



Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 552.122:552.323.1 (234.852)

DOI: 10.19110/geov.2022.12.3

Строение, петрография и петрогеохимия кислых пород экструзивно-субвулканического тела южной части хребта Енганепэ (Полярный Урал)

Т. А. Вовчина

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
ta_kaneva@mail.ru

Приводятся результаты изучения текстурно-структурных особенностей кислых пород экструзивно-субвулканического тела лядгейского комплекса (λV_2ld) между ручьями Правый и Левый Изьявож южной части хребта Енганепэ. Установлено, что экструзивно-субвулканическое образование обладает неоднородным строением, обусловленным зональным расположением разновидностей пород: массивных, флюидалных и сферолоидных риолитов, кластолав риолитового и дацитового состава. Выраженность в рельефе, признаки выдавливания вязкой лавы, текстуры течения в породах, последовательная смена с запада на восток флюидалных разновидностей массивными и затем сферолоидными, присутствие кластолав риолитового и дацитового состава позволяют отнести изучаемый объект к экструзивному генетическому типу.

Ключевые слова: экструзивно-субвулканическое тело, риолит, кластолава, хребет Енганепэ.

Structure, petrography and petrogeochemistry of acid rocks of extrusive-subvolcanic body of the southern part of the Enganepe Ridge (Polar Urals)

T. A. Vovchina

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The results of the study of textural and structural features of acidic volcanites of the extrusive-subvolcanic body of the Lyadghey Complex (λV_2ld) between the Pravy Izyavozh and the Levy Izyavozh creeks of the southern part of the Enganepe Ridge are reported. We found that the extrusive-subvolcanic formation had an inhomogeneous structure due to the zonal arrangement of rock varieties: massive, fluid and spheruloid rhyolites, clusters of rhyolite and dacite composition. Prominence in relief, signs of extrusion of viscous lava, flow textures, successive change from west to east of fluid varieties by massive and then spheroid, the presence of clastolaves of rhyolite and dacitic compositions allow classifying the studied object as an extrusive genetic type.

Keywords: extrusive-subvolcanic body, rhyolite, clastolava, Enganepe Ridge.

Введение

Экструзивные тела формируются преимущественно в завершающие этапы вулканизма. Если магма вязкая и температура ее невысока, то расплав медленно выжимается и выдавливается на поверхность, происходит экструзия магмы и образуются специфические постройки — экструзивные (вулканические) купола [2].

Вулканические купола по условиям образования, форме и размерам весьма разнообразны, начиная от едва заметных выпуклостей рельефа до пиков, измеряемых сотнями метров. Большинство классификаций основано на их строении и форме [2]. Выделяют грибообразные и веерообразные (воронкообразные) купола, которые, в свою очередь, подразделяются по ти-

пу строения: простой симметричный, простой асимметричный, асимметричный усложненный, сложный симметричный и сложный асимметричный.

Экструзии обычно обладают неоднородным строением, которое обусловлено зональным расположением разновидностей пород, флюидалностью, полосчатостью, пористостью, степенью кристалличности, отдельностью и трещиноватостью.

В южной части хребта Енганепэ обнажаются образования кислого состава, которые относят к экструзивно-субвулканическому лядгейскому комплексу (λV_2ld) поздневендского возраста [7]. Нами было детально изучено зональное строение одного из достаточно крупных экструзивных тел между ручьями Правый

Для цитирования: Вовчина Т.А. Строение, петрография и петрогеохимия кислых пород экструзивно-субвулканического тела южной части хребта Енганепэ (Полярный Урал) // Вестник геонаук. 2022. 12(336). С. 20–28. DOI: 10.19110/geov.2022.12.3

For citation: Vovchina T.A. Structure, petrography and petrogeochemistry of acid rock extrusive-subvolcanic body of the southern part of the Enganepe Ridge (Polar Urals). Vestnik of Geosciences, 2022, 12(336), pp. 20–28, doi: 10.19110/geov.2022.12.3

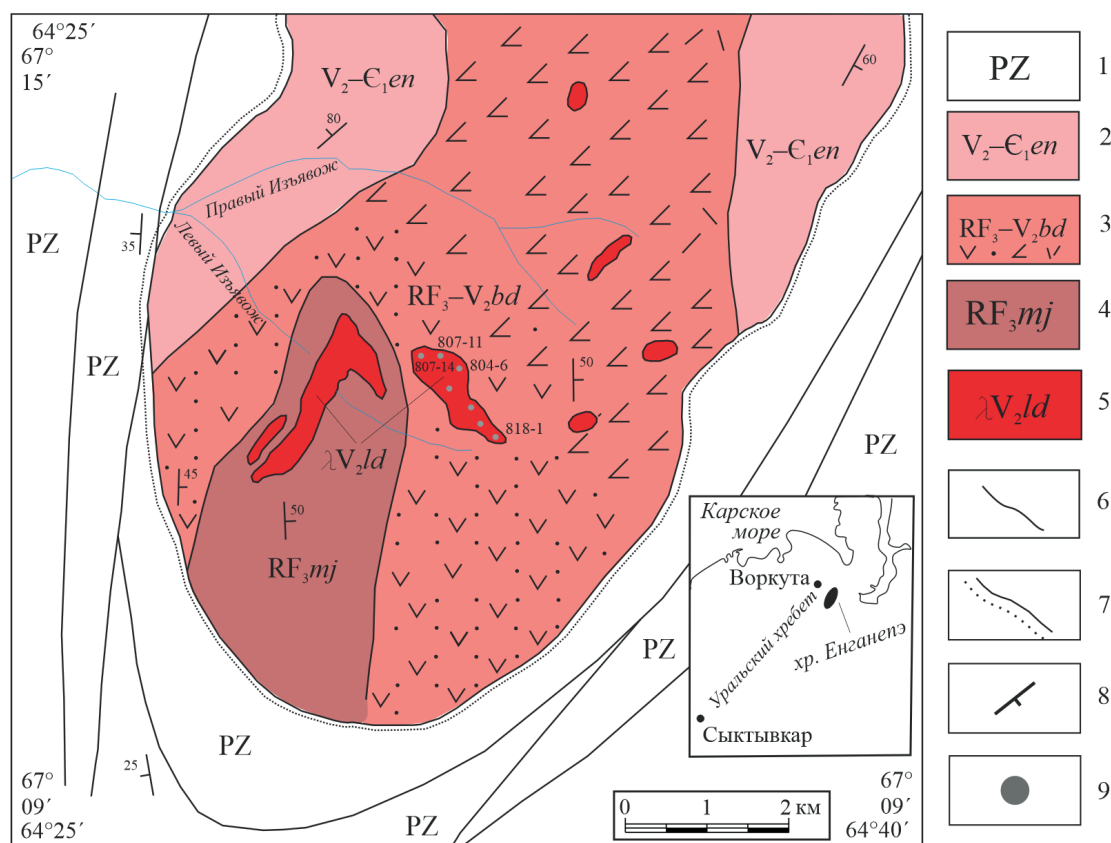


Рис. 1. Схема геологического строения южной части хребта Енганепэ, Полярный Урал. Составлена по материалам ГДП-200 ЗАО «ГТК МИРЕКО» [8]

Условные обозначения: 1 — палеозойские отложения; 2 — енганепэ́йская свита (V_2-C_1en): флишоидное переслаивание апоглинистых и апоалевролитовых сланцев, полимиктовых песчаников, линзы песчаных известняков, туфопесчаники; 3 — бедамельская серия нерасчлененная (RF_3-V_2bd): базальты, андезибазальты, андезиты, дациты, риолиты и их кластолавы и туфы; 4 — манюкуяхинская свита (RF_3mj): метаалевропесчаники, метаалевролиты, углеродисто-кремнисто-глинистые сланцы, прослои известняков; 5 — лядгейский комплекс риолитовый (λV_2ld); 6–7 — границы стратиграфических подразделений: 6 — согласные, 7 — несогласные; 8 — наклонное залегание, 9 — точки отбора проб

Fig. 1. Schematic geological structure of the southern part of the Enganepe Ridge, Polar Urals, compiled on the basis of materials of additional geological study, scale 1:200 000, GGC MIREKO Company [8]

Legend: 1 — Paleozoic sediments; 2 — Enganepe Formation (V_2-C_1en): flyschoid interlayer of apoglinic and apoaleurolite shales, polymictic sandstones, lenses of sandy limestones, tuff sandstones; 3 — Bedamel series undifferentiated (RF_3-V_2bd): basalts, andesibasalts, andesites, dacites, rhyolites and their clastolaves and tuffs; 4 — Manyukuyakha Formation (RF_3mj): metaaleurolites, carbonaceous-siliceous-clay shales, limestone interlayers; 5 — Lyadghey rhyolite complex (λV_2ld); 6–7 — geological boundaries: 6 — conformable, 7 — unconformable; 8 — inclined bedding; 9 — sample points

и Левый Изъявож с целью выделить генетический тип строения и текстурно-структурные характеристики кислых пород.

Геологическое строение района

Хребет Енганепэ расположен на юго-западном склоне Полярного Урала, в бассейне р. Лёк-Елец, в 50 км к юго-востоку от Воркуты. Он представляет собой брахиантиклиналь северо-восточного простираения протяженностью около 60 км и шириной около 20 км. В ядре антиклинали вскрыты докембрийские осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканические стратифицированные комплексы манюкуяхинской свиты (RF_3mj), бедамельской серии (RF_3-V_2bd) и енганепэ́йской свиты (V_2-C_1en). Крылья антиклинали сложены породами палеозойского возраста. Породы рифей-вендского (доуралиды) и нижнепалеозойского (уралиды) структурных этажей разделены угловым, стратиграфическим и азимутальным несогласиями. Породы

енганепэ́йской свиты и бедамельской серии со структурным несогласием перекрыты палеозойскими толщами, разрез которых начинается с нижнеордовикской манитаньрдской серии (C_3-O_1mn), содержащей продукты разрушения вулканических пород этих свит и одновозрастных гранитоидов [4].

Результаты геохронологических исследований туфов верхней части бедамельской серии (554.7 ± 3.3 млн лет) и туфов нижней части енганепэ́йской свиты (558.7 ± 3.9 и 552.0 ± 3.6 млн лет) в пределах хребта Енганепэ показали, что они формировались в конце венда [5].

Среди магматических горных пород, развитых в южной части хребта Енганепэ, выделяется множество мелких и крупных поздневендских экструзивно-субвулканических образований лядгейского комплекса (λV_2ld), которые локализованы в верхах бедамельской серии и комагматичны кислым покровным образованиям. Абсолютный возраст риолитов лядгейского комплекса определен по единичным цирконам U-Pb-

методом на ионном микрозонде SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ в интервале 555–547 млн лет и отвечает основанию верхнего венда [7].

Аналитические методы

Минеральный состав и текстурно-структурные особенности пород изучались в прозрачных шлифах на исследовательском микроскопе OLYMPUS BX51. Концентрации петрогенных элементов, представленных в виде оксидов, определялись методом классического химического анализа, содержание других микроэлементов — методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на аппарате Agilent 7700x (Agilent Technologies США, аналитик Г. В. Игнатев) в ЦКП «Геонаука» ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Петрографическая характеристика пород

Экструзивно-субвулканическое образование лядгейского комплекса (λV_2ld) между ручьями Правый и Левый Изъявож сложено вулканогенными породами кислого состава — массивными, флюидальными и сферолоидными риолитами, а также кластолавами риолитового и дацитового состава. Породами обрамления

(вмещающими) являются щелочные базальты, андезиты и их туфы бедамельской серии (RF_3-V_2bd).

Массивные риолиты — это породы светло-серого цвета с зеленоватым оттенком и темно-серого до угольного цвета, с раковистым сколом, с единичными вкрапленниками калиевого полевого шпата и неправильными изометричными зернами кварца (рис. 2, а). Породы характеризуются массивной текстурой и редкопорфировой структурой (рис. 2, b). Основная масса имеет микрофельзитовую структуру. Акцессорные минералы (циркон) единичны.

Флюидальные риолиты светло-серо-зеленоватого цвета с чередованием белых и серых полос, размером 1–2 мм на макроуровне (рис. 2, c). Породы обладают линзовидно-полосчатой текстурой и редкопорфировой структурой (рис. 2, d). Такая неоднородность строения связана с высокой вязкостью кислой лавы. Структура основной массы фельзитовая с послойными участками гребенчатой и сферолитовой структур. Главную часть основной массы породы составляет фельзитовый слабополяризующийся кварц-полевошпатовый материал. Вторым элементом структуры являются линзовидные, более раскристаллизованные участки, имеющие зональное строение. Внешняя оторочка таких линзочек имеет гребенчатую структуру,

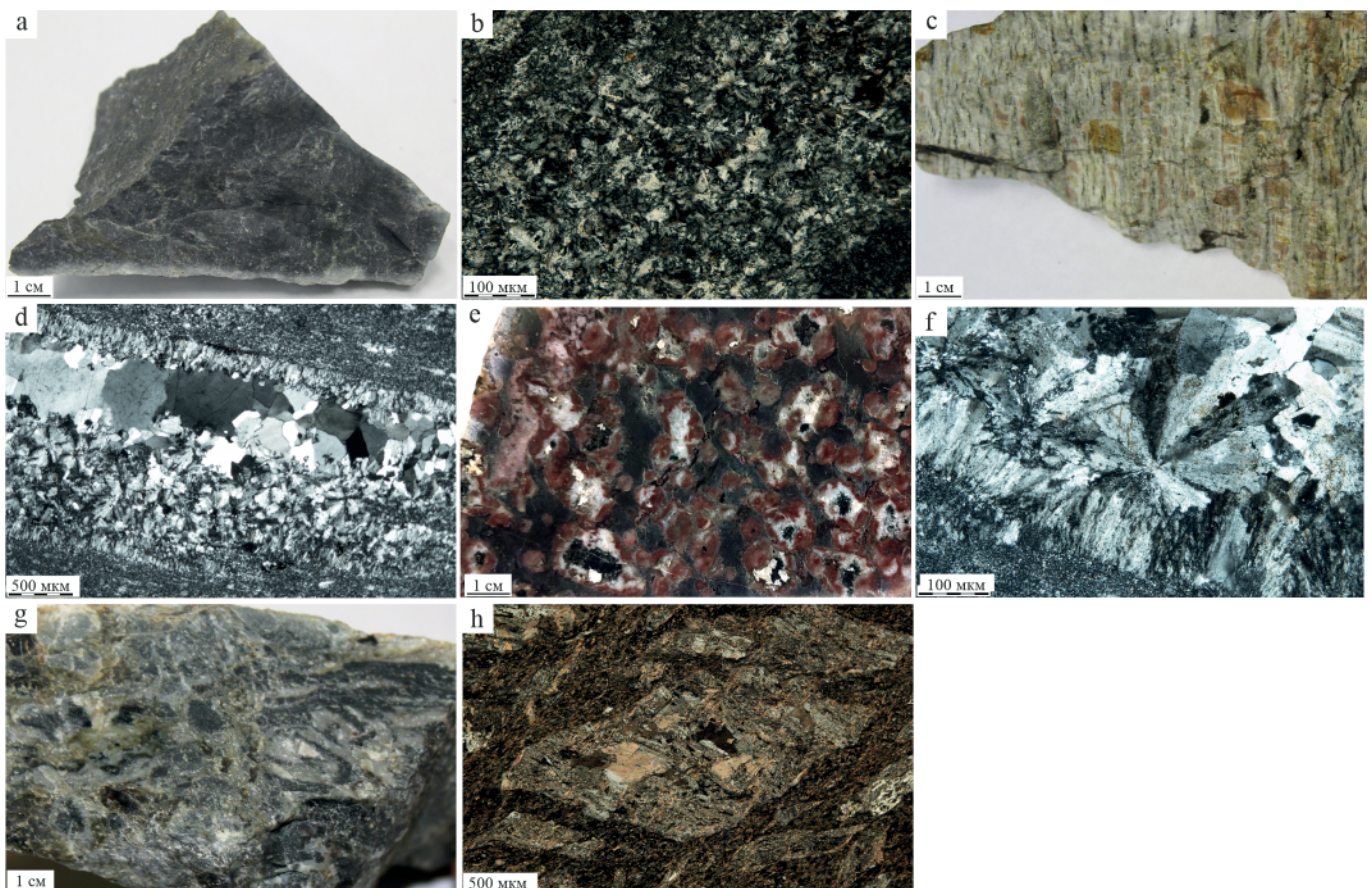


Рис. 2. Разновидности пород экструзивного тела и их микрофотографии (фото с анализатором): а — массивный риолит; б — метасферолитовая структура основной массы; с — флюидальный риолит; д — фельзитовая основная масса с послойными участками гребенчатой и сферолитовой структур; е — сферолоидный риолит; ф — сферолитовая структура риолитов; г — кластолава дацитового состава; h — пластично-деформированные обломки, направленные по текстуре течения

Fig. 2. Varieties of rocks of the extrusive body and their micrographs (photo with analyzer): а — massive rhyolite; б — meta-spherulite structure of the bulk; с — fluid rhyolite; д — felsite bulk with layered sections of combed and spherulite structures; е — spheruloid rhyolite; ф — spheruloid structure of rhyolites; г — dacitic clastolava; h — plastically deformed fragments directed along the texture of the flow



характеризующуюся перпендикулярным расположением волокнистых агрегатов полевого шпата и кварца относительно границ линзы. Внутренние части участков линз обладают сферолитовой структурой. Сферолиты имеют размеры 0.1–0.2 мм и характеризуются радиально-волокнистым строением и отчетливым крестообразным угасанием волокон. Центральная часть линз сложена ксеноморфными зернами кварца размером до 1 мм.

Сферолоидные риолиты имеют темно-серую окраску с овально-вытянутыми сферолоидами белого и красновато-бордового цвета (рис. 2, е). Текстура этих разностей флюидальная, а структура сферолитовая (рис. 2, ф). В микрофельзитовой кварц-полевошпатовой основной массе заключены сферолоиды радиально-лучистого строения. Они распределены по одному или группами из нескольких индивидов. Размеры сферолоидов меняются от 0.6 до 10 мм. Они вытянуты по направлению течения. Внутренняя часть их сложена, как и основная масса, микрозернистым кварц-полевошпатовым агрегатом. Оболочка сферолоидов представлена неправильными зернами кварца размером 0.3–0.5 мм.

Кластолава дацитового состава на макроуровне имеет темно-серую окраску (рис. 2, г) и флюидальную текстуру, обусловленную обломками дацитов ромбоэдральной формы, ориентированных в одном направлении (рис. 2, h). В породе отмечаются обломки (до 60 %) псаммито-псефитовой размерности (до 1.4 см). Они имеют порфиновую структуру, представленную вкрапленниками сосюритизированного плагиоклаза размером до 1.2 мм, погруженными в серицитизированную основную массу. Обломки дацита, в свою очередь, обладают флюидальной текстурой, подчеркиваемой ориентированным расположением вкрапленников плагиоклаза. Матрикс (до 40 %) представлен кварц-полевошпатовым материалом. Порода подвержена серицитизации. Чешуйки серицита и тончайшая рудная пыль направлены по флюидальности, подчеркивая следы течения вязкой лавы.

Кластолава риолитового состава на макроуровне — серовато-бордового цвета, с обломками стекловатой структуры неправильной формы черного цвета, ориентированными по флюидальной текстуре. В породе отмечаются обломки (до 30 %) псаммитовой размерности (0.1–1.6 мм), представленные нераскристаллизованным и раскристаллизованным стеклом. На фоне кварц-полевошпатового матрикса выделяются линзовидной формы участки, слагающие шлировидные, в виде цепочки, скопления длиной 3–4 мм и выполненные агрегатом ксеноморфных зерен кварца размером до 0.4 мм. В кластолаве присутствуют «струйки» серицита по течению. В шлифе наблюдается захваченный крупный ксенолит сферолоидного риолита.

Петро- и геохимические характеристики

Для изучения петро- и геохимических особенностей экструзивно-субвулканического тела был задействован ряд диаграмм и индикаторных соотношений.

Кислые породы лядгейского комплекса образуют непрерывную серию от дацитов до риолитов (рис. 3, а) и являются калиево-натриевыми (табл. 1). На TAS-диаграмме (рис. 3, а) большая часть составов локали-

Таблица 1. Содержание петрогенных компонентов (мас. %) в риолитах лядгейского комплекса

Table 1. Content of petrogenic components (wt. %) in the rhyolites of Lyadghey Complex

| Компонент Component | 807-14 | 807-11 | 818-1 | 804-1 | 804-6 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 69.77 | 76.88 | 80.07 | 78.73 | 67.50 |
| TiO ₂ | 0.47 | 0.13 | 0.12 | 0.15 | 0.20 |
| Al ₂ O ₃ | 13.35 | 10.46 | 10.14 | 11.71 | 16.87 |
| Fe ₂ O ₃ сумма Fe ₂ O ₃ sum | 3.64 | 3.28 | 2.06 | 1.47 | 3.60 |
| MnO | 0.06 | 0.07 | 0.14 | 0.04 | 0.00 |
| MgO | 1.95 | 0.38 | 0.38 | 0.62 | 3.22 |
| CaO | 2.14 | 0.18 | 0.19 | 0.38 | 0.26 |
| Na ₂ O | 3.19 | 2.80 | 2.46 | 3.93 | 3.50 |
| K ₂ O | 2.28 | 5.59 | 4.30 | 2.98 | 2.83 |
| P ₂ O ₅ | 0.21 | 0.23 | 0.14 | 0.10 | 0.17 |
| ППП POI | 2.94 | – | – | – | 1.86 |
| H ₂ O ⁻ | 0.19 | 0.19 | 0.22 | 0.21 | 0.21 |
| CO ₂ | 1.09 | 1.09 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Сумма Sum | 101.28 | 101.28 | 100.32 | 100.42 | 100.32 |
| Na ₂ O+K ₂ O | 3.15 | 0.23 | 0.14 | 0.10 | 2.03 |
| Na ₂ O/K ₂ O | 1.40 | 0.50 | 0.57 | 1.32 | 1.24 |
| al ⁺ | 2.39 | 2.86 | 4.16 | 5.60 | 2.47 |

зуются в области серии нормальной щелочности и лишь один состав (обр. 807–11) попал в область субщелочной серии. По содержанию K₂O породы преимущественно умеренно калиевые, одна точка состава (обр. 807–11) попала в область высококалиевых. Кислые породы лядгейского комплекса имеют низкие содержания титана [1], насыщены глиноземом (Al/(Ca+Na+K) = 1.02–1.82) (рис. 3, б).

В кислых вулканитах отмечается вариативное содержание редких земель от 108.08 до 449.60 г/т (табл. 2). На диаграмме распределения РЗЭ (рис. 4) можно выделить спектр распределения с формой, близкой к горизонтальной, с очень слабым отрицательным наклоном: породы немного обогащены легкими редкими землями относительно тяжелых. Величина La_N/Yb_N, являющаяся показателем этого обогащения, варьирует от 2.98 до 5.00. В спектрах распределения РЗЭ наблюдается хорошо проявленный Eu минимум (Eu_N/Eu_N^{*} = 0.21–0.35). В образце 804-6 в целом при сохранении типа спектра содержание всех РЗЭ выше, чем в остальных.

Кислые породы лядгейского комплекса имеют близкие мультиэлементные спектры распределения элементов-примесей (рис. 5). Для них характерно обогащение крупноионными литофильными элементами (K, Rb, Ba, Th) и слегка пониженными содержаниями высоkozарядных элементов (P, Ti, Y) и РЗЭ (Sm, Yb). В пробах отмечается пониженное содержание Ti. Подобное

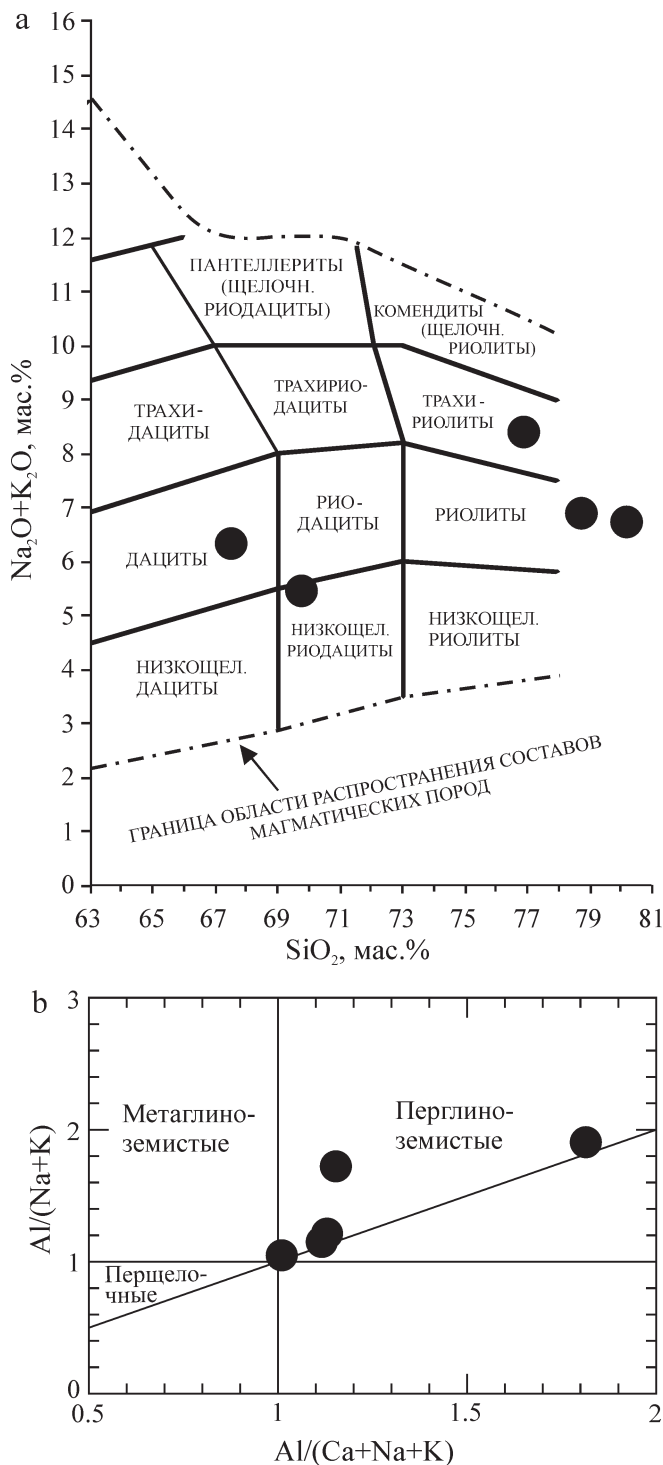


Рис. 3. Классификационные диаграммы для риолитов лядгейского комплекса: а – $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ (TAS) [3]; б – $\text{Al}/(\text{Na} + \text{K}) - \text{Al}/(\text{Ca} + \text{Na} + \text{K})$ [9]

Fig. 3. Classification diagram for rhyolites of Lyadghey Complex: а – $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ (TAS) [3]; б – $\text{Al}/(\text{Na} + \text{K}) - \text{Al}/(\text{Ca} + \text{Na} + \text{K})$ [9]

распределение микроэлементов свидетельствует о формировании пород в условиях зрелой островной дуги [7].

На диаграммах Дж. Пирса (рис. 6), применяемых для реконструкции геодинамических обстановок образования гранитоидов, фигуративные точки составов кислых пород по соотношению $\text{Nb} - \text{Y}$, $\text{Y} - \text{Ta}$, $\text{Yb} + \text{Ta} - \text{Rb} - \text{Yb}$ и $\text{Nb} + \text{Y} - \text{Rb}$ попадают в область внутриплитных гранитов (обр. 804-6, 807-14) и островодужных обра-

Таблица 2. Содержание редких элементов (г/т) в риолитах лядгейского комплекса

Table 2. Content trace elements (ppm) in the rhyolites of Lyadghey Complex

| Элемент Element | 804-6 | 807-11 | 807-14 |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|
| V | 7.00 | 8.10 | 42.00 |
| Cr | 12.00 | 23.00 | 39.00 |
| Co | 1.30 | 1.00 | 6.80 |
| Ni | 6.00 | 10.00 | 21.00 |
| Zn | 220.00 | 42.00 | 96.00 |
| Ga | 27.00 | 21.00 | 20.00 |
| La | 82.00 | 23.00 | 23.00 |
| Ce | 160.00 | 32.00 | 44.00 |
| Pr | 21.00 | 5.90 | 6.80 |
| Nd | 89.00 | 23.00 | 28.00 |
| Sm | 20.00 | 5.30 | 7.60 |
| Eu | 1.40 | 0.61 | 0.60 |
| Gd | 21.00 | 5.20 | 8.40 |
| Tb | 3.30 | 0.79 | 1.40 |
| Dy | 19.00 | 4.40 | 8.90 |
| Ho | 4.10 | 0.93 | 1.90 |
| Er | 13.00 | 2.90 | 5.60 |
| Tm | 1.90 | 0.44 | 0.82 |
| Lu | 1.90 | 0.51 | 0.79 |
| Sr | 45.00 | 11.00 | 47.00 |
| Rb | 92.00 | 94.00 | 59.00 |
| Ba | 290.00 | 540.00 | 160.00 |
| Th | 17.00 | 7.70 | 8.70 |
| Ta | 1.80 | 1.10 | 1.10 |
| Nb | 27.00 | 19.00 | 16.00 |
| Ce | 160.00 | 32.00 | 44.00 |
| Zr | 390.00 | 240.00 | 240.00 |
| Hf | 13.00 | 8.30 | 8.10 |
| Sm | 20.00 | 5.30 | 7.60 |
| Y | 94.00 | 21.00 | 44.00 |
| Yb | 12.00 | 3.10 | 5.20 |
| $\Sigma \text{PЗЭ}$ | 449.60 | 108.08 | 143.01 |
| $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{норм}}$ | 4.61 | 5.00 | 2.98 |
| $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{норм}}$ | | | |
| $\text{Eu}/\text{Eu}_{\text{норм}}$ | 0.21 | 0.35 | 0.23 |
| $\text{Eu}/\text{Eu}_{\text{норм}}$ | | | |

зований (обр. 807-11). Это можно объяснить так: когда раскрывающийся бассейн накладывается на древние островодужные породы, риолиты обнаруживают свойства островных дуг (унаследование состава источника), а если растяжение происходит на удалении от дуги на континенте, происходит смещение риолитов в поле внутриплитных. Подобное смещение также может быть связано с процессами фракционной кристаллизации. Островодужные кислые породы могут смещаться в поля внутриплитных из-за аккумуляции железомagneзиальных и акцессорных фаз [6].

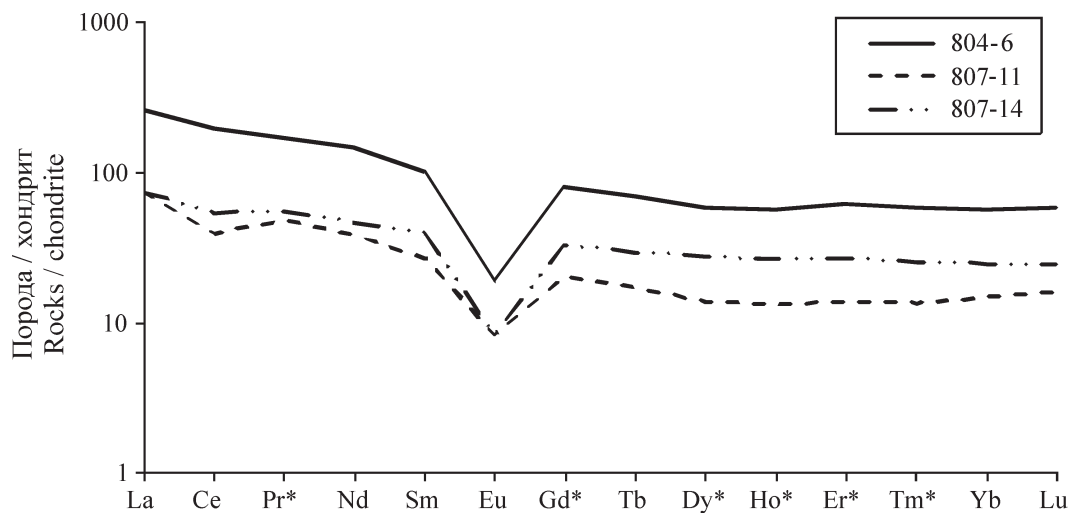


Рис. 4. Графики распределения РЗЭ, нормированных к составу хондрита, для риолитов лядгейского комплекса
 Fig. 4. Graphs of the distribution of REE normalized to the composition of chondrite for rhyolites of Lyadghey Complex

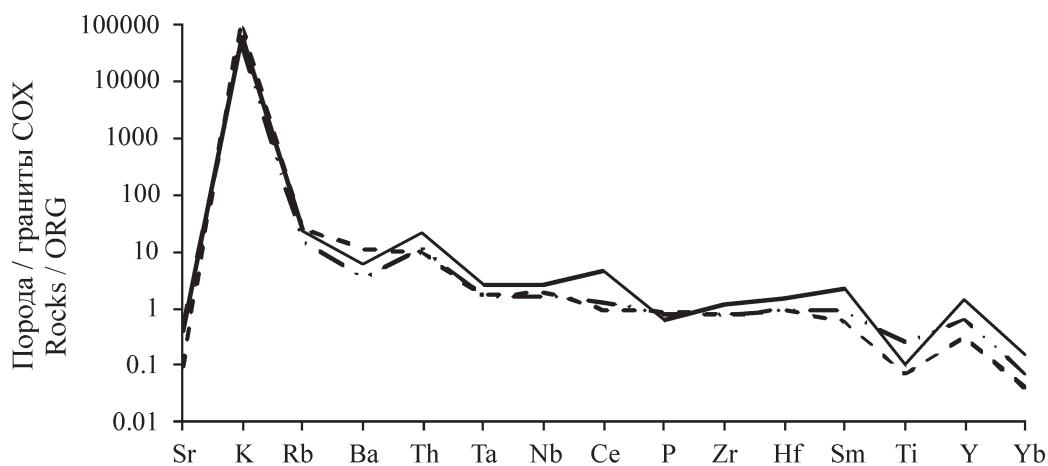


Рис. 5. Спектры распределения элементов-примесей для риолитов лядгейского комплекса. Условные обозначения на рис. 4
 Fig. 5. Distribution of trace elements for rhyolites of Lyadghey Complex. Legend in Fig. 4

Строение экструзивно-субвулканического тела

Экструзивно-субвулканическое тело простирается в северо-западном направлении. Форма тела в плане преимущественно неправильная или близка к овальной: длина составляет 425 м, ширина 130–225 м (к югу сужается до 50 м), а высота обнаженной над поверхностью земли части составляет около 35 м (рис. 7, а). Вмещающие породы выходят на поверхность только на западном и северо-восточном склонах тела и представлены вулканитами среднего состава и их туфами бедамельской серии (RF_3-V_2bd) (рис. 7, а).

Экструзивно-субвулканическое тело лядгейского комплекса обладает неоднородным строением, обусловленным зональным расположением разновидностей пород (рис. 7, а).

Центральную часть экструзивного тела слагают флюидалные разности. Внешне флюидалность пород выражена тонкой полосчатой неоднородностью, которая проявляется в разной степени кристаллизации и возникает при высокой вязкости кислой лавы.

Выделяются риолиты серо-зеленого цвета с полосами серовато-белого цвета толщиной 0.1–0.2 см, темно-зеленовато-серого цвета с полосами серовато-белого цвета толщиной 0.2–0.3 см и серовато-зеленого цвета с розовато-белыми полосами толщиной до 0.2 см (рис. 7, а). Флюидалность погружается на северо-восток (Аз пд 80°) под углом 46° и, вероятно, соответствует направлению движения лавы. В продуктах кислого вулканизма участки лав с флюидално-полосчатыми текстурами обычно развиты в нижних частях экструзивных построек.

К востоку флюидалные разности замещаются однородными светло и темно-серыми массивными риолитами.

Риолиты массивного облика сменяются кластолавами риолитового и дацитового составов, коренные выходы которых сохранились в южной и северо-восточной частях постройки соответственно (рис. 7, а). Вероятно, в этом месте происходило расползание лавы и более быстрое ее охлаждение.

В юго-восточной части экструзивного тела обнажаются риолиты со сферолоидной структурой. Породы

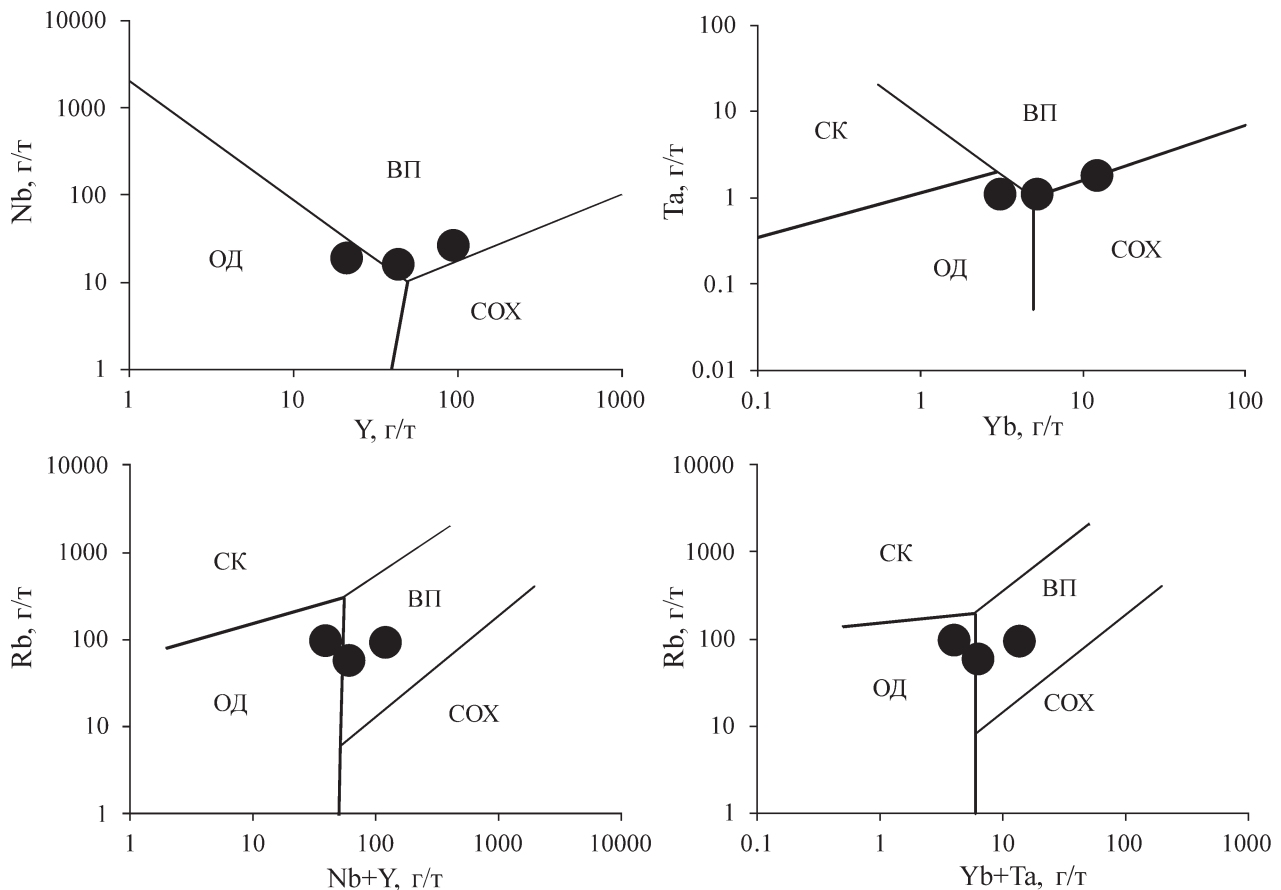


Рис. 6. Диаграммы Дж. Пирса для риолитов лядгейского комплекса [10]. Поля на диаграмме: СК — синколлизийные граниты, ВП — внутриплитные граниты, ОД — островные дуги, СОХ — срединно-океанические хребты

Fig. 6. J.A. Pierce diagrams for the rhyolites of Lyadghey Complex [10]. Fields on the diagram: СК — syn-collisional granites, ВП — intraplate granites, ОД — island-arc granites, СОХ — granites of mid-ocean ridges

имеют темно-серый цвет основной массы, в которой заключены округлые и нередко изометричные сферолиты белого и сургучно-бордового цвета размером от 0.6 до 10 мм (рис. 7, а). Их возникновение в кислых лавах чаще связывают с ликвацией — распадением расплава на две несмешивающиеся жидкости, одна из которых в виде капель большего или меньшего размера остывает и кристаллизуется внутри другой.

Вулканические купола по условиям образования, форме и размерам весьма разнообразны. По классификации Е. Ф. Малеева [2] экструзивное тело между ручьями Правый и Левый Изъявж до его эрозии предположительно можно отнести к грибообразному куполу с простым асимметричным строением (рис. 7, б). Возможно, вмещающие породы бедамельской серии в момент выдавливания лавы кислого состава залегали наклонно, что обусловило асимметрию строения экструзивного купола. Простые грибообразные купола сложены вязкой лавой и обладают флюидалностью.

Выводы

Экструзивно-субвулканическое тело лядгейского комплекса (λV_2 ld) между ручьями Правый и Левый Изъявж обладает неоднородным строением, обусловленным зональным расположением разновидностей пород. Установлено, что центральную часть тела составляют флюидалные риолиты, которые к востоку замещаются однородными массивными разностями.

Риолиты массивного облика сменяются кластолавами риолитового и дацитового состава, выходы которых сохранились лишь в южной и северо-восточной частях постройки соответственно. Юго-восточная часть экструзивного тела сложена риолитами со сфероидной структурой. В кислых разностях присутствуют признаки течения. Вмещающие породы обнажаются только на западном и северо-восточном склоне тела и представлены андезитами и их туфами бедамельской серии (RF_3-V_2bd). Эти признаки позволяют отнести экструзивно-субвулканическое тело лядгейского комплекса к экструзивному генетическому типу.

Для кислых пород лядгейского комплекса характерно обогащение крупноионными литофильными элементами (К, Rb, Ba, Th) и слегка пониженными содержаниями высокозарядных элементов (P, Ti, Y) и РЗЭ (Sm, Yb). Подобное распределение микроэлементов свидетельствует о формировании пород в надсубдукционной островодужной обстановке.

Изученное экструзивно-субвулканическое тело лядгейского комплекса между ручьями руч. Правый и Левый Изъявж до его эрозии по классификации Е. Ф. Малеева предположительно можно отнести к грибообразному куполу с простым асимметричным строением. Возможно, вмещающие породы бедамельской серии в момент выдавливания лавы кислого состава залегали наклонно, что обусловило асимметрию строения экструзивного купола.

Работа выполнена в рамках темы НИР «Глубинное строение, геодинамическая эволюция, взаимодействие

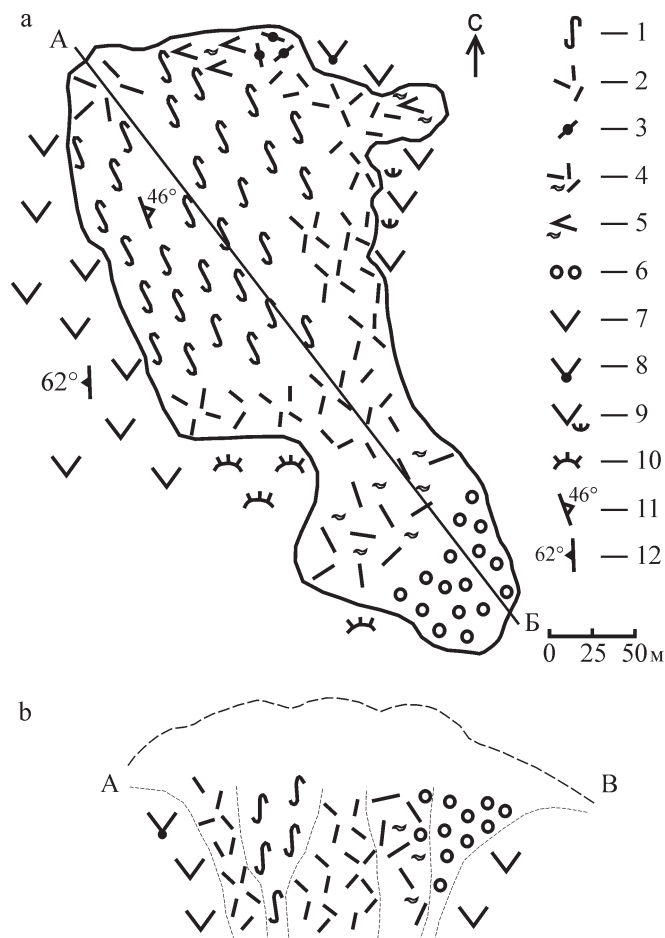


Рис. 7. Схематическая геологическая карта (а) и разрез АВ (вне масштаба) с предполагаемой первоначальной моделью купола (б) экструзивно-субвулканического тела между ручьями Правый и Левый Изъявож южной части хребта Енганепэ. Условные обозначения: 1 — флюидалные риолиты; 2 — массивные риолиты; 3 — трахириолиты; 4 — кластолава риолитового состава; 5 — кластолава дацитового состава; 6 — сферолоидные риолиты; 7 — андезиты; 8 — туф трахиандезитового состава; 9 — туф андезитового состава; 10 — зачерненные участки; элементы залегания: 11 — плоскостных структур течения, 12 — сланцеватости пород

Fig. 7. Schematic geological map (a) and section AB (out of scale) with the proposed initial model of the dome (b) of the extrusive-subvolcanic body between the Pravy Izyavozh and the Levy Izyavozh creeks in the southern part of the Enganepe Ridge. Legend: 1 — fluid rhyolites; 2 — massive rhyolites; 3 — trachyrhyolites; 4 — clastolava of rhyolite composition; 5 — clastolava of dacite composition; 6 — spheruloid rhyolites; 7 — andesites; 8 — tuff of trachyandesite composition; 9 — tuff of andesite composition; 10 — blackened areas; elements of occurrence: 11 — planar flow structures, 12 — shale rocks

геосфер, магматизм, метаморфизм и изотопная геохронология Тимано-Североуральского литосферного сегмента» ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Литература

1. Вовчина Т. А. Петрогеохимическая характеристика кислых вулканитов экструзивного тела южной части хребта Енганепэ (Полярный Урал) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 31-й научной конференции. Сыктывкар: Геопринт, 2022. С. 20–23.

2. Малеев Е. Ф. Вулканиты. М.: Недра, 1980. 240 с.

3. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.

4. Соболева А. А., Куликова К. В. Докембрийские палеоостроводужные комплексы в составе протоуралид-тиманид Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XV Геол. съезда Республики Коми. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. Т. II. С. 326–327.

5. Соболева А. А., Удоратина О. В., Кузнецов Н. Б., Миллер Е. Л., Гроув М. Возраст покровной фации наиболее поздних вулканитов доуралид Полярного Урала по данным U-Pb-датирования цирконов // От минералогии до геохимии: Сб. науч. тр., посвящ. 130-летию со дня рождения акад. А. Е. Ферсмана. Береговое (Крым), 2013. С. 192–194.

6. Туркина О. М. Лекции по геохимии магматического и метаморфического процессов. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014 г. 118 с.

7. Шишкин М. А., Малых И. М., Матуков Д. И., Сергеев С. А. Риолитовые комплексы западного склона Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XIV Геологического съезда Республики Коми. Сыктывкар: Геопринт, 2004. Т. II. С. 148–150.

8. Шишкин М. А., Малых И. М., Малых О. Н., Попов П. Е. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 2-е изд. Полярно-Уральская серия, масштаб 1:200 000. М.: МИРЕКО. 2013 г.

9. Maniar P. D., Piccoli P. M. Tectonic Discrimination of Granitoids. Geological Society of America Bulletin, 101, 1989. P. 635–643.

10. Pearce, J. A., Harris, N. B. W., and Tindle, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // Journal of Petrology, 1984. V. 25. P. 956–983.

References

1. Vovchina T. A. Petrogeochemical characteristics of acidic volcanites of the extrusive body of the southern part of the Enganepe Ridge (Polar Urals) // Structure, substance, history of lithosphere of Timan-Northern Ural segment. Proceedings of conference. Syktyvkar: Geoprint, 2022, pp. 20–23.

2. Maleev E. F. *Vulkanity (Volcanites)*. Moscow: Nedra, 1980, 240 pp.

3. *Petrograficheskij kodeks Rossii. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnye obrazovaniya (Petrographic Code of Russia. Igneous, metamorphic, metasomatic, impact formations)*. St. Petersburg: VSEGEI, 2008, 200 p.

4. Soboleva A. A., Kulikova K. V. *Dokembrijskie paleoostrovoduzhnye komplekсы v sostave protouralid-timanid Polyarnogo Urala (Precambrian paleostructure complexes in the Protouralid-Timanid composition of the Polar Urals)*. Geology and mineral resources of European North-east of Russia. Proceedings of conference. V. 2, Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2009, pp. 326–327.

5. Soboleva A. A., Udoratina O. V., Kuznecov N. B., Miller E. L., Grouv M. *Vozrast pokrovnoj facji naibolee pozdних vulkanitov douralid Polyarnogo Urala po dannym U-Pb datirovaniya cirkonov*



(Age of the cover facies of the most recent volcanites of the douralids of the Polar Urals according to U-Pb dating of zircons). *Ot mineralogii do geohimii* (From mineralogy to geochemistry): collection of articles, 2013, pp. 192–194.

6. Turkina O.M. *Lekcii po geohimii magmaticheskogo i metamorficheskogo processov* (Lectures on geochemistry of magmatic and metamorphic processes). RIC NSU, Novosibirsk, 2014, 118 pp.

7. Shishkin M. A., Malyh I. M., Matukov D. I., Sergeev S. A. *Riolitovye komplekсы zapadnogo sklona Polyarnogo Urala* (Rhyolite complexes of the western slope of the Polar Urals). Geology and mineral resources of European North-east of Russia.

Proceedings of conference. V.2, Syktyvkar: Geoprint, 2004, pp.148–150.

8. Shishkin M. A., Malyh I. M., Malyh O. N., Popov P. E. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii* (State Geological Map of the Russian Federation). Second edition. Polar Ural series. Scale 1:200 000. M.: MIREKO, 2013.

9. Maniar P. D., Piccoli P. M. Tectonic Discrimination of Granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 101, 1989, pp. 635–643.

10. Pearce, J. A., Harris, N. B. W., and Tindle, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 1984, V. 25, pp. 956–983.

Поступила в редакцию / Received 07.11.2022