

Сиениты и субщелочные граниты поньинского комплекса (в пределах массивов Маньхамбо и Ильяиз, Северный Урал)

Удоратина О. В. ^{id}, Шуйский А. С. ^{id}

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, taykey@yandex.ru

Аннотация. Сиениты и субщелочные граниты поньинского комплекса (C_3 -Ppn) отмечены в составе гранитоидных массивов Ильяиз и Маньхамбо сальнерско-маньхамбовского комплекса средне-позднекембрийского возраста на Северном Урале. Дайковые тела прослежены по элювиальным развалам, породы серого облика, разнозернистые, массивные с гипидиоморфозернистыми микроструктурами. Сиениты характеризуются содержанием SiO_2 60–68 мас. % (Na_2O+K_2O) – 11–14 мас. %, субщелочные граниты SiO_2 72–75 мас. % (Na_2O+K_2O) – 9–11 мас. %. В породах наблюдается специфическая минерализация: титанонобаты (бетафит, эвксенит-Y) и типоморфный манганоильменит. Геохимически для них характерно обогащение P3Э, Nb, U, Sr. Породы маркируют внутриплитную геодинамическую обстановку формирования. Для сиенитов по результатам микрозондовых исследований установлены «сетчатые», «ажурные», «пористые» кристаллы циркона. Проведенное U-Pb (SIMS) датирование отдельных кристаллов циркона показало 519 ± 4 млн лет ($n = 4$, СКВО = 8.2) – возраст циркона вмещающих гранитоидов массива Маньхамбо и мы рассматриваем как захваченные. Точки составов кайм с возрастными 473, 424, 385 располагаются в поле измененных цирконов. Щелочные породы являются более молодым импульсом внедрения расплава средне-кислого состава из более глубинного источника в более позднее время. Породы формировались из фракционированных расплавов в верхнекоровых промежуточных очагах и отличаются специфической минералогией и геохимией.

Ключевые слова: сиениты, субщелочные граниты, циркон, поньинский комплекс, Северный Урал.

Syenites and Subalkaline Granites of the Ponyin Complex (within the Mankhambo and Ilyaz Massifs, Northern Urals)

Udoratina O. V. ^{id}, Shuisky A. S. ^{id}

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar, taykey@yandex.ru

Abstract. Syenites and subalkaline granites of the Ponyin Complex (C_3 -Ppn) have been identified within the Ilyaz and Mankhambo granitoid massifs of the Salner-Mankhambo Complex Middle-Late-Cambrian age in the Northern Urals. Dike bodies are traced by eluvial debris; the rocks are gray, inequigranular, massive, with hypidiomorphic granular microstructures. Syenites are characterized by SiO_2 contents of 60–68 wt. % and high alkalinity (Na_2O+K_2O) of 11–14 wt. %, while subalkaline granites contain SiO_2 72–75 wt. % and (Na_2O+K_2O) 9–11 wt. %. The rocks exhibit specific mineralization: titanoniobates (betafite, euxenite-Y) and typomorphic manganoilmenite. Geochemically, they are characterized by enrichment in REE, Nb, U, and Sr. The rocks indicate a within-plate geodynamic setting of formation. Microprobe studies of syenites revealed «reticulate», «lacy», and «porous» zircon crystals. U-Pb (SIMS) dating of individual zircon crystals yielded an age of 519 ± 4 Ma ($n = 4$, MSWD = 8.2), which is interpreted as the age of captured zircon from the host granitoids of the Mankhambo Massif. Compositional spots from rims with ages of 473, 424, and 385 Ma plot within the field of hydrothermal zircons. The alkaline rocks represent a younger pulse of intermediate-felsic melt injection from a deeper source during a later stage. The rocks formed from fractionated melts in upper-crustal intermediate chambers and are distinguished by their specific mineralogy and geochemistry.

Keywords: syenites, subalkaline granites, zircon, Ponyin Complex, Northern Urals.

Введение

На севере Урала в пределах крупнейших гранитоидных массивов Маньхамбо и Ильяиз выведенных на поверхность в пределах Центрально-Уральской зоны обнаружены в 1990-х годах дайковые тела щелочных пород (Калиновский, 1990). На современных картах последнего поколения щелочные породы (монцогаббродиориты, монцодолериты, сиениты (эйситизированные породы), кварцевые сиениты, граносиениты, умереннощелочные лейкограниты) рассматриваются в составе пермского щелочного гипабиссального поньинского комплекса и приурочены к оперяющим структурам Кулемшорско-Маньхамбовской зоны (Душин и др., 2018). Породы комплекса слагают што-

ки и дайки размерами до первых километров. Впервые поньинский комплекс был выделен здесь А. В. Калиновским (Калиновский, 1990, стр. 6). Гранитоиды массивов Маньхамбо и Ильяиз являются вмещающими породами для образований поньинского комплекса. На основании данных (U-Pb, SIMS, по единичным зернам цирконов) породы этих массивов формировались в средне-поздне кембрийское время (Душин и др., 2018; Удоротина и др., 2022).

Нами получены комплексные данные для пород поньинского комплекса: минералогическо-петрографические, петрохимические, геохимические, геохронологические. Породы опробованы (рис. 1) в восточной (обр. 219, водораздел р. Понья) и северо-восточной (р. Пеленья, 7 км севернее по простиранию на север обр. 217-1) частях массива Ильяиз. В пределах массива Маньхамбо породы опробованы в центральной (серия обр. 204, р. Тюбик, правый приток р. Пырсь-Ю) и в южной (191-2, верх. р. Укь-Ю) частях.

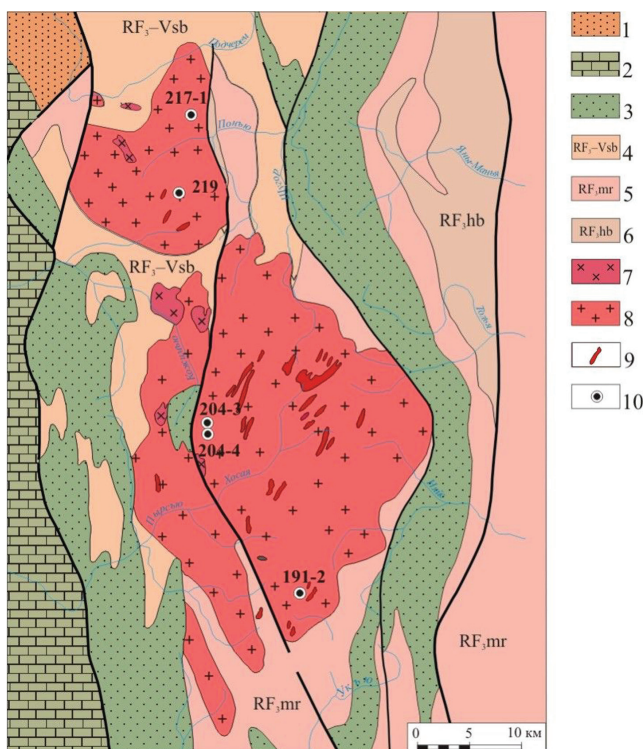


Рис. 1. Схематическая геологическая карта южной части Ляпинского антиклинория. Ильяизский и Маньхамбовский массивы. Составлена по материалам М. В. Фишмана, В. Н. Малашевского, А. А. Саранина, С. С. Щербина, А. В. Калиновского и данным авторов. Условные обозначения: 1–3 – терригенно-карбонатные отложения Западно-Уральской СФЗ уралид: 1 – терригенно-карбонатные отложения (D–C₁); 2 – карбонатные толщи (O₃–S); 3 – терригенные толщи верхнего кембрия – среднего ордовика с базальными конгломератами в основании (обеизская свита); 4–6 – осадочно-вулканогенные толщи Ляпинской СФЗ доуралид: 4 – преимущественно вулканические основного и кислого состава саблегорской свиты (RF₃–Vsb), 5 – преимущественно сланцевые толщи мороинской свиты (RF₃mr), 6 – терригенная толща хобеинской свиты (RF₃hb); интрузивные образования массивы Маньхамбо и Ильяиз: 7 – гранодиориты первой фазы; 8 – граниты первой фазы; 9 – лейкограниты, аляски-ты второй фазы; 10 – точки отбора проб, положение внемасштабных тел поньинского комплекса.

Fig. 1. Schematic geological map of the southern part of the Lyapin Anticlinorium. Ilyaz and Mankhambo Massifs. Compiled from materials by M. V. Fishman., V. N. Malashevsky, A. A. Saranin, S. S. Shcherbin, A. V. Kalinovsky and the authors' data. Legend: 1–3 – Terrigenous-carbonate deposits of the West Uralian SFZ of the Uralides: 1 – terrigenous-carbonate deposits (D–C₁); 2 – carbonate strata (O₃–S); 3 – terrigenous strata of the Upper Cambrian – Middle Ordovician with basal conglomerates at the base (Obeiz Formation); 4–6 – Sedimentary-volcanogenic strata of the Lyapin SFZ of the Pre-Uralides: 4 – predominantly basic and acidic volcanic rocks of the Sablegorsk Formation (RF₃–Vsb), 5 – predominantly shale strata of the Moroin Formation (RF₃mr), 6 – terrigenous strata of the Khobein Formation (RF₃hb); Intrusive formations of the Mankhambo and Ilyaz Massifs: 7 – granodiorites of the first phase; 8 – granites of the first phase; 9 – leucogranites, alaskites of the second phase; 10 – sampling points, location of off-scale bodies of the Ponyin Complex

Материалы и методы

Опробованные сиениты и субщелочные граниты поньинского комплекса (коллекция 1981 г. А. В. Калиновского, Каменный архив ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН) исследованы комплексом методов на базе ЦКП «Геонаука» (г. Сыктывкар). Петрографические исследования проведены на Olympus BX51, микронзондовые исследования проведены на сканирующем микроскопе Tescom Vega 3 LMN с энергодисперсным спектрометром X-Max. Классическим химическим методом определены содержания петрогенных компонентов. Содержания редких и редкоземельных элементов определе-

ны методом ICP MS. Использованы также результаты количественного спектрального анализа F, Be, Pb, Ga, V, Y (ЦКП «Геонаука», г. Сыктывкар), нейтронной-активации La, Ce, Pr*, Nd, Sm, Eu, Gd*, Tb, Dy*, Ho*, Er*, Tm*, Yb, Lu, Rb, Sr, Ba, Sc, Cr, Ni, Zn, Se, As, Sb, Th, U, Br, Hf, Ta, Zr, Au, Li и рентгено-радиометрического (Nb) в ГЕОХИ РАН (г. Москва).

Для выделения монофракции циркона породы дробились, просеивались, разделялись на магнитную и немагнитную фракции, далее немагнитную фракцию разделяли с применением тяжелых жидкостей, на легкую и тяжелую, полученную фракцию доочищали вручную. Монофракции циркона помещались в эпоксидную шашку вместе со стандартами, методика исследований описана в работе (Андреичев и др., 2023). Определение возраста циркона U-Pb методом проведено в Стэнфордском Университете, США на приборе SHRIMP-RG. Катодолюминесцентные изображения кристаллов циркона получены там же.

Результаты и обсуждение

Сиениты поньинского комплекса в составе массива Ильяз. Сиениты обнаруженные среди пород массива Ильяз наблюдались в элювиальных выходах, как уже отмечалось эти участки имеют изометричную, либо вытянутую (дайковую) формы. Характерно отсутствие вторичных преобразований пород и напротив наличие ореолов метасоматического преобразования вмещающих гранитоидов.

Петрографически сиениты представлены серыми (от темного до светлого) породами, массивными, крупно-среднезернистыми. Отмечаются карбонатизированные (?) сиениты белого цвета с крупнозернистой (пегматоидной) структуры. Под микроскопом наблюдаются гипидиоморфные (рис. 2 а), реже катакластические (рис. 2 б-в) микроstructures, наблюдаются участки мирмектитового сложения указывающие на уровень кристаллизации породы. Минеральный состав представлен в (об. %): калиевый полевой шпат (микроклин-пертит) 49–56, плагиоклаз (альбит (An_{0-10})) 32–33, кварц 6.5–8.5, слюды (биотит и мусковит) 0.5–1, клиноцоизит – ед. зн.

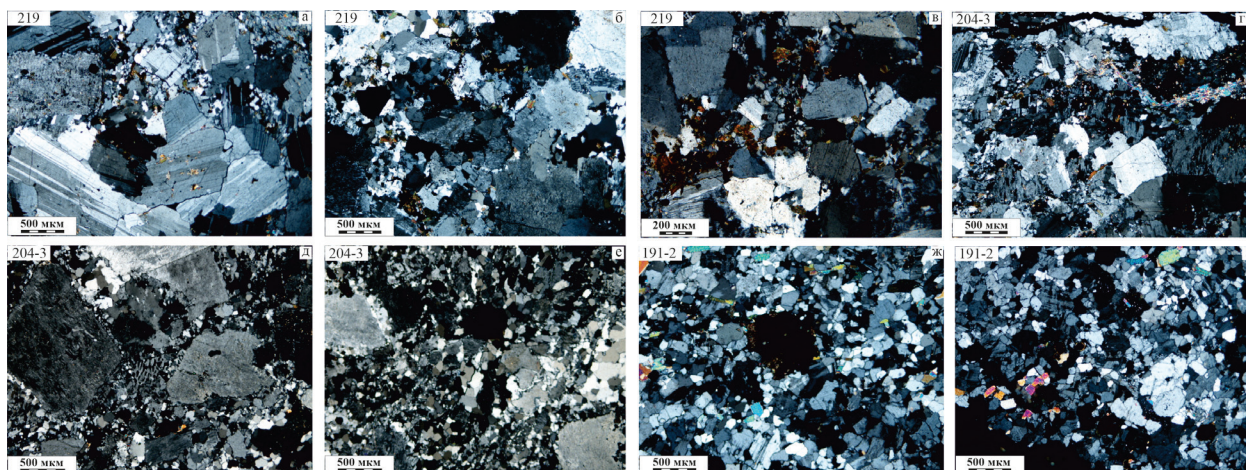


Рис. 2. Примеры микроstructures.

Массив Ильяз: сиениты (а-в), массив Маньхамбо: сиениты (г-е), субщелочные граниты (ж-з)

Fig. 2. Examples of microstructures.

Ilyaz Massif: syenites (a–b); Mankhambo Massif: syenites (г–e), subalkaline granites (ж–z)

Акцессорные минералы представлены цирконом, F-апатитом, алланитом, титанитом, бастнезитом, широкой группой титанониобатов (эксенит, богатый Th Nb-Ti (?), бетафит). Рудные минералы – магнетит, титаномагнетит, марганеоильменит; вторичные минералы – хлорит. Типоморфным минералом является марганеоильменит.

В составе КППШ (мас. %) содержание Na_2O составляет 0.3 мас. %, в плагиоклазе (альбите) содержание оксида калия 0.15, оксида кальция не отмечается.

Слюды представлены Mg-биотитом и фенгитом (ферриалюмоселадонитом) нередко фтор содержащих (F до 2 и 1 мас. % соответственно) (табл. 1).

Таблица. 1. Химический состав (мас. %) и формульные коэффициенты слюд и хлоритов

Table. 1. Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of micas and chlorites

Образец	219	219	219	219	204-3	204-3	204-3	204-3	204-3	219	219	219	204-3	204-3	204-3
Минерал	Mg биотит									Фенгит			Клинохлор		
SiO ₂	38.29	38.95	38.79	39.51	37.86	36.59	37.62	38.37	38.42	51.07	50.01	49.73	30.54	29.97	29.73
TiO ₂	1.24	1.37	1.56	1.68	2.59	2.69	2.08	2.28	2.74	0.26	–	0.22	–	–	–
Al ₂ O ₃	14.26	14.09	14.04	14.14	13.90	12.87	13.64	13.42	14.06	24.16	23.32	23.84	17.01	17.41	16.33
FeO	19.60	19.03	20.52	16.41	17.82	17.34	17.34	17.15	18.14	6.55	8	6.88	18.67	19.27	17.59
MnO	1.51	1.40	0.75	1.50	0.52	0.75	0.56	0.71	0.54	0.19	–	–	0.75	0.72	0.53
MgO	10.39	10.27	10.39	12.77	12.13	11.80	12.46	12.39	12.41	3.28	2.93	2.85	22.01	20.84	21.07
ZnO	–	–	–	–	0.31	0.45	–	–	–	–	–	–	0.44	–	–
K ₂ O	9.52	9.74	9.81	9.90	8.62	9.18	9.63	9.76	10.10	10.88	10.85	10.88	–	–	–
ZnO	–	–	–	–	0.31	0.45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
F	–	–	–	1.86	–	–	–	–	–	0.99	0.89	0.85	–	–	–
Формульные коэффициенты															
Si	2.95	2.99	2.96	2.96	2.91	2.90	2.91	2.94	2.89	3.45	3.46	3.44	3.05	3.04	3.08
Al ^(IV)	1.05	1.01	1.04	1.04	1.10	1.10	1.09	1.06	1.11	0.55	0.55	0.56	–	–	–
Al ^(VI)	0.24	0.26	0.22	0.21	0.16	0.10	0.15	0.15	0.13	1.38	1.35	1.39	–	–	–
Ti	0.07	0.08	0.09	0.10	0.15	0.16	0.12	0.13	0.16	0.01	–	0.01	–	–	–
Fe ²⁺	1.26	1.22	1.31	1.03	1.14	1.15	1.12	1.10	1.14	0.37	0.46	0.40	1.53	1.66	1.51
Mn	0.10	0.09	0.05	0.10	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03	0.01	–	–	–	–	–
Mg	1.19	1.17	1.18	1.43	1.39	1.39	1.44	1.42	1.39	0.33	0.30	0.29	3.33	3.12	3.33
Zn	–	–	–	–	0.02	0.03	–	–	–	–	–	–	–	–	–
K	0.94	0.95	0.95	0.95	0.84	0.93	0.95	0.95	0.97	0.94	0.96	0.96	–	–	–
OH	2.00	2.00	2.00	1.56	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.79	1.81	1.81	8.00	8.00	8.00
F	–	–	–	0.44	–	–	–	–	–	0.21	0.19	0.19	–	–	–

Примечание: «—» – здесь и далее ниже предела обнаружения.

Титанонообаты формируют собственные выделения, но чаще всего наблюдаются в комплексных агрегатах с магнетитом, Ti-магнетитом, титанитом и манганоильменитом. Размеры выделений до конца недиагностированных богатых торием титанонообатов (эвксенит-эшинитовая группа) до 500 мкм (рис. 3 а) форма различная, удлинённая либо (рис. 3 б) здесь же совместно с ними отмечается и эвксенит (Y) (рис. 3 а, в) неправильной формы выделения размерами до 100 мкм. Мелкие выделения бетафита вытянутой либо изометричной формы до 20 мкм (рис. 3 г, д) также наблюдаются в агрегатах титанита и Mn-ильменита. В химическом составе (табл. 2) богатых торием титанонообатов содержание (мас. %) ThO₂ варьирует от 3.43 до 18.99, содержание Nb₂O₅ варьирует от 10.42 до 13.50, содержание TiO₂ от 7.66 до 16.30, характерно присутствие хрома Cr₂O₃ до 4.

Алланит ассоциирует также с магнетитом, Ti-магнетитом, титанитом и Mn-ильменитом формирует крупные до 300 мкм выделения неправильной формы (рис. 3 е) либо хорошо оформленные кристаллы (рис. 3 ж). В химическом составе преобладает Ce₂O₃ до 11.6 мас. % (табл. 3).

Циркон наблюдается в сростках с магнетитом, наблюдаемые кристаллы их поперечные срезы до 150–200 мкм, с хорошо оформленной однородной каймой и сетчатым строением центральной части насыщенной ураноторитом (рис. 3 з, и) магнетит и калиевый полевой шпат заполняют поздние трещины в цирконе. Содержание HfO₂ в каймах достигает 3.5 мас. % (табл. 4).

Манганоильменит является типоморфным минералом этих пород, формирует структуры похожие на структуры распада твердых растворов в титаните, отмечается в ассоциации с магнетитом (рис. 3 в-е).

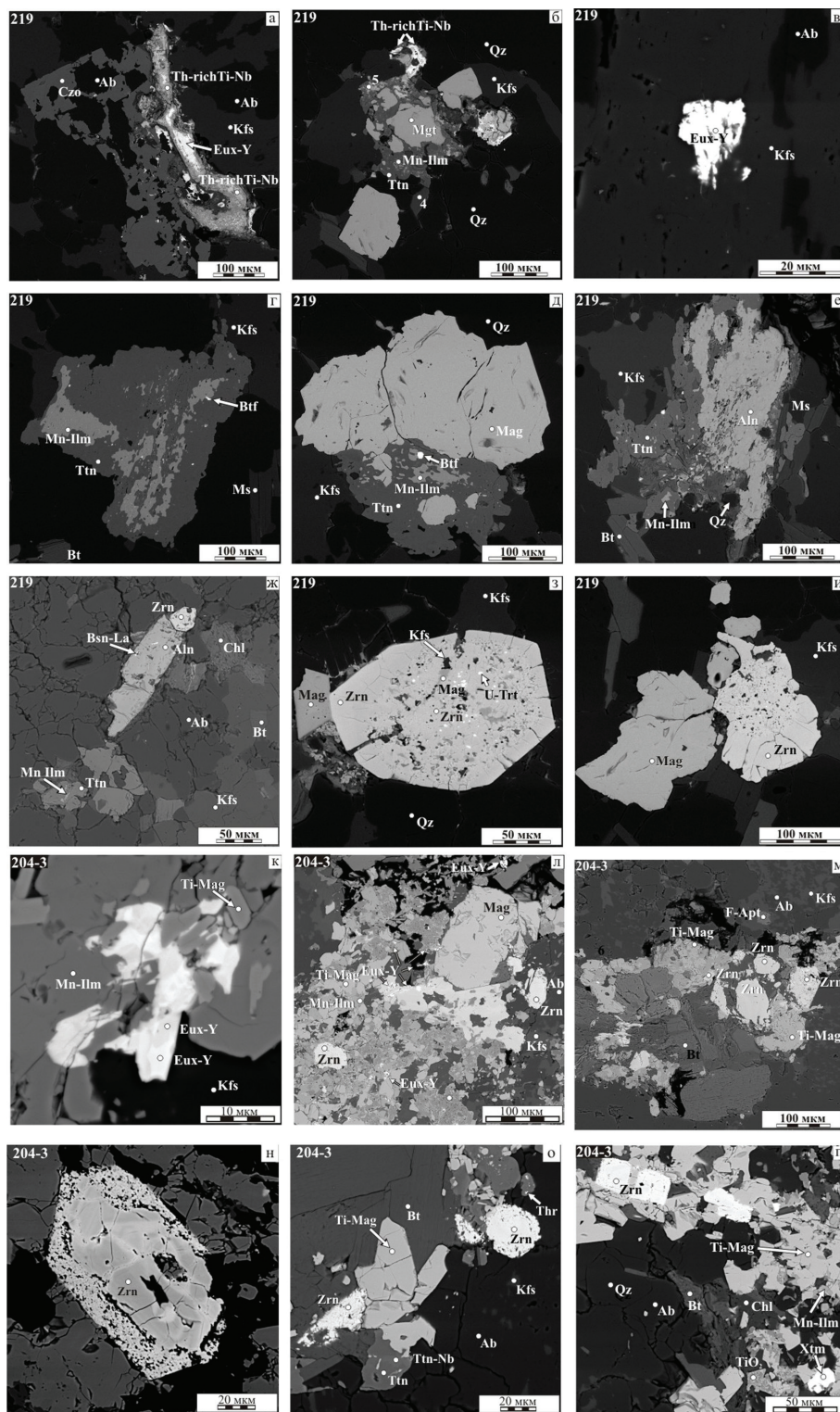


Рис. 3. Примеры распределения акцессорных и рудных минералов в сиенитах массива Ильяз (а-ж), сиенитах массива Маньхамбо (з-м). Условные обозначения: Qz – кварц, Ab – альбит, Kfs – калиевый полевой шпат, Ms – мусковит, Bt – биотит, Czo – клиноцоизит, Ttn – титанит, Mag – магнетит, Ti-Mag – титано-магнетит, Mn-Ilm – манганоильменит, Zrn – циркон, F-Apt – апатит, Eux-Y – эвксенит, Aln – алланит, Xtm – ксенотим, Btf – бетафит, Th rich Ti-Nb – богатые торием титаниониты

Fig. 3. Examples of accessory and ore mineral distribution in syenites of the Ilyaz Massif (a–g) and syenites of the Mankhambo Massif (h–m). Legend: Qz – quartz, Ab – albite, Kfs – potassium feldspar, Ms – muscovite, Bt – biotite, Czo – clinozoisite, Ttn – titanite, Mag – magnetite, Ti-Mag – titanomagnetite, Mn-Ilm – manganioilmenite, Zrn – zircon, F-Apt – apatite, Eux-Y – euxenite-(Y), Aln – allanite, Xtm – xenotime, Btf – betafite, Th rich Ti-Nb – thorium-rich titanoniobates

Таблица 2. Химический состав (мас.%) и формульные коэффициенты титанониобатов
 Table 2. Chemical composition (wt.%) and formula coefficients of titanoniobates

Образец	219	219	219	219	219	219	219	219	204-3	204-3	204-3	204-3	204-3	204-3
Минерал	Th-rich Nb-Ti				бетафит		эвксенит-(Y)							
SiO ₂	10.25	9.08	8.72	9.02	–	3.74	3.23	0.92	0.44	0.63	0.51	1.81	–	0.68
TiO ₂	16.3	15.3	9.35	7.66	18.98	19.61	4.29	23.35	43.54	38.67	36.26	35.42	33.79	26.96
Al ₂ O ₃	0.68	0.56	0.8	1.33	–	0.45	–	–	–	–	–	–	–	–
Cr ₂ O ₃	1.66	2.54	3.59	4.08	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
FeO	4.77	4.58	6.13	7.91	2.54	1.82	5.71	1.28	–	0.74	0.89	1.03	1.29	5.42
MnO	–	–	–	–	0.89	1.05	–	–	–	–	–	–	–	–
CaO	0.69	0.83	2.04	1.63	10.1	6.8	2.92	0.73	0.93	0.64	0.15	0.20	0.62	0.22
Y ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	10.91	16.44	21.74	20.37	22.14	19.35	18.02	17.77
Nb ₂ O ₅	12.36	10.42	12.7	13.5	26.82	26.54	46.25	30.39	9.94	16.15	19.22	17.15	17.7	26.9
Ce ₂ O ₃	2.13	–	2.26	2.23	–	–	1.84	1.52	–	–	–	–	–	–
Nd ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	0.91	1.25	0.97	2.50	2.52	2.53	1.77	–
Sm ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	0.70	–	1.33	2.98	2.42	2.90	1.62	1.83
Eu ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.43	0.78	–	–
Gd ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	1.38	–	2.82	4.13	3.66	3.58	2.64	2.75
Dy ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	3.03	2.12	2.91	4.10	3.53	3.74	3.23	4.90
Ho ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.80	–	0.68	0.87	0.93
Er ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	2.12	1.81	2.56	2.36	2.14	2.17	1.76	3.02
Yb ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	1.53	2.96	1.93	1.59	1.19	1.46	1.56	2.55
Ta ₂ O ₅	2.37	1.99	1.39	1.08	–	1.77	–	–	–	1.29	1.92	2.00	3.9	2.03
WO ₃	–	–	–	–	1.73	1.25	–	–	–	–	–	–	–	–
PbO	–	–	–	3.61	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ThO ₂	18.99	18.17	16.01	13.43	–	–	4.90	2.78	7.40	2.32	1.31	3.53	9.83	3.42
UO ₂	–	–	–	2.34	28.42	27.5	–	1.97	2.31	1.21	0.61	–	0.84	1.20
Формульные коэффициенты														
Si	0.88	0.85	0.91	0.89	–	0.27	0.22	0.06	0.02	0.03	0.03	0.10	–	0.04
Ti	1.05	1.08	0.73	0.57	1.06	1.07	0.22	1.09	1.76	1.56	1.47	1.49	1.43	1.08
Al	0.07	0.06	0.10	0.15	–	0.04	–	–	–	–	–	–	–	–
Cr	0.11	0.19	0.30	0.32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fe	0.34	0.36	0.53	0.65	0.16	0.11	0.33	0.07	–	0.03	0.04	0.05	0.06	0.24
Mn	–	–	–	–	0.06	0.06	–	–	–	–	–	–	–	–
Ca	0.06	0.08	0.23	0.17	0.81	0.53	0.22	0.05	0.05	0.04	0.01	0.01	0.04	0.01
Y	–	–	–	–	–	–	0.4	0.54	0.62	0.58	0.63	0.58	0.54	0.50
Nb	0.48	0.44	0.60	0.60	0.90	0.87	1.45	0.85	0.24	0.39	0.47	0.43	0.45	0.65
Ce	0.06	–	0.08	0.08	–	–	0.04	0.03	–	–	–	–	–	–
Nd	–	–	–	–	–	–	0.02	0.03	0.02	0.05	0.05	0.05	0.04	–
Sm	–	–	–	–	–	–	0.02	–	0.02	0.05	0.04	0.06	0.03	0.03
Eu	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.01	0.01	–	–
Gd	–	–	–	–	–	–	0.03	–	0.05	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05
Dy	–	–	–	–	–	–	0.07	0.04	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	0.08
Ho	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.01	–	0.01	0.02	0.02
Er	–	–	–	–	–	–	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05
Yb	–	–	–	–	–	–	0.03	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04
Ta	0.06	0.05	0.04	0.03	–	0.03	–	–	–	0.02	0.03	0.03	0.06	0.03
W	–	–	–	–	0.03	0.02	–	–	–	–	–	–	–	–
Pb	–	–	–	0.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Th	0.37	0.39	0.38	0.3	–	–	0.08	0.04	0.09	0.03	0.02	0.04	0.13	0.04
U	–	–	–	0.05	0.47	0.44	–	0.03	0.03	0.01	0.01	–	0.01	0.01

Размеры выделений варьируют от первых мкм до 100 мкм, формы неправильные. Содержание MnO составляет 16.61–19.23 мас. %, содержание Nb₂O₅ до 1.08 мас. % (табл. 5).

Таблица 3. Химический состав (мас. %) и формульные коэффициенты РЗЭ минералов
 Table 3. Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of REE minerals

Образец	219	204-3	Образец	219	204-3
Минерал	Алланит	Ксенотим	Формульные коэффициенты		
SiO ₂	32.05	–	Si	3.10	–
Al ₂ O ₃	14.99	–	Al	1.71	–
FeO	15.18	1.72	Fe	1.23	0.05
MnO	1.50	–	Mn	0.12	–
CaO	10.57	–	Ca	1.09	–
P ₂ O ₅	–	34.70	P	–	0.98
Y ₂ O ₃	–	45.53	Y	–	0.81
La ₂ O ₃	8.14	–	La	0.29	–
Ce ₂ O ₃	11.60	–	Ce	0.39	–
Nd ₂ O ₃	1.61	0.48	Nd	0.06	0.01
Sm ₂ O ₃	–	1.42	Sm	–	0.02
Gd ₂ O ₃	–	3.21	Gd	–	0.04
Dy ₂ O ₃	–	5.06	Dy	–	0.05
Ho ₂ O ₃	–	1.04	Ho	–	0.01
Er ₂ O ₃	–	3.39	Er	–	0.04
Yb ₂ O ₃	–	3.65	Yb	–	0.04

Таблица 4. Химический состав (мас.%) и формульные коэффициенты циркона
 Table 4. Chemical composition (wt.%) and formula coefficients of zircon

Образец	219	219	204-3	204-3	204-3	204-3	204-3
SiO ₂	32.97	32.49	31.24	31.67	31.77	32.3	32.23
FeO	1.25	–	1.28	1.41	0.74	0.48	0.60
ZrO ₂	64.86	66.99	59.3	64.29	64.39	64.61	65.8
HfO ₂	3.47	1.67	1.94	1.95	1.44	2.44	1.79
Формульные коэффициенты							
Si	1	0.99	1.02	0.99	0.99	1	0.99
Fe	0.03	–	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02
Zr	0.96	1	0.94	0.98	0.98	0.97	0.99
Hf	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02

Химический состав исследуемых пород наблюдаемых в составе массива Ильяз (табл. 6) соответствует средним плутоническим породам подотряда умереннощелочных – сиенитам и кварцевым сиенитам (Петрографический..., 2008). Содержания кремнезема (мас. %) варьирует от 61 до 68, глинозема 16.40–17.50, сумма щелочей (Na₂O+K₂O) 10.96–11.90, при преобладании Na₂O над K₂O (Na₂O/K₂O 1.51–1.63) (табл. 6, рис. 4 а). Содержания TiO₂ (0.2–0.3), суммарного железа FeO+Fe₂O₃ (1.46–1.64). Сиениты щелочные породы и близки к гранитоидам А-типа (рис. 4 б, в).

Для пород характерно высокое содержание (г/т) Ni (280–1270), низкие содержания: Cr (на уровне 3). Обогащение (г/т) Sr (115–320), Ba (480–765), Nb (59–70), Th (82–105) и истощение Zr (40–100), Ta (1.5–7.0), Rb (35–42). Суммарное содержание РЗЭ достигает 216–236 г/т (табл. 7). Спектры распределения РЗЭ показывают небольшое преобладание легких РЗЭ над тяжелыми (La/Yb)_N – 6.04–6.58 (рис. 6 г). Наблюдаются незначительные отрицательные Eu аномалии (Eu/Eu* = 0.35–0.46). Мультидиаграммы (нормирование на примитивную мантию) показывают преобладание крупноионных элементов над высокозарядными (рис. 4 д). Точки составов на диаграммах применяемых для рекон-

струкции геодинамических условий формирования пород группируются в полях внутриплитных образований (рис. 4 е, ж).

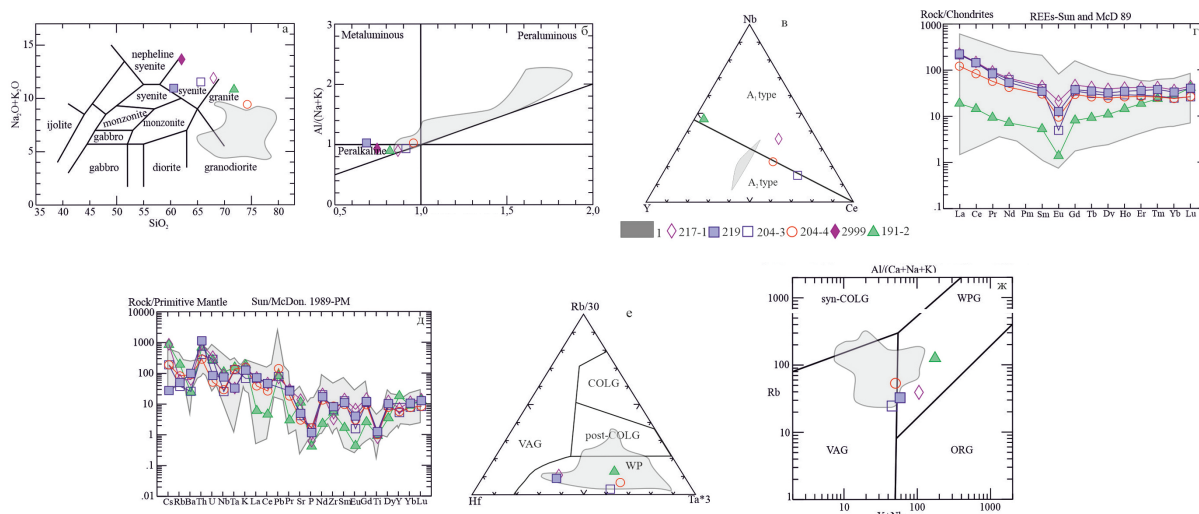


Рис. 4. Классификационные диаграммы для сиенитов и субщелочных гранитов. а – TAS ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$); б – $\text{Al}/(\text{Na}+\text{K})-\text{Al}/(\text{Ca}+\text{Na}+\text{K})$; в – $\text{Y}-\text{Nb}-\text{Ce}$; г – спектры распределения РЗЭ; д – спайдер диаграмма; геодинамические диаграммы: е – $\text{Hf}-\text{Rb}/30-\text{Ta}^*3$, ж – $(\text{Rb}-\text{Y}+\text{Nb})$. Поля syn-COLG – синколлизийные, post-COLG – постколлизийные, WP – внутриплитные, VAG – островодужные, ORG – океанических хребтов

Fig. 4. Classification diagrams for syenites and subalkaline granites. а – TAS ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$); б – $\text{Al}/(\text{Na}+\text{K})-\text{Al}/(\text{Ca}+\text{Na}+\text{K})$ diagram; в – $\text{Y}-\text{Nb}-\text{Ce}$ diagram; г – REE distribution diagram; д – Spider diagram; е – $\text{Hf}-\text{Rb}/30-\text{Ta}^*3$ diagram; ж – $(\text{Rb}-\text{Y}+\text{Nb})$ diagram. Fields: syn-COLG – syn-collisional granites; post-COLG – post-collisional granites; WP – within-plate; VAG – volcanic arc granites; ORG – ocean ridge granites

Таблица 5. Химический состав (мас. %) и формульные коэффициенты манганоильменита и рутила
 Table 5. Chemical composition (wt. %) and formula coefficients of manganilmenite and rutile

Образец	219	219	204-3	204-3	204-3	204-3	204-3
Минерал	Манганоильменит						Рутил
TiO ₂	47.67	43.31	51.28	51.79	49.65	55.42	97.93
V ₂ O ₅	–	–	–	–	0.29	0.40	0.63
MnO	19.53	16.61	23.24	22.84	22.52	16.74	–
FeO	28.03	21.83	24.20	24.08	26.45	26.98	–
Nb ₂ O ₅	–	1.08	–	0.61	–	0.58	1.84
Формульные коэффициенты							
Ti	0.96	0.99	0.99	0.99	0.96	1.03	0.98
V	–	–	–	–	–	0.01	0.01
Nb	–	0.01	–	0.01	–	0.01	0.01
Mn	0.44	0.43	0.50	0.49	0.49	0.35	–
Fe	0.63	0.55	0.52	0.51	0.57	0.56	–

Сиениты и субщелочные граниты в центральной (обр. 204-3, 204-4) и южной (обр. 191-2) частях массива Маньхамбо наблюдались в элювиальных развалах, также близизометричной и линейной (дайковой) формы, небольших размеров выходы (до десятки метров). Породы интродуцируют гранитоиды массива Маньхамбо, наблюдаются метасоматические ореолы, при этом в породах отсутствуют изменения характерные для вмещающих гранитоидов. Наблюдается переход от сиенитов (обр. 204-3) до субщелочных биотит-мусковитовых гранитов (обр. 204-4).

Породы серого цвета (отмечаются вариации от темно-серых до светло-серых), массивные как правило средне-мелкозернистые (отмечаются крупнозернистые и пегматоидные разности). Под микроскопом наблюдается гипидиоморфозернистая микроструктура отмечается начальный катаклаз (рис. 2 г-е).

Минеральный состав (об. %): калиевый полевой шпат (микроклин-пертит) 60–30, плагиоклаз (альбит (An_0)) 60–30, кварц (10–5), биотит (1), мусковит (ед). Акцессорные минералы представлены – гранатом, апатитом (в том числе F-апатит), цирконом, торитом, ксенотимом, эвксенитом, титанит (и Nb-титанит), рутил (Nb-рутил). Рудные минералы: магнетит, Ti-магнетит, манганоильменит, гематит. Вторичные – хлорит (пикнохлорит, клинохлор). Предшественниками отмечались: пироксен (эгирин-авгит) и амфибол (рибекит), пирохлор (Калиновский, 1990). *Эвксенит* формирует собственные выделения от первых мкм до 30 мкм ассоциирует также с магнетитом, Ti-магнетитом, титанитом и манганоильменитом (рис. 3 к-л) Химический состав (табл. 2, мас. %): содержание Nb_2O_5 варьирует от 9.94 до 26.90, содержание TiO_2 от 26.96 до 43.54, Yt_2O_3 17.77–22.14, Ta_2O_5 до 3, TiO_2 1.31–9.83, сильно варьируют РЗЭ 12.52–19.84.

Ксенотим наблюдается развитие изометричной формы кристаллов до 30–50 мкм в ассоциации с магнетитом, Ti-магнетитом, титанитом, манганоильменитом и рутилом (рис. 3 н). Содержание РЗЭ до 19.15 мас. % (табл. 3). *Циркон* – породы насыщены цирконом наблюдаются кристаллы до 100–150 мкм хорошо ограненные с развитыми гранями призмы и пирамиды, у всех цирконов наблюдается кайма – сетчатого, ажурного, пористого строения, либо наблюдаются кристаллы нацело имеющие такое строение (рис. 3 м-п). В химическом составе содержание HfO_2 в каймах достигает 2.44 мас. % (табл. 4). Исследуемые породы относятся по своему химическому составу к сиенитам – средним плутоническим породам, умереннощелочного подотряда, натриевого типа щелочности (Петрографический..., 2008). Содержания (мас. %) SiO_2 в них составляет 62–65.50 (табл. 6, рис. 4 а), Al_2O_3 13.30–17.50, сумма щелочей (Na_2O+K_2O) 9.34–13.70, (Na_2O/K_2O 0.80–1.06). Характерны содержания TiO_2 (0.24–0.6), суммарного железа $FeO+Fe_2O_3$ (1.22–4.33). Породы являются щелочными (рис. 4 б), близки к гранитоидам А-типа (рис. 4 в).

В породах наблюдается высокое содержание (г/т) Ni (380) и достаточно высокое содержание Sr (10), они обогащены (г/т) Sr (97), Ba (200), Nb (20), Ta (6), Zr (80) и истощены Rb (26), Th (38). Содержания РЗЭ достигают 213 г/т, спектры распределения РЗЭ с ровными плечами РЗЭ (La/Yb)_N – 8.53 (рис. 4 г). Наблюдается отрицательная Eu аномалия ($Eu/Eu^* = 0.13$). Спадерграмма демонстрирует преобладание крупноионных элементов над высокозарядными (рис. 4 д). Точки составов на диаграммах применяемых для реконструкции геодинамических условий формирования пород группируются в полях внутриплитных образований (рис. 4 е, ж). В сиенитах (обр. 204-3) микрозондовыми исследованиями установлены «сетчатые», «ажурные», «пористые» кристаллы циркона (рис. 3 м-п). Для установления возраста породы из этой пробы выделена монофракция циркона. По 5 кристаллам циркона (обр. 204-3) был установлен возраст: получено 7 значений диапазон от 536 до 385 млн лет. Цирконы размерами от 100 до 150 мкм, белесые (отдельные есть темно красно желтые), непрозрачные с неровной сахаровидной поверхностью короткопризматического габитуса $Ky = 1:2$. Катодолюминесцентные изображения демонстрируют разноразмерную осцилляторную зональность (рис. 5 а).

Рассчитанный средневзвешенный возраст возраст цирконов по отношению $^{206}Pb/^{238}U$ в выборке из 4 точек – 519 ± 4 млн лет (СКВО = 8.2), что соответствует возрасту циркона вмещающих гранитоидов массива Маньхамбо (табл. 8). Для этих цирконов отмечаются близкие содержания (г/т) U и Th, значения Th/U близки к 1 характерно для магматических цирконов. Спектры распределения РЗЭ в датированных цирконах располагаются между полями гидротермальных и магматических цирконов (табл. 9, рис. 5 б), в цирконах варьирует содержание La, Eu, Tm. На диаграммах применяемых для разделения магматических и гидротермальных цирконов точки составов магматических цирконов (1 тип) располагаются в целом в поле магматических, а точки составов кайм 2 тип (возраста 473, 424, 385) располагаются в поле гидротермальных цирконов (рис. 5 в). Температуры кристаллизации рассчитанные по содержанию титана (Watson, Harrison, 1983) в цирконах 1 группы составили 816–760 °C, во второй не корректны из-за высокого содержания железа (117–1763 г/т, табл. 9).

Таблица. 6. Химический состав (мас. %) исследуемых пород
 Table.6. Chemical composition (wt. %) of studied rocks

Компоненты	217-1	219-1	204-3	2999	204-4	191-2
	Сиениты			Субщелочные граниты		
	Массив Ильяз		Массив Маньхамбо			
SiO ₂	68.04	60.74	65.5	62.08	74.62	71.84
TiO ₂	0.19	0.3	0.26	0.59	0.24	0.22
Al ₂ O ₃	17.53	16.38	18.45	17.46	13.33	14.67
Fe ₂ O ₃	0.84	1.35	1.3	1.34	0.93	0.54
FeO	0.62	0.29	1.08	2.99	0.29	0.43
MnO	0.08	0.219	0.04	0.09	0.01	0.02
MgO	0.04	0.11	0.66	0.12	0.19	0.4
CaO	0.8	4.99	0.17	1.44	0.25	0.69
Na ₂ O	7.16	6.8	9.3	7.04	4.14	4.79
K ₂ O	4.74	4.16	2.25	6.66	5.2	6.07
P ₂ O ₅	0.015	0.028	0.04	0.12	0.04	0.01
ППП	0.64	–	0.40	0.61	0.20	0.57
H ₂ O ⁻	0.18	0.08	0.10	–	<0.10	0.13
H ₂ O ⁺	–	1.17	0.28	–	–	–
CO ₂	–	4.06	–	–	–	–
Na ₂ O+K ₂ O	11.90	10.96	11.55	13.70	9.34	10.86
Na ₂ O/K ₂ O	1.51	1.63	4.13	1.06	0.80	0.79
Q	6.86	–	1.32	–	30.16	19.35
Or	28.00	25.78	13.42	39.39	30.97	35.99
Ab	60.56	58.94	79.45	41.49	35.30	40.66
An	1.69	1.98	0.59	–	0.99	0.60
Ne	–	0.76	–	6.11	–	–
C	–	–	0.51	–	0.54	0.00
Di	0.74	0.62	–	5.62	–	2.16
Hy	0.00	–	2.22	–	0.48	0.01
Wo	0.55	9.60	–	–	–	–
Ol	–	–	–	1.55	–	–
Ac	–	–	–	3.88	–	–
Mt	1.22	0.82	1.90	–	0.27	0.79
Il	0.36	0.60	0.50	1.12	0.46	0.42
Hem	0.00	0.85	0.00	–	0.75	0.00
Ap	0.03	0.07	0.09	0.28	0.09	0.02

Субщелочные граниты. Биотит-мусковитые граниты широко распространены среди более древних образований установленных фаз массивов Ильяз и Маньхамбо. Опробованные точки отражают наблюдаемое разнообразие пород. Субщелочные граниты как правило светлые, светло-серые, светло-розовые породы, мелкозернистые, массивные с более тонкой отдельностью, чем вмещающие гранитоиды. В шлифах наблюдаются гранитовые микроструктуры (рис. 2 ж, з). Минеральный состав (об. %): кварц (20–30), КППШ+Р1 (микроклин-пертит+альбит (An₀₋₁₀)) 55–60, темноцветные минералы – слюды (биотит+мусковит) до 5, реже до 10. Акцессорные минералы: апатит, циркон, торит, титанониобаты, Nb-рутил. Рудные минералы: магнетит, Ti-магнетит, манганоильменит. Вторичные минералы представлены хлоритом. Химический состав сложных титанониобатов не до конца исследован.

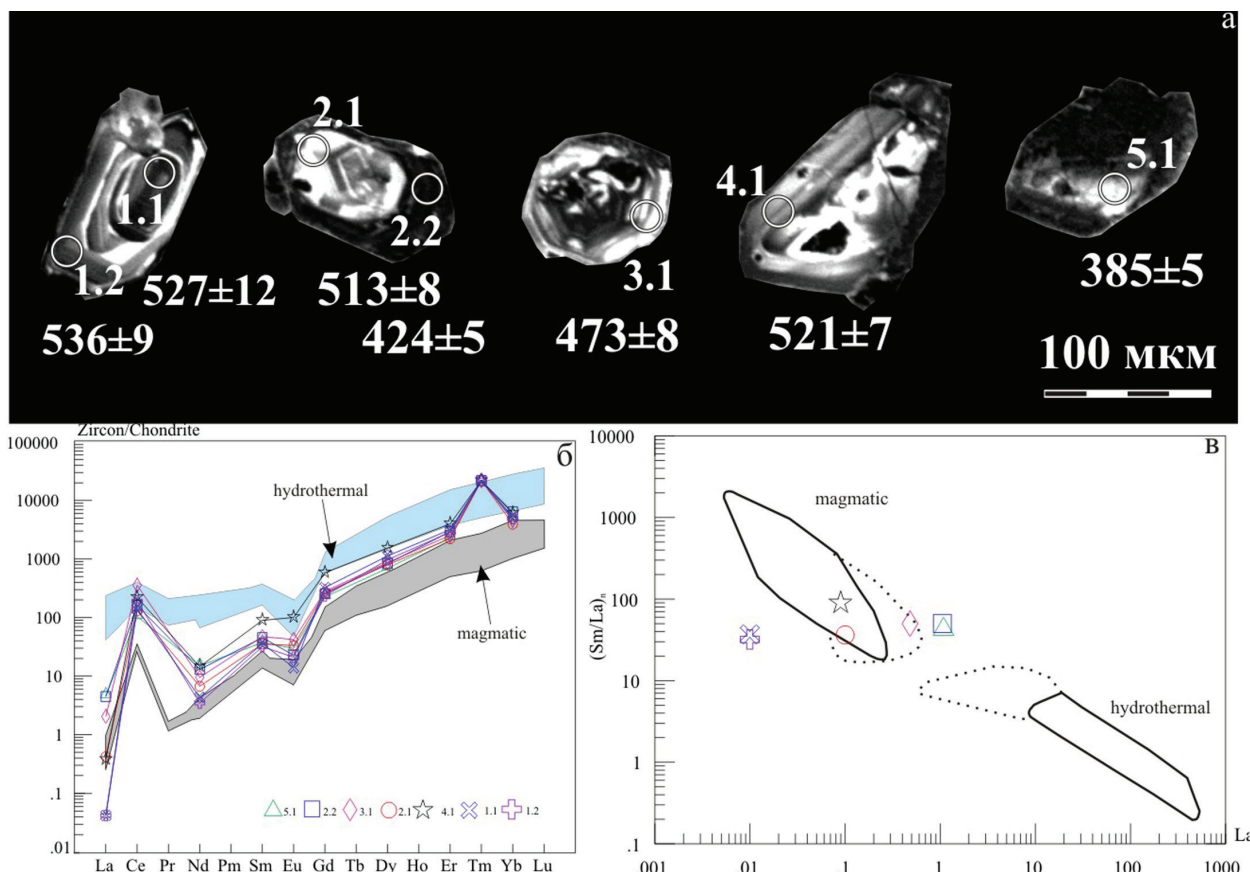


Рис. 5. Катодолуминесцентные изображения цирконов с номерами датированных зерен и аналитических кратеров (а). Спектры распределения РЗЭ в датированных цирконах (б), график La–(Sm/La)_n (в) для разделения цирконов

Fig. 5. Cathodoluminescence images of zircons showing the numbers of dated grains and analytical craters (a). REE distribution spectra in the dated zircons (б), La–(Sm/La)_n diagram (в) for zircon discrimination

Химический состав (мас. %), (табл. 6, рис. 4 а): содержание кремнезема составляет 72–75, сумма щелочей 9.3–11, при преобладании оксида калия (Na₂O/K₂O 0.79–0.80) содержание оксида титана (0.22–0.24), FeO+Fe₂O₃ (0.97–1.22). Породы являются щелочными (рис. 4 б), близки к гранитоидам А-типа (рис. 4 в). Породы неоднородны по содержанию реперных элементов (г/т) Ni (0–240), Cr (1–2), они обогащены (г/т) Sr (70–260), Ba (185–695), Nb (23–85), Ta (6–7), Zr (65–105) и истощены Rb (60–134), Th (27–65). Содержания РЗЭ 34–137 г/т, спектры распределения РЗЭ различны для субщелочных гранитов южной части характерно низкое общее содержание РЗЭ, при преобладании тяжелых РЗЭ над легкими (La/Yb)_N – 0.66 (рис. 4 г). Наблюдается отрицательная Eu аномалия (Eu/Eu* = 0.21). Для пород центральной части характерно высокое содержание РЗЭ, близкие к сиенитам распределения РЗЭ (La/Yb)_N – 4.94 (рис. 4 г). Наблюдается отрицательная Eu аномалия (Eu/Eu* = 0.32). Спандерграммы близки и демонстрируют преобладание крупноионных элементов над высокозарядными (рис. 4 д). Точки составов на диаграммах применяемых для реконструкции геодинамических условий формирования пород группируются в полях внутриплитных образований (рис. 4 е, ж).

Заключение

Таким образом исследованные породы имеют секущее положение по отношению к вмещающим гранитоидам массивов Маньхамбо и Ильязиз, штокообразную либо дайковую формы небольших размеров прослеженных по как правило элювиальным развалам. Это серые, массивные, мелкозернитые с вариациями крупности породы. Петрографически наблюдается калиевый полевой шпат (микроклин-пертит) и плагиоклаз (альбит) из темноцветов присутствуют слюды биотит и мусковит,

Таблица. 7. Содержание элементов примесей в исследуемых породах (г/т)
 Table 7. Content of trace elements in the studied rocks (ppm)

Компоненты	217-1	219-1	204-3	204-4	191-2
	Сиениты			Субщелочные граниты	
	Массив Ильяз		Массив Маньхамбо		
La	54.8	53.9	51.6	29.3	4.55
Ce	93	90	90	51.8	8.96
Pr	9	8	8.5	5.51	0.9
Nd	31.5	25.4	29.5	20	3.4
Sm	7	5.37	6.14	4.7	0.82
Eu	1.24	0.74	0.29	0.56	0.081
Gd	9.8	7.8	7.3	6.15	1.69
Tb	1.62	1.32	1.17	0.99	0.35
Dy	10	8.2	7.2	6.28	2.8
Ho	2.37	1.98	1.66	1.5	0.82
Er	7	6.01	4.76	4.47	3.12
Tm	1.1	0.97	0.7	0.67	0.61
Yb	6.32	5.7	4.21	4.13	4.77
Lu	1.15	1.03	0.67	0.68	1.06
Rb	42.1	35	26.4	57.5	134.2
Cs	7.58	0.24	1.64	1.64	7.29
Sr	320	115	97	70	260
Ba	480	765	200	695	185
Cr	2.99	3.26	10.4	2.22	1.11
Co	3.49	0.72	14.8	0.57	1.77
As	0.61	3.21	7.51	4.32	3.29
Sb	0.19	0.31	0.35	0.62	0.2
Sc	7.66	5.05	3.24	3.17	4.46
Hf	7.36	7.6	10.5	8.74	10.7
Th	82	105.6	38.1	26.9	64.7
U	7.94	1.95	6.55	1.19	6.26
Br	0.063	0.011	0.2	0.084	0.026
Ta	1.48	1.47	5.83	6.12	6.9
Zr	40	100	80	105	65
Ni	1270	280	380	—	240
Se	0.83	1.72	0.99	0.89	1.33
Zn	—	10	40	—	—
Au	0.01	0.047	0.034	0.01	—
Ga	16	—	19	18	12
Be	2.4	—	3.6	2	3.7
Pb	5.5	—	6.1	11	6.4
Y	36	—	26	28	90
V	18	110	18	11	9.7
Nb	70	59	20	23	85
Li	—	3.7	6.2	3	—
SREE	235.9	216.42	213.7	136.74	33.931
Zr/Hf	5.43	13.16	7.62	12.01	6.07
Nb/Ta	47.30	40.14	3.43	3.76	12.32
Eu/Eu*	0.46	0.35	0.13	0.32	0.21
(La/Yb) _n	6.04	6.58	8.53	4.94	0.66

Таблица 8. Результаты U-Pb изотопных исследований цирконов
 Table. 8. Results of U-Pb isotopic studies of zircons

204-3 кратер	²⁰⁶ Pb _c Содержание, мкг ²³² Th/ Возраст млн лет					Изотопные отношения			D, %	Rh _o		
	%	²⁰⁶ Pb*	U	Th	²³⁸ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb			²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U
5.1	2.73	45	855	758	0.92	387 ± 5	585 ± 103	+35	0.059 ± 4.7	0.5 ± 4.9	0.06 ± 1.4	0.3
2.2	0.78	77	1316	1031	0.81	423 ± 5	392 ± 61	-8	0.055 ± 2.7	0.5 ± 3.0	0.07 ± 1.3	0.4
3.1	2.28	35	541	759	1.45	475 ± 7	622 ± 270	+25	0.061 ± 12.5	0.6 ± 12.6	0.08 ± 1.4	0.1
2.1	1.00	19	274	299	1.13	512 ± 8	479 ± 141	-7	0.057 ± 6.4	0.6 ± 6.6	0.08 ± 1.5	0.2
4.1	0.94	29	401	691	1.78	520 ± 7	434 ± 109	-21	0.056 ± 4.9	0.6 ± 5.1	0.08 ± 1.5	0.3
1.1	0.24	34	458	405	0.91	525 ± 12	365 ± 101	-46	0.054 ± 4.5	0.6 ± 5.0	0.08 ± 2.3	0.5
1.2	0.38	45	600	557	0.96	532 ± 9	290 ± 95	-87	0.052 ± 4.1	0.6 ± 4.5	0.09 ± 1.8	0.4

Примечание. ²⁰⁶Pb_c и ²⁰⁶Pb* – обыкновенный и радиогенный свинец. Изотопные отношения и содержания ²⁰⁶Pb скорректированы по измеренному ²⁰⁴Pb. D – дискордантность: $D = 100 \times [\text{возраст } (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) / \text{возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1]$. Rh_o – коэффициент корреляции между ошибками определения изотопных отношений ²⁰⁶Pb/²³⁸U и ²⁰⁷Pb/²³⁵U.

Note. ²⁰⁶Pb_c и ²⁰⁶Pb* – ordinary and radiogenic lead. Isotopic ratios and abundances of ²⁰⁶Pb were corrected to measured ²⁰⁴Pb. D – discordance: $D = 100 \times [\text{age } (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) / \text{age } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1]$. Rho is the correlation coefficient between errors in determining the isotope ratios ²⁰⁶Pb/²³⁸U and ²⁰⁷Pb/²³⁵U.

Таблица 9. Содержания редкоземельных элементов, гафния, железа и титана (г/т) и температуры кристаллизации (°C) в исследованных цирконах.

Table. 9. Contents of rare earth elements, hafnium, iron, and titanium (ppm) and crystallization temperatures (°C) in the studied zircons

204-3 точки	Компоненты															
	Y	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Yb/Gd	Hf	Fe	⁴⁸ Ti	⁴⁹ Ti	T ^[1]
5.1	2065	1.08	62	6.9	5.6	1.7	45	170	369	849	19.0	8026	1753	228.1	225.7	1314
2.2	2529	1.05	96	6.0	6.8	1.3	51	205	466	1038	20.2	10077	284	19.7	20.4	901
3.1	2239	0.48	212	4.4	7.1	2.4	56	213	403	748	13.2	8080	117	10.4	10.7	827
2.1	1955	0.10	78	3.1	5.3	1.9	53	196	354	639	12.1	9489	12	9.5	10.2	816
4.1	3568	0.09	131	6.7	13.4	5.7	116	377	633	976	8.4	7902	59	18.2	17.8	891
1.1	2518	0.01	114	1.6	4.8	1.2	47	238	455	800	17.1	10637	9	6.1	6.0	771
1.2	2821	0.01	84	2.0	5.4	0.8	65	276	505	853	13.1	10845	1	5.4	5.6	760

микроструктуры гипидиоморфозернистые, реже с признаками начального катаклаза. В минералогическом составе акцессорных и рудных минералов отмечается присутствие алланита, ксеноти-ма, но определяющая роль принадлежит титанониобатам (эвксенит-эшинит), бетафиту, бастнезиту из рудных минералов манганильмениту. Петрохимически породы характеризуются типичными для выделенных типов содержаниями кремнезема и высокой щелочностью. Геохимически соответствуют внутриплитным образованиям. В породах развиты специфические выделения циркона «сетчатые», «ажурные», «пористые» либо каймы либо полностью кристаллы.

Установленный возраст (U-Pb, SIMS) составил 519 ± 4 млн лет ($n = 4$, СКВО = 8.2) с геохимическими характеристиками циркона соответствующих магматическим. Мы рассматриваем полученный возраст циркона как возраст захваченных цирконов из вмещающих гранитодов массива Маньхамбо. Полученные же данные минералогические (по строению кайм), по возрасту и геохимическим показателям циркона соотносятся с данными по аляскитам (Удоротина, Шуйский, 2025) и позволяют ожидать, что возраст прорывающих образований близок раннему карбону. Сиениты, распространенные среди гранитоидов массива Ильяз отличаются от сиенитов распространенных среди гранитоидов Маньхамбо: в первых преобладание калиевого полевого шпата над плагиоклазом (60 и 30), тогда как в других эти отношения обратные. На участке развития сиенитов среди гра-

нитодов массива Иль-Из отмечается карбонатизация сиенитов, что маркируется появлением бета-фита в породах.

Литература

1. Андреев В. Л., Соболева А. А., Довжикова Е. Г., Ронкин Ю. Л., Миллер Э. Л., Кобл М. А. Гранитоиды Большеземельской зоны фундамента Печорской синеклизы: состав и U-Pb возраст // Геология и геофизика. 2023. Т. 64, № 2. С. 180–191. <https://doi.org/10.15372/GiG2022125>.
2. Душин В. А., Сердюкова О. П., Малюгин А. А., Козьмин В. С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). Серия Северо-Уральская. Лист Р-40-VI (г. Тельпос-Из). Объяснительная записка. СПб. Изд-во: Картографическая фабрика. ВСЕГЕИ, 2018. 216 с.
3. Калиновский А. В. Редкометалльные комплексы Маньхембовского металлогенического района на Северном Урале Докл. на заседании президиума Коми науч. центра УрО АН СССР, 8 февр. 1990 г. Сыктывкар. Изд-во : Коми науч. центр УрО АН СССР, 1990. 22 с.
4. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург. Изд-во: ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.
5. Удоратина О. В., Куликова К. В., Шуйский А. С., Соболева А. А., Андреев В. Л., Голубева И. И., Капитанова В. А. Гранитоиды севера Урала: геохронология, эволюция, источники. Сыктывкар. 2022. 125 с. <https://doi.org/10.19110/98491-044>
6. Удоратина О. В., Шуйский А. С. Редкометалльные граниты массива Маньхембо (Северный Урал): U-Pb (SIMS) данные и изотопно-геохимические характеристики // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». 2025. № 3 (79). С. 53–67. <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2025-3-53-67>
7. Watson E. B., Harrison M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types // Earth Planet Sci Lett. 1983. No. 64. P. 295–304.