

Позднерифейские морозовские субвулканические базальтоиды северо-западного Пай-Хоя

Вовчина Т.А.

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

Аннотация. Приводятся результаты петрологического и минералогического исследований базальтов и андезибазальтов, входящих в состав морозовских субвулканических образований северо-западного Пай-Хоя (Амдерминский район). Определенным критерием отличия субвулканических образований от эффузивных пород является обильное количество в них крупных порфировых короткопризматических вкрапленников клинопироксена (ряда эндиопсид-диопсид-авгит) размером до 1.5 см. Установлено, что клинопироксены имеют зональность, связанную с фракционной кристаллизацией магмы (обогащение краев зерен Fe, Al). Расчеты средних показателей железистости клинопироксенов показали, что субвулканические базальтоиды кристаллизовались при более высокой температуре на большей (но незначительно) глубине по сравнению с эффузивными породами морозовской свиты.

Ключевые слова: базальт, андезибазальт, клинопироксен, субвулканические образования, морозовская свита, поздний рифей, Пай-Хой.

Late Riphean Morozov subvolcanic basaltoids of the northwestern Pay-Khoy

Vovchina T.A.

Institute of Geology, Federal Research Centre of the Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktывkar, ta_kaneva@mail.ru

Abstract. The results of petrological and mineralogical studies of basalts and andesibasalts that are part of the Morozov subvolcanic bodies of the northwestern Pay-Khoy (Amderma region) are reported. A certain criterion for distinguishing subvolcanic bodies from effusive rocks is the plentiful number of large porphyry short-prismatic inclusions of clinopyroxene (a series of endiopsid-diopsid-augite) up to 1.5 cm in size. It was established that clinopyroxenes have a zoning associated with fractional crystallization of magma (enrichment of the edges of Fe, Al grains). Calculations of the average iron content of clinopyroxene showed that subvolcanic basaltoids crystallized at a higher temperature at a greater (but insignificant) depth compared to effusive rocks of the Morozov Formation.

Keywords: basalt, andesibasalt, clinopyroxene, subvolcanic bodies, Morozov Formation, Late Riphean Pay-Khoy.

Введение

В пределах вулканогенно-осадочной верхнерифейской морозовской свиты северо-западного Пай-Хоя присутствуют многочисленные субвулканические тела, которые являются наиболее ярким свидетельством положения очага активного вулканизма. Именно к субвулканическим, а не эффузивным эти образования впервые были отнесены А.С. Микляевым в 1971 г. на основании общегеологических наблюдений.

С помощью результатов петрологических и минералогических исследований нами предпринята попытка определения принадлежности этих образований к субвулканическим в составе морозовской свиты северо-западного Пай-Хоя.

Геологическое строение района

В геологическом строении северо-западной части Пай-Хоя значительную роль играют остро-водужные образования поздне-рифейско-вендского возраста, которые находятся в ядре антиклинальной структуры Амдерминского блока. Амдерминский блок представляет собой горст-антиклинорий (рис. 1), северо-восточное крыло которого сложено карбонатными отложениями амдерминской свиты (RF₃-*Vam*), а юго-западное – вулканогенно-осадочными и терригенными породами морозовской

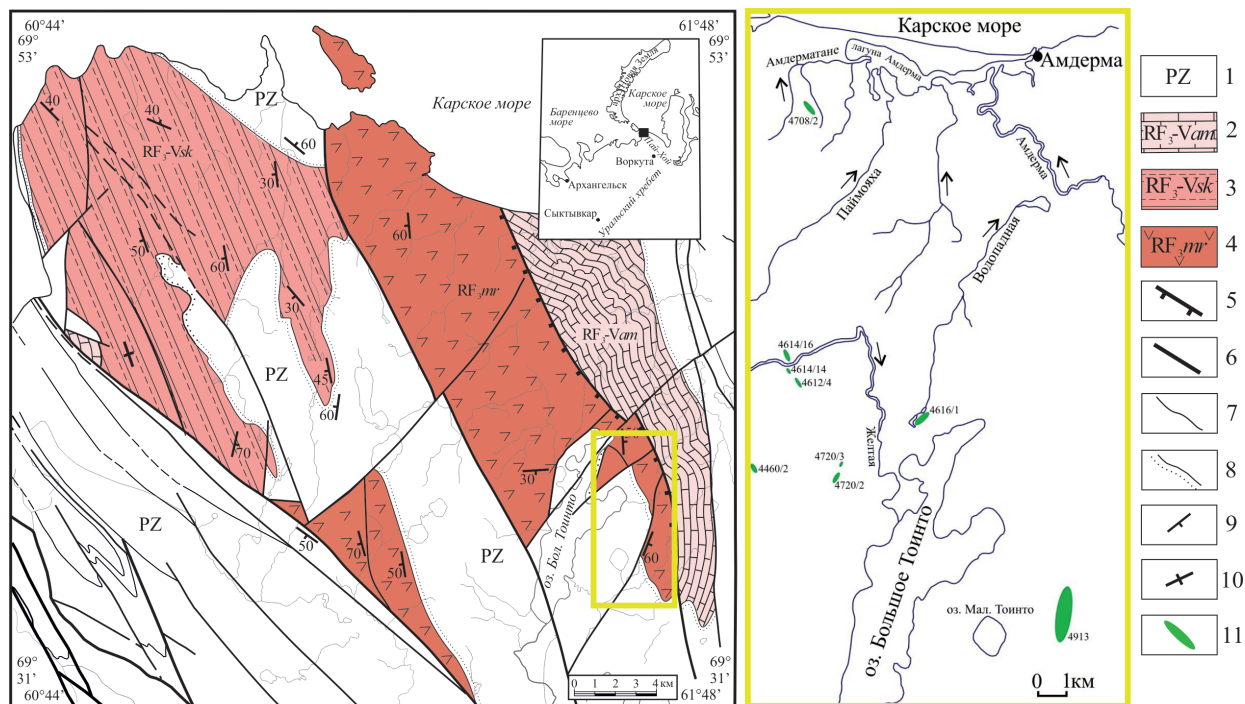


Рис. 1. Схема геологического строения Амдерминского блока, северо-западный Пай-Хой. Составлена по материалам ГДП-200 ЗАО «Поляргео», 2015 г., с изменениями.

1 – палеозойские отложения; 2 – амдерминская свита (RF_3-Vam): кристаллические, микрофитолитовые известняки, редкие линзы кремней, тонкокристаллические углеродистые известняки; 3 – сокольнинская свита (RF_3-Vsk): песчаники, алевролиты, гравелиты, кремнистые сланцы, туфопесчаники, базальты, андезиты, риодациты, риолиты и их туфы, субвулканические образования; 4 – морозовская свита (RF_3-mr): сланцы глинистые, кремнистые и углеродистые, известняки, доломиты, сланцы по кислым туфам, базальты, андезибазальты, андезиты, риодациты, их туфы, туфопесчаники, субвулканические образования; 5 – надвиги; 6 – разрывные нарушения; 7-8 – границы стратиграфических подразделений: 7 – согласные, 8 – несогласные; 9-10 – структурные элементы: 9 – наклонное залегание, 10 – вертикальное залегание; 11 – субвулканические тела морозовской свиты.

Fig. 1. Schematic geological structure of the Amderma block, northwestern Pay-Khoy, compiled on the basis of materials of additional geological study, scale 1:200 000, Polyargeo Company, 2015, modified.

1 – Paleozoic sediments; 2 – Amderminskaya Formation (RF_3-Vam): crystalline, microphytolithic limestones, rare chert lenses, fine-grained crystalline carbonaceous limestones; 3 – Sokolninskaya Formation (RF_3-Vsk): sandstones, siltstones, gravelites, chert shales, tuffaceous sandstones, basalts, andesites, rhyodacites, rhyolites and their tuffs, subvolcanic rocks; 4 – Morozov Formation (RF_3-mr): shales, cherts and carbonaceous shales, limestones, dolomites, schistose felsic tuffs, basalts, andesites, andesibasalts, rhyodacites, their tuffs, tuffaceous sandstones, subvolcanic rocks; 5 – thrusts; 6 – faults; 7-8 – geological boundaries: 7 – between units with conformable bedding, 8 – unconformity; 9-10 – structural units: 9 – inclined bedding, 10 – vertical bedding; 11 – subvolcanic bodies of the Morozov Formation.

(RF_3-mr) и сокольнинской (RF_3-Vsk) свит. Внутреннее строение докембрийского комплекса, выходящего на поверхность в пределах этого блока, осложнено крупным субмеридиональным надвигом, проходящим в его восточной части. По надвигу отложения, распространенные в осевой и юго-западной частях Амдерминского блока, надвинуты на породы, слагающие его северо-восточную часть. Стратиграфических переходов между породами картируемых подразделений не выявлено, все три свиты имеют между собой тектонические контакты.

Небольшие позднепротерозойские интрузивные тела локализованы в полях распространения морозовской и сокольнинской свит. Среди них выделяются морозовские субвулканические образования основного состава и сокольнинские субвулканические образования кислого состава.

Объект исследования

Объектом исследования являются обильнопорфировые базальты и андезибазальты, слагающие овально-вытянутые и линзообразные субвулканические тела в пределах морозовской свиты и наиболее распространенные восточнее оз. Малое Тоинто, по рр. Желтая и Амдерматане (рис. 1). Протяженность тел различная – от 100 до 1500 м. В современном рельефе эти тела обычно образуют изолированные сопки или вытянутые гряды, возвышающиеся на 3-30 м над окружающим рельефом. Контакты с вмещающими породами субсогласные.

Определенным критерием отличия субвулканических тел от эффузивных пород является обильное количество в них крупных порфировых короткопризматических вкрапленников клинопироксена (ряда эндиопсид-диопсид-авгит) размером до 1.5 см.

Возраст субвулканических образований условно принимается позднерифейским на основании их локализации в полях распространения морозовской свиты.

Аналитические методы

Петрографический состав субвулканических базальтоидов изучался в прозрачных шлифах. Содержания петрогенных элементов определялись методом классического химического анализа в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар) в соответствии с процедурами, описанными в (Унифицированные ..., 1979). Микронзондовый анализ проводился на спектральном электронном микроскопе Tescan Vega 3 LMN с эдс X-MAX 50mm Oxford Instruments в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Содержания микроэлементов определены с использованием масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) во ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) по методике, опубликованной на сайте <https://vsegei.ru/ru/activity/labanalytics/lab/lab-operations/masspec.php>.

Петрографическая характеристика

На макроуровне изученные породы серовато-зеленого цвета, с многочисленными порфировыми вкрапленниками плагиоклаза и пироксена. Микроскопически породы характеризуются обильнопорфировой и сериально-порфировой структурой и миндалекаменной или массивной текстурой.

Порфировые вкрапленники сложены сосюритизированными табличками и лейстами плагиоклаза (0.4-1.4 мм), их гломеропорфировыми сростками, призматическими зернами клинопироксена ряда эндиопсид – диопсид – авгит (до 60 % общего объема вкрапленников, 4-17 мм), в центре нередко замещенными волокнистым хлоритом (пикнохлоритом и рипидолитом), актинолитом, эпидотом, клиноцоизитом. В основной массе лепидонематогранобластовой структуры присутствуют мелкие лейсты альбита, чешуйки хлорита (пикнохлорита и диабантита) и серицита, иголки актинолита и магнезиальной роговой обманки, скопления мелких зерен эпидота и клиноцоизита, мелкие ксеноморфные угловатые зерна титанита, апатит.

Петро- и геохимические характеристики

По петрохимической классификации субвулканические морозовские образования принадлежат к семействам базальтов и андезибазальтов нормального и субщелочного петрохимического ряда. Содержание SiO_2 в них варьирует в пределах 41.27-55.77 мас. % при сумме щелочей 2.04-6.53 мас. %. Они представляют собой натриевые и калиево-натриевые породы. Исходя из содержания K_2O подавляющая часть субвулканических образований характеризуются как низко- и умереннокалиевые. По содержанию Al_2O_3 (6.6-18.29 мас. %) являются высокоглиноземистыми (редко низкоглиноземистыми), а по содержанию TiO_2 (0.31-0.88 мас. %) – весьма и умереннонизкотитанистыми породами. Все субвулканические образования относятся к породам известково-щелочной серии. По химическому составу субвулканические базальтоиды соответствуют эффузивным породам основного состава морозовской свиты, что может свидетельствовать об их комагматичности (Канева, 2016).

В породах отмечается низкое содержание редких земель (сумма РЗЭ – 18.6-29.2 г/т). На диаграмме распределения РЗЭ выделяется горизонтальный тип графика, с очень слабым отрицатель-

ным наклоном. Их составы незначительно больше обогащены легкими редкими землями относительно тяжелых ($La_N/Yb_N = 1.5$), дефицит европия не проявлен ($Eu_N/Eu_N^* = 0.6$). Для распределения литофильных элементов-примесей характерны относительно повышенные содержания крупноионных элементов (K, Rb, Ba, Sr, Th) и низкие, ниже NMORB, содержания высокозарядных. Проявлен небольшой Nb минимум. Обедненность литофильными элементами-примесями, низкие содержания Ti и Nb-отрицательная аномалия свидетельствуют о том, что магматический расплав формировался из мантии, истощенной в зоне субдукции.

На всех диаграммах (Мияширо, Вуда, Э. Муллена), используемых для реконструкции геодинамических обстановок формирования базальтоидов, точки составов рассматриваемых пород попадают в области островодужных образований.

Минералогическая характеристика

Минералы эффузивных и субвулканических пород морозовской свиты затронуты метаморфическими процессами (замещены новообразованными фазами и их смесями) и единственным породообразующим минералом, наиболее хорошо сохранившимся, является клинопироксен. С помощью метода микронзондового анализа нам удалось выявить зональность клинопироксенов, связанную с фракционной кристаллизацией магмы (обогащение краев зерен Fe, Al) (Сазонова, 1999).

В эффузивных базальтах морозовской свиты фенокристаллы сложены клинопироксеном и плагиоклазом. Основная масса представляет собой мелкозернистый агрегат хлорита (пикнохлорит, диабантит), амфибола (актинолит, винчит), эпидот-клиноцоизита и кальцита. Из акцессорных минералов были определены титанит и циркон.

Все клинопироксены относятся к подсемейству кальциевых пироксенов. Во вкрапленниках он диагностируется как эндиопсид, диопсид и авгит, в основной массе – авгит. Внутри зерен клинопироксенов, большая часть которых имеет сложную зональность, меняется показатель железистости ($f = Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg^{2+}) \cdot 100$): от центров к промежуточным участкам зерен железистость уменьшается, а к краям наблюдается ее резкое увеличение. Но в основном наблюдается тенденция увеличения железистости от центра к краю. Также от центра к краю увеличивается содержание Al_2O_3 (1.9-2.47 в центре; 2.04-3.88 в краевых частях). Составы клинопироксенов свидетельствуют об отличающихся условиях кристаллизации: вкрапленники формировались на глубине и поэтому имеют невысокий показатель железистости ($f = 10-26$). Клинопироксен в основной массе обладает более высоким показателем железистости ($f = 21-39$) и, вероятно, формировался при более низких температурах по сравнению с температурой кристаллизации фенокристаллов.

В субвулканических базальтах и андезибазальтах морозовской свиты фенокристаллы сложены клинопироксеном и плагиоклазом. Основная масса представляет собой мелкозернистый агрегат хлорита (пикнохлорит), амфибола (актинолит, канниллоит), эпидот-клиноцоизита, мусковита, альбита. Из акцессорных минералов были определены титанит и хромшпинелид.

Во вкрапленниках клинопироксен определяется как эндиопсид, диопсид и авгит, в основной массе – авгит и субкальциевый авгит. Клинопироксены субвулканических образований обладают сложной зональностью. Исходя из наших наблюдений, мы можем выделить тренд, выражающийся в увеличении содержания FeO, Al_2O_3 и в уменьшении содержания MgO, CaO, SiO_2 по направлению к краям зерен. Этот тренд отражает нормальный ход дифференциации расплава, а также быстрое падение температуры кристаллизации клинопироксенов. Вероятно, кристаллизация каймы клинопироксена происходила в близповерхностных условиях.

Содержание Al_2O_3 в центральных частях составляет 1.46-2.41, а в краевых – 2.24-3.91. Наблюдается увеличение железистости от центра ($f = 10-18$) к краю ($f = 13-23$). Наиболее высоким показателем железистости ($f = 25-30$) обладает клинопироксен в основной массе, что указывает на различные температурные режимы и условия их формирования.

После расчета средних показателей железистости клинопироксенов видно, что у эффузивных вулканитов он немного выше ($f = 14-20$), чем у субвулканических образований ($f = 13-19$). Это мо-

жет указывать на то, что субвулканические базальтоиды кристаллизовались при более высокой температуре на большей (но незначительно) глубине по сравнению с эффузивными породами морозовской свиты.

Выводы

Петрологические и минералогические исследования позволили установить принадлежность обильнопорфировых базальтов к субвулканическим морозовским образованиям. По химическому составу субвулканические базальтоиды соответствуют эффузивным породам основного состава морозовской свиты, что может свидетельствовать об их комагматичности.

Во вкрапленниках клинопироксена в эффузивных и субвулканических базальтоидах морозовской свиты от центра к краям зерен отмечается уменьшение содержаний SiO_2 , MgO и CaO и увеличение содержаний Al_2O_3 , FeO . Вкрапленники клинопироксенов характеризуются прямой зональностью. Железистость клинопироксенов из основной массы наиболее высокая. Такой тренд изменения составов соответствует нормальному ходу дифференциации расплава в процессе фракционной кристаллизации при достаточно высоком водном давлении (DeBari Susan, 1989), а также низкой для расплава активности кремнезема, которая способствует встраиванию алюминия в решетку клинопироксена (Chambers, 1995). Повышенная железистость кайм вкрапленников и клинопироксенов из основной массы может указывать на быстрое падение температуры в ходе кристаллизации расплава, что может иметь место, когда после быстрого подъема магмы формирование кайм фенокристаллов и мелких кристаллов основной массы происходило уже в близповерхностных условиях.

В целом для клинопироксенов из эффузивных базальтоидов морозовской свиты характерны повышенные концентрации FeO и пониженные содержания CaO по сравнению с клинопироксенами из субвулканических пород, что связано с более низкой температурой кристаллизации покровных вулканитов морозовской свиты. Клинопироксен из основной массы эффузивных пород морозовской свиты немного более железистый ($f = 21-39$), по сравнению с клинопироксеном из основной массы в соответствующих субвулканических базальтоидах ($f = 25-30$), что отражает более низкотемпературные условия кристаллизации пород покровной фации.

Работа выполнена в рамках темы НИР «Литосфера северо-востока Европейской платформы и севера Урала: вещественно-структурная эволюция, корреляция геологических событий, геодинамика, геохронология». ГР № АААА-А17-117121270035-0.

Литература

1. Канева Т.А. Петрогенезис и геодинамика позднедокембрийских вулканитов северо-западного Пай-Хоя // Вестник И-та геологи Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт. 2016. № 12. С. 3–15. DOI: 10.19110/2221-1381-2016-12-3-15.
2. Сазонова Л.В., Носова А.А. Зональность клинопироксенов как функция условий остывания магматического расплава (на примере одинитов Урала) // Геохимия. 1999. № 12. С. 1268–1285.
3. Унифицированные методы анализа силикатных горных пород с применением комплексонометрии. Москва: Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья. 1979. 33 с.
4. Chambers A.D., Brown P.E. The Lilloise intrusion, East Greenland: fractionation of a hydrous alkali picritic magma // Journal of petrology. 1995. V. 36. No. 4. P. 933–962.
5. DeBari Susan M., Coleman R.G. Examination of the deep levels of an island arc: evidence from the Tonsina ultramafic-mafic assemblage, Tonsina, Alaska // Journal of geophysical research. 1989. V. 94. No. B4. P. 4373–4391.