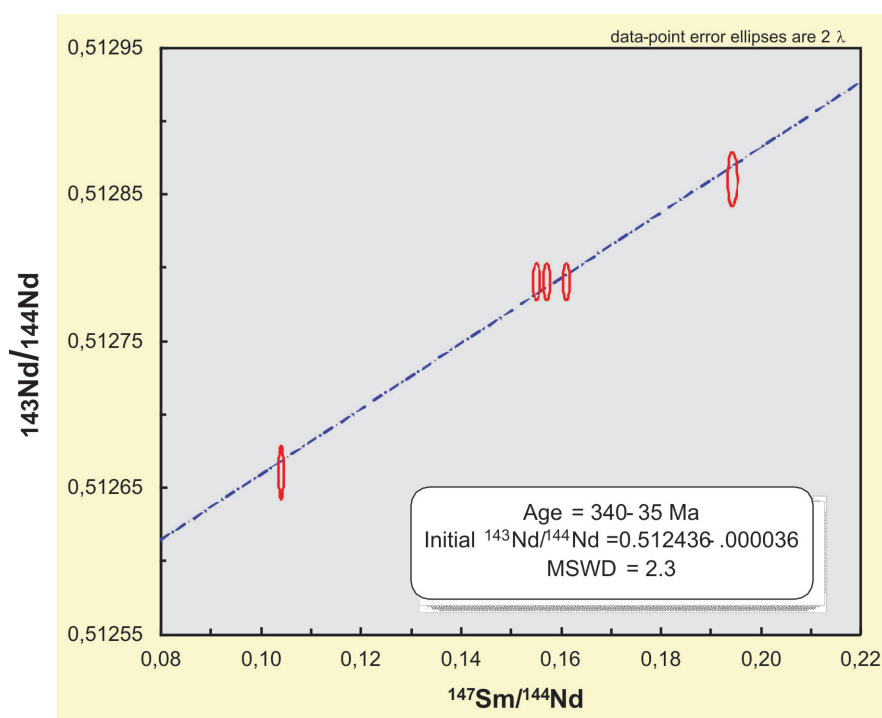


Рис. 1. Sm-Nd изотопные отношения в образцах даек Воронцовского золоторудного месторождения

ному закону. Расчеты параметров изохроны проводились с использованием программы ISOPLOT 3-v3.71_r5 [De Paolo, 1988]. Результаты приведены в таблице 3.

Значения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ варьируют от 0.10408 до 0.19441, а $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ – от 0.512660 до 0.512860 (табл. 3). Для пород даек был выполнен расчет на возраст 340 ± 35 млн лет, при начальном $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512436 \pm 0.000036$; MSWD = 2.3 (рис. 1). Также был выполнен расчет ϵNd на возраст 340 млн лет (табл. 3). Значения ϵNd варьируют в достаточно узком интервале – от 4.4 до 5.3. Положительные значения ϵNd свидетельствуют о том, что источником Nd могли быть глубинные магматические очаги. По данным [Грабежев и др., 2014], изотопный состав гранодиоритов Краснотурьинского рудного поля свидетельствует о глубинной природе флюида, а U-Pb возраст циркона из кварцевого диорита, отобранного из обнажения на правом берегу р. Турья, составляет 407.7 ± 1.6 млн лет (СКВО = 1.5), что соответствует нижнему девону. Дайки Воронцовского месторождения ранее традиционно относились к нижнедевонским субвулканитам и/или образованиям ауэрбаховского комплекса (D_1a) [Мурзин и др., 2010; Сазонов и др., 1991]. В нашей работе более молодой (нижнекарбонный) возраст даек может указывать на проявление на данной территории более позднего постколлизийного этапа магматизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабежев А.И., Ронкин Ю.Л., Пучков В.Н., Гердес А., Ровнушкин М.Ю. Краснотурьинское медно-скарновое рудное поле (Северный Урал): U-Pb возраст рудоконтролирующих диоритов и их место в схеме металлогении региона // Докл. Акад. Наук. 2014. Т. 456. № 4. С. 1–5.
2. Мурзин В.В., Сазонов В.Н., Ронкин Ю.Л. Модель формирования Воронцовского золоторудного месторождения на Урале (карлинский тип): новые данные и проблемы // Литосфера. 2010. № 6. С. 66–73.
3. Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Григорьев Н.А., Гладковский Б.А. Эндогенное оруденение девонского андезитоидного вулcano-плутонического комплекса (Урал). Свердловск: УрО АН СССР, 1991.
4. Azovskova O.B., Rovnushkin M.Yu., Soroka E.I. Petrochemical features of the dike complex of the Vorontsovskoye gold-ore deposit (Northern Urals) // Известия Уральского государственного горного университета. 2019. Т. 1(53). С.18–27. (In Engl.).
5. De Paolo D.J. Neodimium isotope geochemistry: an introduction. Heidelberg: Springer-Verlag, 1988. 187 p.
6. Pin C., Zalduegui J.E.S. Sequential separation of light rare-earth elements, thorium and uranium by miniaturized extraction chromatography: Application to isotopic analyses of silicate rocks // Analytica Chimica Acta. 1997. V. 339. P. 79–89.