

Ультраосновные породы рудных полей Среднего Тимана: петрогеохимические и геохронологические данные

О.В. Удоратина¹, А.М. Шмакова¹, А.В. Травин^{2,3},
А.С. Шуйский¹

¹ Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар

² Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск

³ Новосибирский государственный университет,
г. Новосибирск

udoratina@geo.komisc.ru

Аннотация

Ультраосновные дайковые образования, развитые в пределах редкометалльно-редкоземельных рудных полей Косьюского, Новобобровского и Октябрьского, на основании петрографических, петрохимических и геохимических характеристик отнесены к щелочным пикритам. Породы отличаются высоким содержанием V, Cr, Ni, характерных для ультраосновных пород. При проявлении процессов фенитизации в породах увеличивается содержание Th, REE, Y, Pb, что подтверждается появлением рудных минералов (монацита, ксенотима, фосфатов и сульфидов Th и Pb). Установленный возраст $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом по флогопиту составил 598.1 ± 6.2 млн лет. В это время на Среднем Тимане в пределах Четласского Камня реконструируется плюмовый импульс.

Ключевые слова:

ультраосновные породы, щелочные пикриты, хромшпинелиды, Ar-Ar метод, Средний Тиман

Введение

В южной части Четласского Камня на Среднем Тимане известны редкометалльно-редкоземельные проявления (Косьюский рудный узел) (рис. 1). Породы, слагающие рудные поля, представлены метатерригенными отложениями четласской свиты, прорываемыми дайками ультраосновных пород четласского комплекса, а также жильными образованиями [1–8]. В пределах всех рудных полей (с юга на север): Косьюского, Нижне-Мезенского, Новобобровского, Октябрьского, вскрыты дайки ультраосновного состава. С ними и карбонатитами (развитыми в пределах Косьюского рудного поля) связывается рудная минерализация, хотя и сами ультраосновные породы весьма сильно изменены в различной степени в разных рудных полях. Выделяется несколько этапов становления даек, эволюционирующих в калиевую серию пород.

Ultrabasic rocks of ore fields of the Middle Timan: petrogeochemical and geochronological data

O.V. Udoratina¹, A.M. Shmakova¹, A.V. Travin^{2,3},
A.S. Shuisky¹

¹Institute of Geology, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

²Institute of Geology and Mineralogy of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

³Novosibirsk State University,
Novosibirsk

udoratina@geo.komisc.ru

Abstract

Ultrabasic dike formations developed within the Kosyuskoe, Novobobrovskoe and Oktyabrskoe rare-metal-to-rare-earth ore fields, are attributed to alkaline picrites by the petrographic, petrochemical and geochemical characteristics. The rocks contain high amounts of V, Cr, Ni being typical of ultrabasic rocks. The processes of fenitization increase the content of Th, REE, Y, Pb in the rocks and so cause the appearance of ore minerals (monazite, xenotime, phosphates, and Th and Pb sulfides). The age identified by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method by phlogopite is 598.1 ± 6.2 Ma. This time period is reconstructed for the plume impulse within the Chetlas Kamen of the Middle Timan.

Keywords:

ultrabasic rocks, alkaline picrites, chromespinelides, Ar-Ar method, Middle Timan

В последние годы И.И. Голубева на основе скважинного материала в пределах рудного поля Косью выделяет флюидоэксплозивную структуру, сформированную за счет карбонатитового магматизма и его флюидных дериватов, включающую карбонатиты, эксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса и щелочные метасоматиты [8].

Названия пород, представленные в литературе, посвященной дайковым ультраосновным породам Четласского Камня, весьма разнообразны, что связано с особенностями самой магмы, изменчивой по составу, кристаллизующейся из постоянно эволюционирующего насыщенного газами магматического расплава, ассимилирующего вмещающие породы и изменяемого под воздействием повторных порций магматического вещества и последующих процессов.

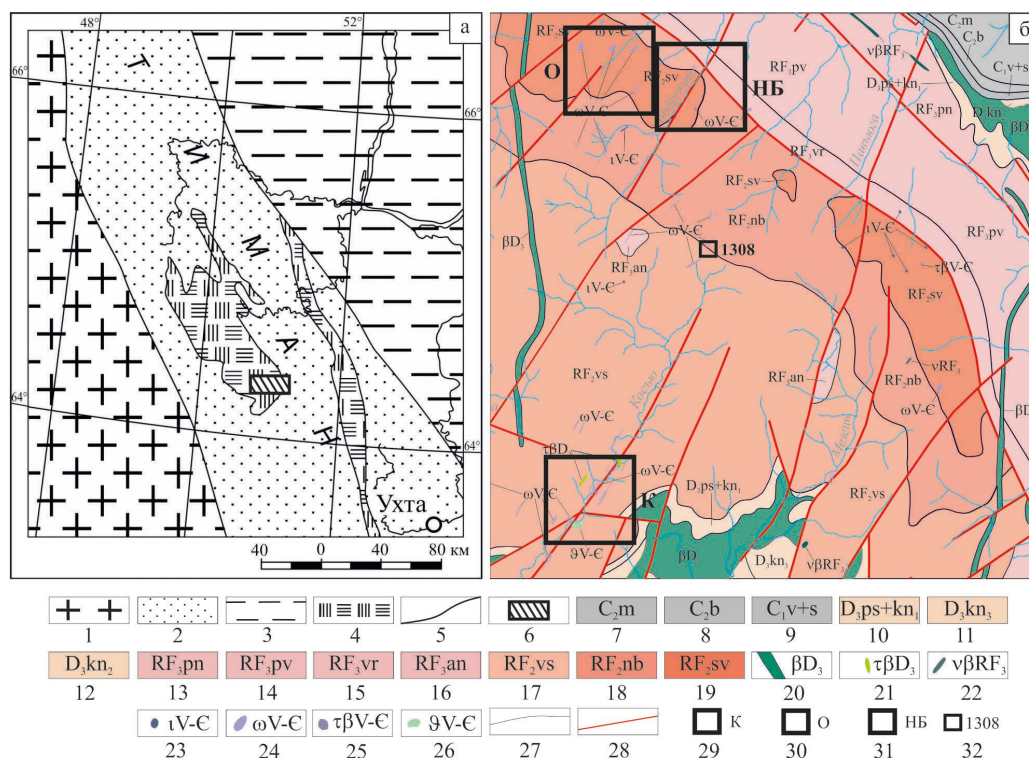


Рисунок 1. Геологическая позиция района исследований на Среднем Тимане. А – схема тектонического строения Среднего Тимана. В левом верхнем углу показано положение Среднего Тимана: 1 – Восточно-Европейский кратон; 2 – Тиман; 3 – Ижемская зона; 4 – выходы на поверхность комплексов фундамента; 5 – границы зон; 6 – район развития опробованных пород визингской и светлинской свит. Б – фрагмент геологической карты района отбора проб (м-б 1:200 000) [9]: 7 – московский ярус, известняки; 8 – башкирский ярус, известняки; 9 – визейский и серпуховской ярусы, аргиллиты, глины, алевролиты, известняки, доломиты; 10 – пашийский горизонт и нижний подгоризонт кыновского горизонта, песчаники, алевролиты, аргиллиты; 11 – кыновский горизонт, верхний подгоризонт, песчаники, алевролиты, аргиллиты, глины; 12 – кыновский горизонт, средний подгоризонт, туфы, туффиты; 13 – паунская свита, сланцы, алевролиты, известняки, доломиты; 14 – павьюгская свита, доломиты, известняки, часто со строматолитами; 15 – ворыквинская свита, доломиты, известняки, сланцы, мергели, редко алевролиты и кварцитопесчаники; 16 – аныугская свита, гравелиты, кварцитопесчаники, сланцы; 17 – визингская свита, кварцитопесчаники, алевролиты, сланцы, редко гравелиты; 18 – новобобровская свита, сланцы, алевролиты; 19 – светлинская свита, кварцитопесчаники, алевролиты, сланцы, редко гравелиты; 20 – среднетиманский метадолеритовый комплекс, метадолериты, дайки; 21–24 – четлаский кимберлит-пикритовый комплекс: 21 – кимберлиты, кимберлитоподобные породы, трубы, дайки, 22 – пикриты, дайки, 23 – щелочные базальтоиды, дайки, 24 – карбонатиты, шток; 25, 26 – канино-тиманский долеритовый комплекс: 25 – базальты, долериты, покровы, силлы, 26 – трахибазальты, дайки, силлы; 27 – границы между разновозрастными образованиями; 28 – тектонические контакты; 29 – Косьюское рудное поле, 30 – Октябрьское рудное поле, 31 – Новобобровское рудное поле, 32 – обр. 1308 (участок Рассохи).

Figure 1. Geological position of the study area in the Middle Timan. а – sketch-map of the tectonic structure of the Middle Timan. The position of the Middle Timan is shown in the upper left corner of the sketch-map: 1 – East European craton; 2 – Timan; 3 – Izhma zone; 4 – outcrops of the basement complexes; 5 – boundaries of the zones; 6 – development area of the sampled rocks of the Vizingskaya and Svetlinskaya Formations. б – fragment of the geological map of the sampling area (scale 1:200 000) [9]: 7 – Moscovian Stage, limestones; 8 – Bashkirian Stage, limestones; 9 – Visean and Serpukhovian Stages, mudstones, clays, siltstones, limestones, dolomites; 10 – Pashian horizon and lower subhorizon of the Kynovsky horizon, sandstones, siltstones, mudstones; 11 – Kynovsky horizon, upper subhorizon, sandstones, siltstones, mudstones, clays; 12 – Kynovsky horizon, middle subhorizon, tuffs, tuffites; 13 – Paun Formation, shales, siltstones, limestones, dolomites; 14 – Pavyug Formation, dolomites, limestones, often with stromatolites; 15 – Vorykva Formation, dolomites, limestones, shales, marls, rarely siltstones and quartzite sandstones; 16 – Anyug Formation, gravel stones, quartzite sandstones, shales; 17 – Vizingskaya Formation, quartzite sandstones, shales, siltstones, rarely tuffites; 18 – Novobobrovskaya Formation, shales, siltstones; 19 – Svetlinskaya Formation, quartzite sandstones, siltstones, shales, rarely gravel stones; 20 – Middle Timan metadolerite complex, metadolerites, dikes; 21–24 – Chetlas kimberlite-picrite complex: 21 – kimberlites, kimberlite-like rocks, pipes, dikes; 22 – picrites, dikes; 23 – alkaline basalts, dikes; 24 – carbonatites, stock; 25, 26 – Kanino-Timansky dolerite complex: 25 – basalts, dolerites, covers, sills; 26 – trachybasalts, dikes, sills; 27 – boundaries between different-aged formations; 28 – tectonic contacts; 29 – Kosyu ore field; 30 – Oktyabrskoe ore field; 31 – Novobobrovskoe ore field; 32 – sample 1308 (Rassokhi area).

В работах предшественников можно найти следующие названия: пикрит, лампрофир, харизит, анкарамит, уацит, минетта, альнеит, мончикит, вогезит, монтечиллит-нефелиновый базальт, камптонит, керсантит, спессартит [2–8]. Такое разнообразие связано с неоднородным составом магматического материала, наблюдаемого в отдельных образцах, не полностью сохраненного минералого-петрографического состава породы, изменения породы и соответственно нестандартного петрохимического состава.

При этом согласно классификации, породы группы пикрита и лампрофира определенного ряда, минералого-петрографические черты которых схожи, – это породы

ультраосновные. Нередко первичный минерально-петрографический состав породы настолько изменен, что исследователь не может использовать наиболее предпочтительную петрографическую классификацию и вынужден оперировать петрохимической.

Обогащенные слюдой породы многие исследователи называют лампрофирами. Бывает, что слюда не всегда первична, поэтому представлена не вкрапленниками, а образующимися при более поздних процессах пойкилобластами, пойкилокристаллами.

Лампрофиры – это породы гипабиссальные порфировой или порфировидной структуры (табл. 1), с вкраплен-

Classification of ultrabasic rocks of lamprophyres and picrites of normal, moderate-alkaline, and alkaline groups, as well as of rocks of ore fields

[illegible]

Примечание. Для пересчета химического состава (мас. %) породы на нормативный состав использовалась программа «Magma».

Словесные обозначения: Ol – оливин, Crpx – клинопиксенов, Aug – авгит, Hbl – гобсовая обманка, Phl – флогопит, Bt – биотит, An – анортит, Ab – альбит, Fsp – калиевый полевой шпат, F – фельдшпатидный, Lc – лейцит, Tmt – титаномегнетит, Mt – магнетит, Ru – рутил, Il – ильменит, Hm – гематит, Co – корунд, Cr – кварц, Ap – апатит, Cc – кальцит. «-» – нет данных.

Note. To recalculate the chemical composition (wt. %) of rock to the normative composition, the Magma program was used.

Abbreviations: Ol – olivine, Crpx – clinopyroxene, Aug – augite, Hbl – hornblende, Phl – phlogopite, Bt – biotite, An – anorthite, Ab – albite, Fsp – potassium feldspar, F – leucite, Lc – nepheline, Mel – melilitite, Tmt – titanomagnetite, Mt – magnetite, Ru – rutile, Il – ilmenite, Hm – hematite, Co – corundum, Q – quartz, Ap – apatite, Cc – calcite. „-“ – no data.

никами темноцветных минералов (биотита, амфибола и пироксена) и полевыми шпатами в основной массе, часто измененные под действием более поздних постмагматических или гидротермальных процессов. Вкрапленниками, кроме слюд (биотита, флогопита), амфибола (роговой обманки, могут также являться клинопироксен (авгит, титан-авгит), оливин или мелилит. В основной массе кроме полевых шпатов могут находиться и фельдшпатоиды [9, 10]. Для отнесения пород к лампрофирам используются структурно-текстурные признаки и соотношение калиевого и мафического минералов. Однако указанные типичные признаки размываются при любых изменениях породы, камуфлирующих первичный магматический состав, структуру, текстуру.

Пикриты дайковых тел – это породы черного, темно-зеленого цвета, массивные (миндалекаменные), порфировидные с вкрапленниками оливина с микролитовой или витрофировой основной массой. Минеральный состав вкрапленников состоит из оливина, клинопироксена, роговой обманки, флогопита; основной массы – из оливина, клинопироксена, роговой обманки, биотита, кальцита, акцессорного апатита, рудных магнетита и ильменита [10, 11].

Приведенные из петрографического кодекса описания пород (табл. 1) показывают, что две большие группы пород имеют конвергентные структурно-текстурные и минерально-петрографические характеристики, появление одних или других названий пород у магматических пород Четласского Камня связано именно с каменным материалом, имеющимся в распоряжении исследователей, и зависит от того, насколько характеристики пород соответствуют классификации. Из чего следует, что породы можно называть по одной классификации лампрофирами, по другой – умеренно-щелочными и щелочными пикритами.

Наибольшее количество материала было доступно при разведочном бурении проявлений Косьюского рудного узла, но тогда аналитические методы еще не были совершенны. Описание пород у разных исследователей различается в частности, что связано с фрагментарным каменным материалом, доступным для исследований на территории Среднего Тимана, и отсутствием естественных коренных обнажений.

Несмотря на достаточно большое количество накопленных аналитических (геохимических) данных об этих породах, основной объем приведен для даек Косьюского рудного поля. В последние годы нами получены новые данные как для даек Косью, так и для даек других рудных полей. Как правило, на поверхности встречаются рыхлые дезинтегрированные породы, реже наблюдаемые в консолидированном виде. Все породы характеризуются темным, почти черным, или темно-зеленым цветом и наличием типоморфной для них слюды (флогопита, магнезильного флогопита) и многочисленных ксенолитов, а также нередки брекчированные.

Вмещающими породами для даек в пределах рудных полей являются метапесчаники позднерифейской четласской серии (Косьюское поле – визингская свита, Новобобровское поле – светлинская и новобобровская свиты, Октябрьское поле – светлинская свита). Относительно воз-

раста этих свит получены новые данные, подтверждающие их позднерифейский возраст [11, 12].

Для ультраосновных дайковых пород Четласского Камня известно два возрастных рубежа: установленный В.Л. Андреичевым К-Аг методом по флогопитам – $600 \pm 15(30)$ млн лет [13], имеются и более древние данные Rb-Sr по валу (скв. 55), возраст – 827 ± 31 млн лет, А.Б. Макеевым предполагались локальные посткристаллизационные события на уровне 530 млн лет [14].

Материалы и методы

Объектами исследования являются образцы ультраосновных пород Косьюского, Новобобровского и Октябрьского рудных полей Среднего Тимана, которые были отобраны в ходе экспедиционных работ 2015, 2016 гг. (рис. 1, 2), проводимых в пределах редкометалльно-редкоземельных рудных полей, а также привлечен материал из рабочих коллекций В.И. Степаненко (камнехранилище ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, шлифы, монофракции минералов, дубликаты химических проб (обр. 836, 1308)).

Исследования проведены на базе ЦКП «Геонаука» ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Описание и фотографирование шлифов – на поляризационном микроскопе Olympus BX51, состав минералов и растровые снимки получены с помощью сканирующего микроскопа Tescom Vega 3 LMN с энергодисперсным спектрометром X-Max. Химический состав пород – классическим химическим методом. Для определения элементов-примесей в породах был использован метод ICP-MS ЦЛ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование проводилось методом ступенчатого нагрева образца слюды обр. 1308 (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск) по методике, приведенной в работе [15]. Пересчет химических составов пород произведен с использованием программы K Ware Magma, пересчет химических (микронзондовых) составов минералов произведен с применением программы PetroExplorer.

Косьюское рудное поле

Геологическое положение, петрогеохимическая характеристика. Многочисленные дайки, закартированные в пределах этого рудного поля, описаны в работах Ю.П. Ивенсена Н.А. Довжикова, В.И. Степаненко, А.Б. Макеева, И.И. Голубевой, И.Л. Недосековой с соавторами [2–8]. Как правило, дайки имеют северо-восточное простирание и различный состав. Как отмечают все авторы, породы имеют темный цвет (черный, темно-зеленый), рыхлые или консолидированные, обязательно отмечается присутствие слюды (флогопита), имеющей облик вкрапленников. Минеральный состав: слюда (флогопит, биотит), пироксен (авгит, эгирин), амфибол (роговая обманка, актинолит, гастингсит), оливин (серпентинизированный оливин), КПШ (микроклин), плагиоклаз (альбит), шпинель, циркон, апатит, эпидот, цоизит, карбонаты, титаномагнетит, хромит, гематит, гетит. Макеев с соавторами [4, с. 18] приводит список обнаруженных минералов: 22 сульфида и сульфосоединения, 33 силиката, 9 карбонатов, 6 самородных минералов.

По своему химическому составу дайковые породы Косьюского рудного поля (опубликованные данные Ю.П. Ивен-

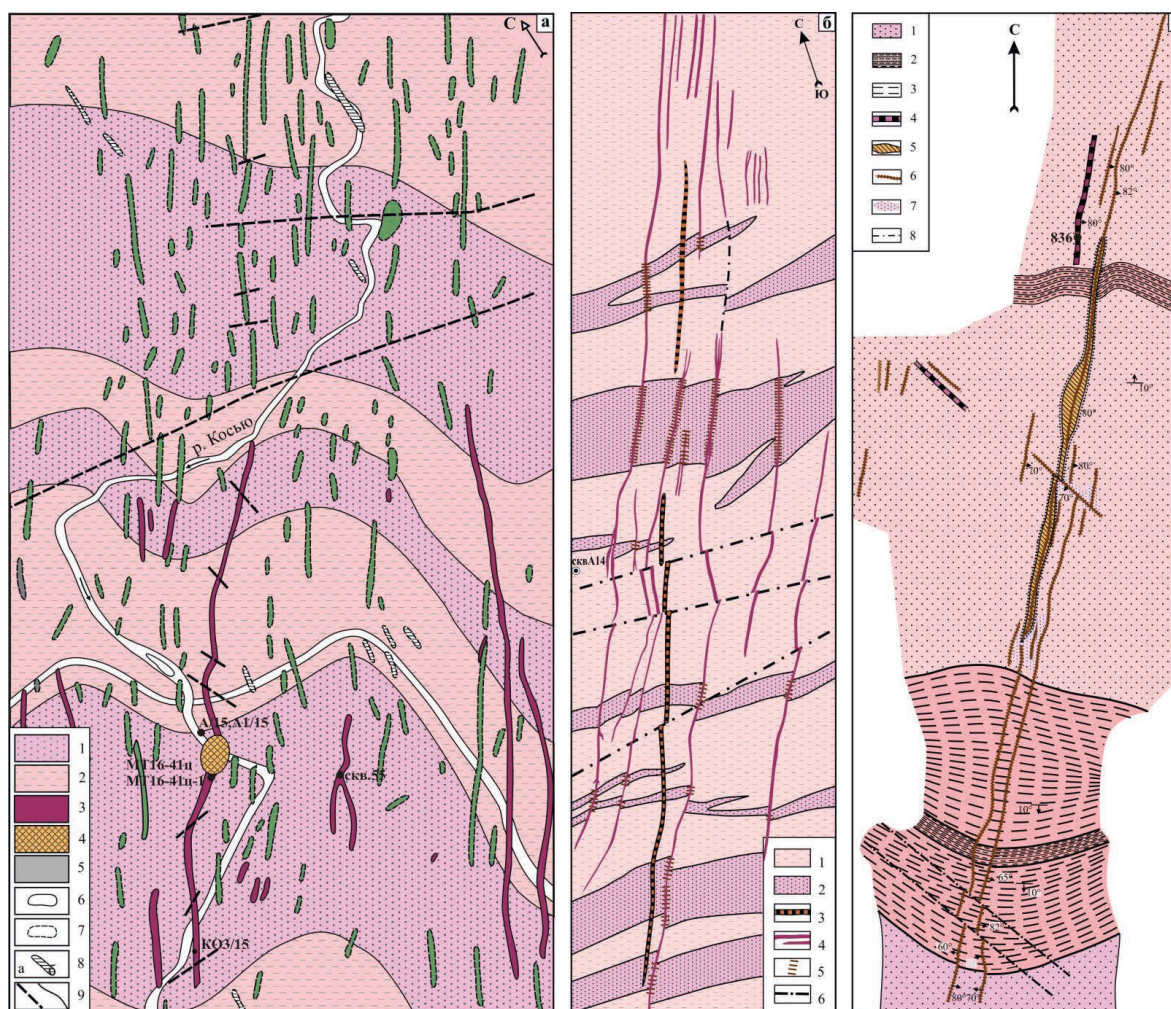


Рисунок 2. Геологические схемы: а – четласского комплекса (в центральной части Косьюского поля), составлена по материалам Ухтинской ГРЭ. Условные обозначения: 1, 2 – терригенные отложения четласской свиты (PR_{ct2}): 1 – кварцевые и полевошпат-кварцевые песчаники и фенитизированные кварциты, 2 – аргиллиты и алевролиты; 3–5 – магматиты четласского комплекса: 3 – пикриты, лампрофиты и брекчии, 4 – карбонатиты Косьюского массива; 5 – щелочные и субщелочные габбро. Интрузивные тела: 6 – тела, выходящие на поверхность, 7 – тела, не выходящие на поверхность, 8 – тела, предполагаемые по геофизическим данным; 9 – разломы, 10 – геологические границы; б – строения Нижнего Бобровского участка, составлена по материалам Ю.П. Ивенса с добавлением В.И. Степаненко [2, 3]. Условные обозначения: 1 – сланцы, 2 – кварцито-песчаники, 3 – кварц-гетитовые жильные зоны, 4 – щелочные пикриты, 5 – лейкократовые фениты, 6 – тектонические трещины северозападного простирания; в – Октябрьского участка, составлена по материалам Ю.П. Ивенса с добавлением В.И. Степаненко [2, 3]. Условные обозначения: 1 – кварциты, 2 – алевролиты, 3 – сланцы, 4 – щелочные пикриты, 5 – лейкократовые фениты альбитовые (альбититы), 6 – лейкократовые фениты альбит-эгириновые, 7 – альбитизированные кварциты, 8 – тектонические трещины северозападного простирания.

Figure 2. Geological sketch-map: а – Chetlas complex (in the central part of the Kosyu field), compiled using the materials of the Ukhta Geological Survey. Legend: 1, 2 – terrigenous deposits of the Chetlas Formation (PR_{ct2}): 1 – quartz and feldspar-quartz sandstones and fenitized quartzites, 2 – mudstones and siltstones; 3–5 – magmatites of the Chetlas complex: 3 – picrites, lamprophyres and breccias, 4 – carbonatites of the Kosyu massif; 5 – alkaline and subalkaline gabbro. Intrusive bodies: 6 – bodies that come to the surface, 7 – bodies that do not come to the surface, 8 – bodies assumed to exist by the geophysical data; 9 – faults, 10 – geological boundaries.

Geological sketch-map: б – formations of the Lower Bobrovsky section, compiled by the materials of Yu.P. Ivensen with addition of V.I. Stepanenko [2, 3]. Legend: 1 – shales, 2 – quartzite-sandstones, 3 – quartz-goethite vein zones, 4 – alkaline picrites, 5 – leucocratic fenites, 6 – tectonic cracks of north-western strike; в – Otkyabrsky site, compiled according to [2–3]. Legend: 1 – quartzites, 2 – siltstones, 3 – shales, 4 – alkaline picrites, 5 – albite leucocratic fenites (albitites), 6 – albite-aegirine leucocratic fenites, 7 – albitized quartzites, 8 – tectonic cracks of north-western strike.

сена, В.И. Степаненко, И.И. Голубевой, А.Б. Макеева, И.Л. Недосековой с соавторами) широко варьируют. Особенно-стями являются, несомненно, ультраосновной состав пород, достаточно высокое содержание оксида магния и калие-вость пород. На классификационных диаграммах точки составов образуют поля (рис. 3, а) в поле щелочных пи-критов, смещаясь в поле мелилитолитов и мелилититов, а также в поле монцогаббро. На других диаграммах точки составов попадают частично в поле неалмазонасных и

убогоалмазонасных кимберлитов и пикритов (кимпикри-тов) и большая часть – в поле пикритов, ассоциирующих с щелочно-ультраосновными комплексами (альпикритов) (рис. 3, б-г). Спектры распределения РЗЭ показывают не-значительное обогащение легкими РЗЭ, а на мультиэле-ментных спектрах наблюдается небольшое преобладание крупноионных над высокозарядными элементами с макси-мумами Cs, Th, La, Nd и минимумами Ta, Sr, Zr, Ti, Y (рис. 3, д-е).

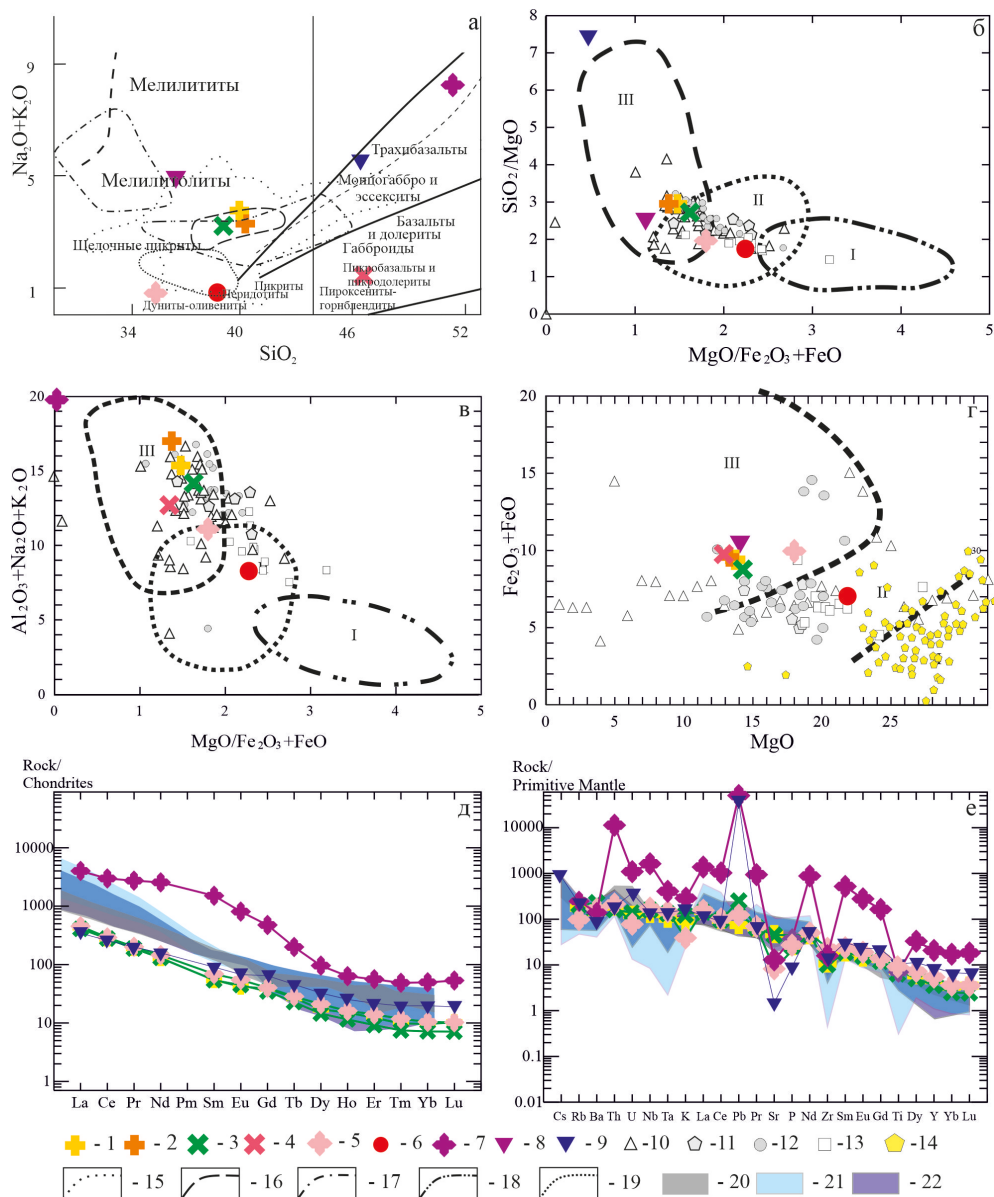


Рисунок 3. Классификационные диаграммы для ультраосновных пород рудных полей Среднего Тимана: а – $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, б – $\text{SiO}_2/\text{MgO}-\text{MgO}-\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$; в – $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{MgO}/\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$; г – $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)-\text{MgO}$, д – спектры распределения РЗЭ, е – мультиэлементные спектры (нормировано по [17]).
Условные обозначения, рудные поля: Косьюское 1 (А/15), 2 (А1/15), 3 (К03/15), 4 (МТ16-41ц), 5 (МТ16-41ц-1), 6 (1308); Новобобровское 7 (А14-1), 8 (А14-1а); Октябрьское 9 (836), 10 – лампрофилы [4], 11 – эксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса [8], 12 – лампрофилы [6], 13 – пикриты [6], 14 – алмазоносные кимберлиты [6], 15 – лампрофилы [7], 16 – лампрофилы [4], 17 – пикриты [7], 18 – лампрофилы [2], 19 – эксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса [8], 20 – ультрамафиты [8], 21 – айликиты [6], 22 – ультрабазиты [6].

Примечание. I – область составов алмазоносных кимберлитов, II – область составов неалмазоносных и убогоалмазоносных кимберлитов и пикритов (кимпикритов), III – область составов пикритов, ассоциирующихся с щелочно-ультраосновными комплексами (альпикритов).

Figure 3. Classification diagrams for ultrabasic rocks of the Middle Timan ore fields: а – $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, б – $\text{SiO}_2/\text{MgO}-\text{MgO}-\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$; в – $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{MgO}/\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$; г – $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)-\text{MgO}$, д – rare-earth elements' distribution spectra, е – multielement spectra (normalized according to [17]).

Symbols, ore fields: Kosyuskoe 1 (A/15), 2 (A1/15), 3 (K03/15), 4 (MT16-41ts), 5 (MT16-41ts-1), 6 (1308); Novobobrovskoe 7 (A14-1), 8 (A14-1a); Otkyabrskoe 9 (836), 10 – lamprophyres [4], 11 – explosive ultramafic rocks of the dike complex [8], 12 – lamprophyres [6], 13 – picrites [6], 14 – diamondiferous kimberlites [6], 15 – lamprophyres [7], 16 – lamprophyres [4], 17 – picrites [7], 18 – lamprophyres [2], 19 – explosive ultrabasic rocks of the dike complex [8], 20 – ultrabasic rocks [8], 21 – aillikites [6], 22 – ultrabasites [6]. Note. I – composition area of diamond-bearing kimberlites, II – composition area of non-diamond-bearing and poor-diamond-bearing kimberlites and picrites (kypikrites), III – composition area of picrites associated with alkali-ultrabasic complexes (alpicrites).

Нами опробованы породы, выходящие в коренном обнажении в русле р. Косью, А/15, А1/15 (участок Алмазная горка), вскрытые шурфом близ собственно карбонатитового штока (МТ16-41ц, МТ16-41ц-1) и канавами на левом берегу Косью ниже по течению (в 1.5 км) от карбонатитового штока (К03/15, участок Горелая горка) (рис. 1, 2а). Также привлечен материал из коллекции В.И. Степаненко (обр. 1308, участок Рассохи, скв. 101, глубина – 35.5–37.6 м) как

наименее измененный. На графики и диаграммы внесены дополнительно точки составов (поля), полученные предшественниками.

Коренные выходы (А/15, А1/15) размером первые метры (рис. 4, а) представлены породами черного цвета, массивными, насыщенными ксенолитами кварцитопесчаников. Микроструктура: порфировая (порфировидная), пойкилитовая, глобулярная; микротекстура: пятнистая (широ-

вая). Минеральный состав, об. %: пойкилобласты слюды (флогопит, биотит) 2–15, амфибол (чермакит-магнезио-га-стингсит-магнезиальная роговая обманка) 1–10, клинопироксен (диопсид-авгит) 0–3, апатит 1, серпентин, карбонат. Основная масса породы сложена агрегатом мусковита, клинопироксена, микрокристаллического агрегата титанистых минералов, карбоната, альбита, эпидота, актинолита, хлорита, серпентина. Рудный минерал представлен хромшпинелидом.

Пойкилобласты – чешуйки бурого, зеленовато-бурого флогопита (рис. 4, в) и бледно-коричневого амфибола размером до 4 мм, а также редкие зерна карбоната и зонального клинопироксена. Минералы часто содержат включения более мелких зерен клинопироксена, флогопита, серицитизированного или оталькованного минерала, карбонат. Флогопит плеохроирует от бесцветного до коричневого или бурого, зеленовато-бурого. Призматические зерна амфибола плеохроируют от бледно-желтого до бледно-коричневого. Основная масса породы представлена микрокристаллами бесцветного карбоната, бледно-зеленого серицита, полевых шпатов, темно-коричневых титанистых минералов, а также мелкозернистыми клинопироксеном, флогопитом, апатитом, эпидотом. Клинопироксен представлен длиннопризматическими шестоватыми бесцветными или слабо-зеленоватыми кристаллами, часто в нем наблюдаются двойники. Встречаются призматические кристаллы, полностью замещенные серицитом или тальком, а также удлиненно-призматические зерна с дипирамидами, полностью замещенные волокнистым актинолитом, хлоритом, серпентином. Бесцветный апатит имеет шестоватые игольчатые длиннопризматические зерна. Призматический бледно-зеленый эпидот ассоциируется с карбонатом.

Глобулы представлены: 1) скоплением удлиненных табличек полевого шпата, серицита, карбоната, окаймленные более мелкими зернами клинопироксена; 2) обособлениями удлиненной формы, выполненные актинолит-карбонатной породой и окаймленные веерообразными табличками плагиоклаза; 3) обособлениями изометричной формы, выполненные веерообразным плагиоклазом, окаймленные микрокристаллами клинопироксена; 4) обособлениями удлиненной формы, выполненные клинопироксен-плагиоклаз (альбит)-карбонатной породой и окаймленные тонкой пироксеновой оболочкой; 5) обособлениями четырехугольной формы, выполненные мелкозернистой карбонат-амфибол-полевошпатовой породой, окаймленные клинопироксеновой.

По данным микрозондового анализа, слюда порфиروбласт (пойкилобласт) – как правило, флогопит ($\#Mg_{0.73-0.79}$) и магнезиальный биотит ($\#Mg_{0.66-0.74}$) (рис. 5, а). Составы клинопироксена – диопсид с высоким волластонитовым миналом ($Wo_{50-52}En_{37.5-44}Fs_{5.5-12}$ и $\#Mg_{0.79-0.96}$), диопсид ($Wo_{46.8-49.9}En_{37.8-45.7}Fs_{5.4-13.6}$ и $\#Mg_{0.78-0.95}$), авгит ($En_{51-66.7}Wo_{24-29}Fs_{9-24.4}$ и $\#Mg_{0.68-0.88}$), эгирин-авгит ($Aug_{62-77}Ac_{11-34}Jd_{0.4-1.6}$ и $\#Mg_{0.93-1.0}$) (рис. 5, б). Пироксен зональный в центральных зонах диопсид с высоким волластонитовым миналом в краевых с меньшим. Амфибол представлен широким рядом чермакит ($\#Mg_{0.35}$), магнезиогастингсит ($\#Mg_{0.42}$), магнезиальная ро-

говая обманка ($fMg_{0.37-0.38}$), паргасит ($\#Mg_{0.41-0.49}$) (рис. 5, в). Хромшпинелид в центральных частях представлен: 1) суббальмоферрихромитом с каймой магнетита; 2) пикотитом с каймой магнетита (рис. 4, е, ж; рис. 5, г). Карбонат – кальцит, светлая слюда – ферроалюмоселадонит, хлорит представлен пикнохлорит и пеннитом ($\#Mg_{0.78-0.86}$) (рис. 5, д).

Проба (КОЗ/15) отобрана в полотне канавы, вскрытой по магнитной аномалии в 1.5 км ниже по течению р. Косью на левом берегу. Наблюдается тело (первые метры по мощности и десятки метров по простираанию), сложенное породами темно-зеленого цвета, массивными, крепкими, крупнозернистыми, в составе которых также отмечается слюда (флогопит) размером до 1 см. Микроструктура под микроскопом порфириовидная, пойкилитовая, глобулярная, текстура – пятнистая. Минеральный состав, об. %: порфиробласты слюды (флогопита) 25–30, псевдоморфно оталькованный или серицитизированный (+хлоритизированный) минерал 5, предположительно, по форме оливин, изометричной формы выделения карбоната. Основная масса: клинопироксен, слюда (флогопит, биотит), агрегат титанистых минералов, карбонат, апатит, хлорит, серпентин, эпидот. Акцессорный апатит, рудный хромшпинелид, титаномангнетит.

Порфиробласты представлены крупными чешуйками флогопита размером до 2–4 мм, а также полностью псевдоморфно замещенным серпентином – минералом удлиненно-призматической формы. Флогопит часто содержит включения более мелких зерен клинопироксена и слюди-зированного минерала, плеохроирующего от бесцветного до коричневого или бурого, зеленовато-бурого (рис. 4, г). Основная масса представлена микрокристаллами слюды (мелкочешуйчатым агрегатом флогопита), мелкозернистым клинопироксеном, флогопитом и апатитом, карбонатом, хлоритом, эпидотом. Призматический эпидот, скорее всего, замещает клинопироксен. Пятнами неправильной формы встречаются агрегаты титанистых минералов, видимо, замесившие ранний рудный минерал, также отмечаются минералы удлиненной формы, полностью замещенные серпентином. Клинопироксен представлен длиннопризматическими шестоватыми бесцветными или слабо-зеленоватыми кристаллами без четкого плеохроизма, часто в нем наблюдаются двойники (C_{Ng} 40–47 °). Апатит также имеет шестоватые тонкоигольчатые длиннопризматические зерна. В породе встречаются участки вытянутой формы (0.3 x 1 см), выполненные мелкозернистым клинопироксеном, карбонатом и эпидотом. Также в породе встречаются изометричные глобулы, в ядерной части с крупнозернистым карбонатом, титанитом, флогопитом, а по краям с клинопироксеновой оторочкой.

По своему химическому составу слюды порфиробласт соответствуют магнезиальному биотиту ($\#Mg_{0.73-0.74}$) и флогопиту ($\#Mg_{0.75-0.86}$) (рис. 5, а), мелкочешуйчатый агрегат чаще представлен флогопитом. Составы клинопироксена: диопсид с высоким волластонитовым миналом ($Wo_{51.1-53.4}En_{37.2-42.5}Fs_{6.5-10.4}$ и $\#Mg_{0.88-0.93}$) и диопсид ($Wo_{49.3-50}En_{38.5-46.2}Fs_{3.8-11.8}$ и $\#Mg_{0.77-0.93}$) (рис. 5, б). Хромшпинелид в оторочке титаномангнетита соответствует по составу хромпикотиту (рис. 4, з; 5, г). Карбонат – кальцит, хлорит с высоким

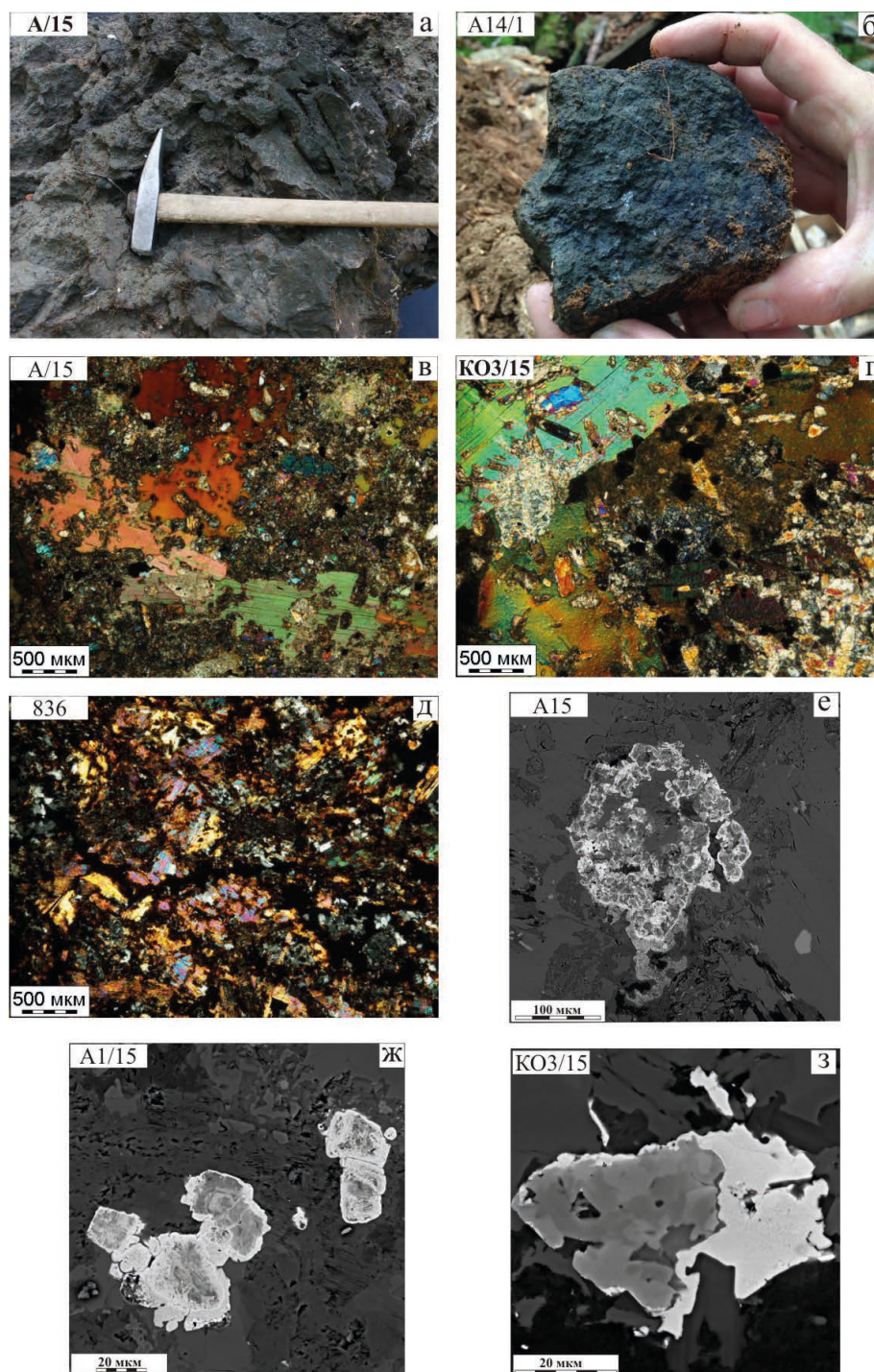


Рисунок 4. Примеры макро- и микроособенностей ультраосновных пород рудных полей Среднего Тимана: а – коренное обнажение А/15 (Косьюское), б – штуф обр. А14-1а (Новобобровское); порфиробласты флогопита, микрофотографии шлифов с анализатором (в-д): в – обр. А/15 (Косьюское), г – обр. КО3/15 (Косьюское), д – обр. 836 (Октябрьское); зональные хромшпинелиды, изображения в обратных электронах (е-з): е – обр. А1/15 (Косьюское, центр – субалюмоферрихромит, кайма – магнетит), ж – обр. А1/15 (Косьюское, центр – субалюмоферрихромит, кайма – магнетит), з – обр. КО3/15 (Косьюское, центр – субалюмоферрихромит, кайма – магнетит).

Figure 4. Examples of macro- and microfeatures of ultrabasic rocks of the ore fields of the Middle Timan: а – bedrock outcrop А/15 (Kosyuskoe), б – ore sample А14/1 (Novobobrovskoe); phlogopite porphyroblasts, microphotographs of thin sections with an analyzer (в-д): в – sample А/15 (Kosyuskoe), г – sample КО3/15 (Kosyuskoe), д – sample 836 (Oktjabrskoe); zonal chromspinelides, reverse electron images (е-з): е – sample А1/15 (Kosyuskoe, core – subalumoferrichromite, rim – magnetite), ж – sample А1/15 (Kosyuskoe, core – chromepicotite, rim – magnetite), з – sample КО3/15 (Kosyuskoe, core – subalumoferrichromite, rim – magnetite).

содержанием хрома представлен пикнохлоритом ($\#Mg_{0.97}$) (рис. 5, д).

Химический состав образцов А/15, А15/1, КО3/15 (табл. 1, 2, здесь и далее мас., %): содержание SiO_2 39.03–40.24, MgO 13.31–14.18, Al_2O_3 10.45–12.74, CaO 12.75–16.46, сумма ще-

лочей (Na_2O+K_2O) – 3.8–4.3 при устойчивом преобладании оксида калия (K_2O/Na_2O) 1.8–6.7. В нормативном составе рассчитываются оливин, пироксен, плагиоклаз, калиевый полевой шпат и фельдшпатоиды (нефелин, лейцит), магнетит, ильменит, апатит (табл. 1, 2). На классификационный

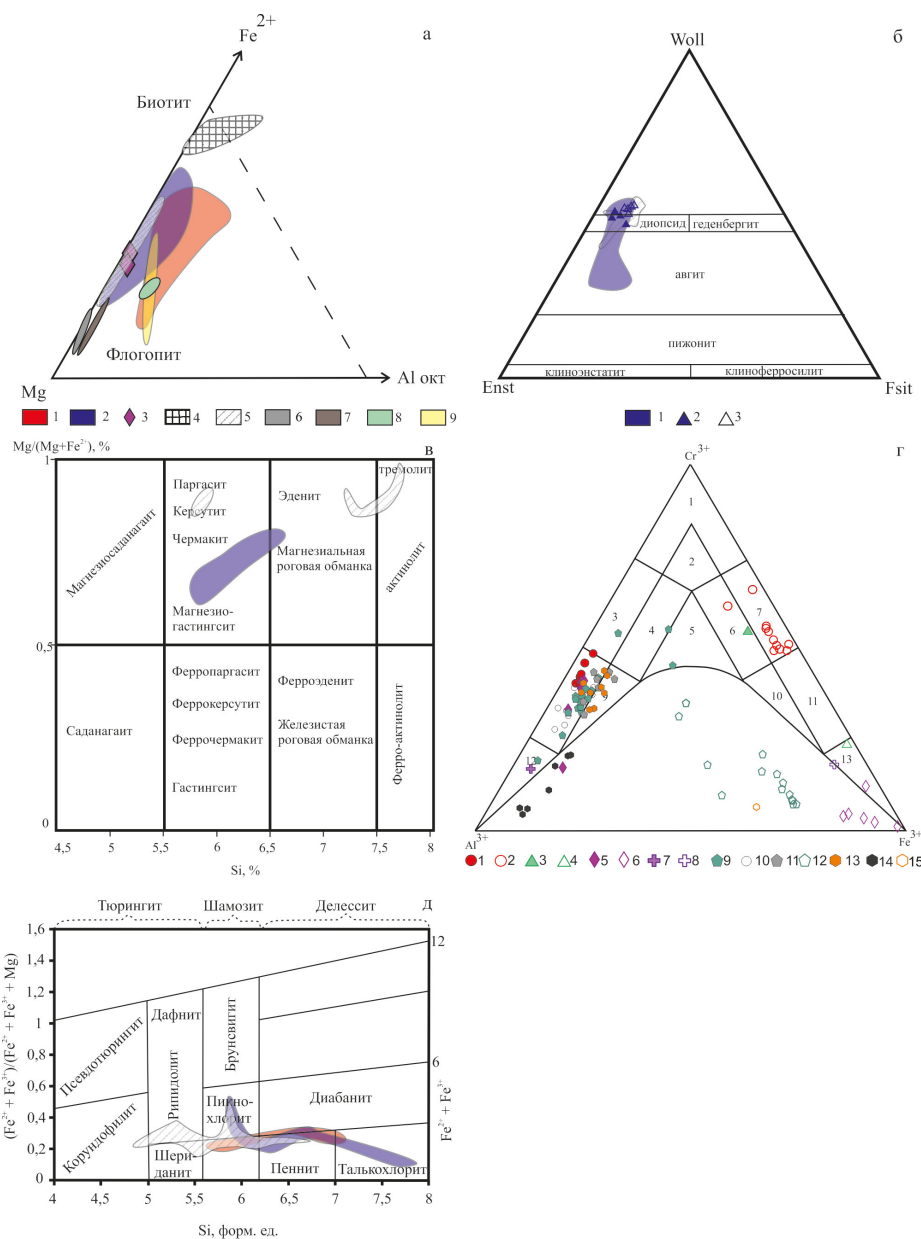


Рисунок 5. Диаграммы минерального состава ультраосновных пород рудных полей Среднего Тимана. Составы: а – слюды (соотношение октаэдрических катионов в слюдах [18]), б – пироксенов (соотношение Enst-Woll-Fsit), в – амфиболов (Mg/(Mg+Fe²⁺)-Si ф.ед), г – хромшпинелидов (соотношение Al³⁺ – Cr³⁺ – Fe³⁺), д – хлоритов (Fe²⁺+Fe³⁺)/(Fe²⁺+Fe³⁺+Mg)-Si ф.ед.

Условные обозначения: (а, в, д): 1 – Новобобровское рудное поле, 2 – Косьюское рудное поле, 3 – 1308, 4 – слюда из метасоматитов [4], 5 – слюда из лампрофиров [4], 6 – слюда магматической стадии [3], 7 – слюда аутометасоматической стадии [3], 8 – флогопитовые слюдиты [3], 9 – карбонатиты [3]; (б): 1 – Косьюское рудное поле (A1/15), 2 – центр, 3 – край; (г): 1 – Новобобровское рудное поле (A-14): 1 – центр, 2 – край; Косьюское рудное поле: (A1/15): 3 – центр, 4 – край; (K03/15): 5 – центр, 6 – край; (A/15): 7 – центр, 8 – край; 9 – обломочный хромшпинелид [8], 10 – обломочный хромшпинелид [4], 11 – реакционная кайма обломков [8], 12 – магнетитовая кайма на обломках хромшпинелида [8], 13 – кристаллы хромшпинелидов из пироксенитового ксенолита [8], 14 – реакционная зона кристаллов хромшпинелида из пироксенитовых ксенолитов [8], 15 – магнетитовая кайма кристаллов хромшпинелида из пироксенитовых ксенолитов [8]. Поля: 1 – хромит, 2 – субферрихромит, 3 – алюмохромит, 4 – субферриалюмохромит, 5 – ферриалюмохромит, 6 – субалюмоферрихромит, 7 – феррихромит, 8 – хромпикотит, 9 – субферрихромпикотит, 10 – субалюмохроммагнетит, 11 – хроммагнетит, 12 – пикотит, 13 – магнетит.

Figure 5. Mineral composition diagrams of ultrabasic rocks in the ore fields of the Middle Timan. Compositions: а – micas (ratio of octahedral cations in micas [18]), б – pyroxenes (Enst-Woll-Fsit ratio), в – amphiboles (Mg/(Mg+Fe²⁺)-Si facies units), г – chromspinelides (Al³⁺-Cr³⁺-Fe³⁺ ratio), д – chlorites (Fe²⁺+Fe³⁺)/(Fe²⁺+Fe³⁺+Mg)-Si facies units.

Symbols: (а, в, д): 1 – Novobobrovskoe ore field, 2 – Kosyuskoe ore field, 3 – 1308, 4 – mica from metasomatites [4], 5 – mica from lamprophyres [4], 6 – magmatic stage mica [3], 7 – autometasomatic stage mica [3], 8 – phlogopite glimmerites [3], 9 – carbonatites [3]. (б): 1 – Kosyuskoe ore field (A1/15), 2 – center, 3 – edge; (г): Novobobrovskoe ore field (A/14): 1 – center, 2 – edge; Kosyuskoe ore field: (A1/15) 3 – center, 4 – edge, (K03/15) 5 – center, 6 – edge, (A/15) 7 – center, 8 – edge; 9 – detrital chromspinelide [8], 10 – detrital chromspinelide [4], 11 – reaction rim of fragments [8], 12 – magnetite rim on chromspinelide fragments [8], 13 – chromspinelide crystals from pyroxenite xenolith [8], 14 – reaction zone of chromspinelide crystals from pyroxenite xenoliths [8], 15 – magnetite rim of chromspinelide crystals from pyroxenite xenoliths [8]. Fields: 1 – chromite, 2 – subferrichromite, 3 – aluochromite, 4 – subferrialluochromite, 5 – ferrialluochromite, 6 – subaluochromemagnetite, 7 – ferrichromite, 8 – chrompicotite, 9 – subferrichromepicotite, 10 – subaluochromemagnetite, 11 – chromemagnetite, 12 – picotite, 13 – magnetite.

Химический состав (мас., %) ультраосновных пород рудных полей Среднего Тимана

Table 2

Chemical composition (wt., %) of ultrabasic rocks of ore fields of the Middle Timan

Компо- нент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	A/15	A-1/15	MT16- 41ц	MT16- 41ц-1	KO3/15	1308	A14-1	A14-1a	836
SiO ₂	40.24	39.81	46.57	35.32	39.03	38.44	51.3	36.38	46.26
TiO ₂	1.55	0.8	1.6	1.91	1.31	1.15	1.42	2.01	2.36
Al ₂ O ₃	11.46	12.74	10.81	9.64	10.45	6.75	11.03	17.39	16.03
Fe ₂ O ₃	3.02	3.61	8.95	9.17	4.71	6.53	18.84	4.24	7.09
FeO	6.27	6.08	0.68	0.84	4.04	3.08	0	8.25	6.09
MnO	0.18	0.19	0.11	0.2	0.18	0.24	1.32	0.15	0.095
MgO	13.74	13.31	12.97	17.99	14.18	21.81	0.46	13.97	6.2
CaO	13.25	12.75	5.13	10.62	16.46	12.86	1.93	1.37	0.29
Na ₂ O	1.4	1.32	0.54	0.22	0.5	0.54	0.59	0.21	0.52
K ₂ O	2.52	2.93	1.39	1.15	3.34	0.95	8.14	5.13	5.38
P ₂ O ₅	0.51	0.56	0.42	0.58	0.55	0.31	0.77	0.99	0.22
п.п.п.	4.38	4.42	10.04	11.12	4.08	6.52	4.18	7.84	9.53
Сумма	99.21	99.19	99.28	98.85	99.27	99.78	99.98	98.85	100.73
H ₂ O ⁻	0.37	0.4	4.82	5.37	0.55	0.54	0.66	1.57	0.46
CO ₂	2.13	1.98	0.76	0.82	1.32	0.81	0.13	0.11	0.65
Na ₂ O+K ₂ O	3.92	4.25	1.93	1.37	3.84	1.49	8.73	5.34	5.9
K ₂ O/Na ₂ O	1.8	2.2	2.6	5.2	6.7	1.8	13.8	13.8	10.3

Примечание. Рудные поля: 1-6 – Косьюское, участок Алмазная горка (1-2), участок раздува Косью (3-4), участок Горелая горка (5), участок Рассохи (6), 7-8 – Новобобровское, 9 – Октябрьское.

Note. Ore fields: 1-6 – Kosyuskoe, Almaznaya Gorka area (1-2), Kosyu swell area (3-4), Gorelay Gorka area (5), Rassokhi area (6), 7-8 – Novobobrovskoe, 9 – Oktyabrskoe.

диаграмме Na₂O+K₂O-SiO₂ точки составов исследованных пород попадают в поля щелочных пикритов, граничные с мелилитами (рис. 3, а), а также группируются на границе неалмазонасных и убогоалмазонасных кимберлитов и пикритов (кимпикритов) и пикритов, ассоциирующих с щелочно-ультраосновными комплексами (альпикритов) (рис. 3, б-г). Содержания РЗЭ в исследуемых породах, г/т: A/15-381, KO3/15-371 (табл. 3). Спектры распределения показывают преобладание легких РЗЭ над тяжелыми La_N/Yb_N = 45.1, 56.9 без каких либо аномалий по элементам Eu* – 0.91, 1.03 (рис. 3, д), на мультиэлементных спектрах наблюдается незначительное преобладание крупноионных элементов над высокозарядными (рис. 3, е), отмечаются незначительные аномалии, отрицательные по U, Sr, Zr, положительные по Th, Pb, Nd.

Серия образцов MT16-41ц и MT16-41ц-1 отобрана в поверхностной горной выработке близ раздува дайки (карбонатитового штока Косью) (рис. 2, а). Вскрытое шурфом дайковое тело, сложенное дезинтегрированной ультраосновной породой, содержащей катаклазированные блоки кварцитопесчаников (ксенолит с продатированным ⁴⁰Ar/³⁹Ar методом альбитом с возрастом 845±8 млн лет) [19]. Обломки кварцитопесчаников как бы плавают в сыпучем насыщенном слюдой цементе. Рыхлая масса зеленовато-голубого, табачного или коричневого цвета, глиноподобная, в ней содержится значительное количество чешуек слюды (флогопита) размером первые миллиметры. Из этой массы выделены более крепкие кусочки (MT16-41ц-1) и собственно рыхлая масса (MT16-41ц).

По данным микрозондового анализа, слюда представлена флогопитом (#Mg_{0.73-0.79}) и магнезиальный биотитом (#Mg_{0.66-0.76}) (рис. 5, а), пироксен – диопсидом с высоким волластонитовым миналом (Wo_{50.1}En₄₅Fs_{4.9} и #Mg_{0.96}), эгирин-авгитом (Ac₅₅₋₇₂Aug₂₈₋₄₅ и #Mg_{0.78-0.95}) и эгирином (Ac₇₉₋₈₃Aug₁₁₋₂₁ и #Mg_{0.68-0.88}) (рис. 5, б). Карбонат-кальцит, хлорит – диабантин и талькхлоритом (#Mg_{0.66-0.96}) (рис. 5, д).

Химический состав образцов (здесь и далее мас., %, табл. 1, 2) различен, в более крепких кусочках (MT16-41ц-1) содержание кремнезема – 46.57, оксида магния – 13, глинозема – 10.81, оксида кальция – 12.97, сумма щелочей ниже в два раза (1.93), но по-прежнему калий преобладает над натрием. Нормативные минералы: оливин (30), клинопироксен (19), плагиоклаз (26.4) (табл. 1), калиевый полевой шпат (8), фельдшпатоиды (1.8), гематит (10). На диаграмме Na₂O+K₂O-SiO₂ точка составов попадает в поле пикродолеритов (рис. 3, а). Содержания РЗЭ в образце MT16-41ц-1 – 405.6 г/т (табл. 3). Спектры распределения показывают преобладание легких РЗЭ над тяжелыми La_N/Yb_N – 43.4, также без каких либо аномалий Eu* – 1.04 (рис. 3, д), мультиэлементный спектр совпадает со спектрами A/15, A1/15, KO3/15 (рис. 3, е).

Химический состав более рыхлого образца (MT16-41ц) более близок неизменной породе и описанным выше образцам A/15, A1/15, KO3/15: содержание кремнезема (мас., %) составляет 35.32, оксида магния – 18, оксида кальция – 10.62, сумма щелочей – 1.37, при преобладании калия над натрием (табл. 1, 2). Пересчет на нормативные минералы не отражает наблюдаемые минеральные парагенезисы (табл. 1). Точка состава породы попадает на диаграмме в поле оливинитов – щелочных пикритов (рис. 3, а).

Таким образом, образцы ультраосновных пород из даек близки друг другу и опубликованным данным А.Б. Макеева, И.И. Голубевой, И.Л. Недосековой с соавторами по Косьюскому рудному полю по минералого-петрографическому, петрохимическому и геохимическому составам.

Поскольку в пределах рудного поля дайковые породы претерпевают значительные изменения, вследствие длительной эволюции расплава и позднемагматических процессов, доказательством чего служат зональность пироксенов, присутствие нескольких генераций слюд, нами отобраны для датирования наиболее свежие неизменные породы, развитые на участке Рассохи (рис. 1). Образцы взяты из коллекции В.И. Степаненко (Каменный архив ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).

Образец 1308 (Ан114, участок Рассохи, скв. 101, глубина – 35.5–37.6 м). Дайковая темно-серая массивная порфировидная порода с ксенолитами кварцитопесчаников (до 3 см) с реакционными каймами. Порода разбита неровными извилистыми трещинами, выполненными тальк-каль-

Таблица 3
Содержание элементов-примесей (г/т) в ультраосновных породах рудных полей Среднего Тимана

Table 3
Content of impurity elements (ppm) in ultrabasic rocks of ore fields of the Middle Timan

Компонент	1			2	3
	A/15	KO3/15	MT16-41ц-1	A14-1	836
Be	1.51	1.56	1.69	4.55	3.3
Sc	-	-	36.1	19	-
V	203	241	212	148	295
Cr	661	617	713	648	1010
Co	5207	47.8	54	40.4	68.7
Ni	228	171	382	99.6	319
Cu	36.2	38.6	63.8	46.3	201
Zn	56.8	58.3	73.2	634	3010
Ga	13.4	12.5	15.2	87.3	20.8
Rb	113	128	62	156	140
Sr	994	943	173	271	31.1
Y	21.1	16.3	24.5	94	39.7
Zr	120	113	257	178	151
Nb	92.8	113	124	1160	98.1
Mo	-	-	-	-	1.83
Sn	-	-	-	-	1.27
Cs	-	-	-	-	6.7
Ba	991	1600	1160	976	592
La	103	96.8	107	947	81.6
Ce	171	170	178	1820	158
Pr	18.2	17.8	19.1	259	18.9
Nd	60.1	60.7	67.7	1190	74
Sm	8.31	8.26	10.5	230	13.8
Eu	2.43	2.58	3.17	46.7	3.92
Gd	8	7.12	8.22	97.5	13.2
Tb	1	0.85	1.06	7.46	1.71
Dy	4.36	3.68	5.32	24.3	8.26
Ho	0.85	0.65	0.91	3.58	1.43
Er	2.03	1.52	2.32	9.25	3.6
Tm	0.25	0.19	0.3	1.24	0.5
Yb	1.64	1.22	1.77	8.42	3.35
Lu	0.26	0.18	0.26	1.35	0.48
Hf	2.5	2.34	6.55	5.75	3.97
Ta	4.16	5.38	5.96	16.5	5.65
W	-	-	-	-	9.95
Ti	-	-	-	-	0.81
Pb	5.27	17.7	8.7	3570	2590
Th	15.9	13.7	18.2	960	15.8
U	2.61	2.87	1.63	22.9	7.84
ΣREE	381.43	371.55	405.63	4645.8	382.75

Примечание. Рудные поля: 1 - Косьюское, 2 - Новобобровское, 3 - Октябрьское.

Note. Ore fields: 1 - Kosyuskoe, 2 - Novobobrovskoe, 3 - Oktyabrskoe.

цитовым агрегатом либо лимонитом. В породе наблюдается существенное количество вкрапленников от 2–3 до 10 мм замещенного амфиболом клинопироксена удлиненной призматической формы с квадратным сечением. Вкрапленники погружены в голубовато-серую матрицу. Также наблюдаются пакеты слюды (флогопита) до 6 мм и редкие зерна хромшпинелида размером до 3 мм. Минераль-

ный состав, об., %: оливин (19), клинопироксен (11), слюда (флогопит) (28), амфибол (4), карбонат (3), основная масса сложена мелкозернистым агрегатом этих же минералов. В химическом составе (здесь и далее мас., %, табл. 1, 2) содержание кремнезема – 38.44, оксида магния – 22, глинозема – 6.75, оксида кальция – 12.86, сумма щелочей низкая (1.8), но по-прежнему калий преобладает над натрием. Нормативные минералы: оливин (30), клинопироксен (32), плагиоклаз (14), Ne (2.6), Lc (4.7) (табл. 1). На диаграмме $Na_2O+K_2O-SiO_2$ точка составов попадает в поле пикродолеритов (рис. 3, а).

Для установления возраста пород нами проведено $^{40}Ar/^{39}Ar$ датирование слюды (флогопита) как типоморфного минерала из этой пробы. Флогопит является одним из породообразующих минералов, он формирует пойкилокристаллы (нередко зональные) в породе, сложенной вкрапленниками оливина и клинопироксена, минералами основной массы и аксессуарами. По предыдущим данным исследователей выделяется несколько генераций флогопита, различающихся цветом и химическим составом, сформированных при различных процессах. Магматический флогопит характеризуется бледной желтовато-коричневой окраской, автотекстурный имеет зеленовато-коричневый цвет, гидротермально-метасоматический – зеленый. Оптические показатели преломления разных генераций изменяются незначительно. Химический состав фиксирует уменьшение глиноземистости, увеличение железистости и увеличение содержания кремнезема при метасоматическом преобразовании магматического флогопита [3, 4]. Поскольку слюда – типоморфный минерал пород, все исследователи уделяли пристальное внимание не только определению первичности и вторичности его формирования, но и химическому составу. Введенная А.Б. Макеевым аббревиатура «ФАСИ» отражает флогопит-аннит-сидерофиллит-истонитовый состав слюд. Однако по нашим немногочисленным данным, измеренные составы соотносятся с составами флогопита и магнезиального биотита.

Химический (микрозондовый) состав продатированного флогопита щелочных пикритов приведен в табл. 4 и изображен на рис. 5, а, также показаны поля точек составов предшественников.

Результаты геохронологического датирования даны в табл. 5 и на рис. 6. В возрастном спектре выделяется плато с возрастом 598.1 ± 6.2 млн лет. Авторы рассматривают близодновременное образование флогопита в ходе эволюции единого процесса кристаллизации ультраосновного расплава. Полученные данные согласуются с данными, полученными для пород четласского комплекса [20].

Новобобровское рудное поле

Ранее в работах Ю.П. Ивенсена и В.И. Степаненко на Новобобровском проявлении (рис. 2, б) ультраосновные породы в лежащем и висячем боку, измененные постмагматическими процессами и насыщенные ксенолитами кварцито-песчаников, описаны как пикриты в скв. 18 (глубина 26.65–96.10 м) [2, 3]. Как уже отмечалось, первичный состав пород практически не сохранен, наблюдается амфиболизация, биотитизация, хлоритизация и карбонатизация по-

Таблица 4

Состав (мас., %) и формульные коэффициенты продатированной слюды

Table 4

Composition (wt., %) and formula coefficients of dated mica

№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	Cr ₂ O ₃	NiO	ZnO	Rb ₂ O	F	Cl	Σ
1308	37.56	3.77	15.63	8.92	0.04	16.87	0.16	0.71	10.44	2.10	0.16	0.11	0.00	0.03	1.34	0.04	93.27
	35.24	3.19	15.29	8.54	0.14	18.14	0.13	1.08	10.05	1.40	0.16	0.11	0.00	0.00	1.53	0.04	95.03
	Si	Ti	Al _{IV}	Al _{VI}	Cr	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Ba	Zn	Ni	Na	K	F	Cl	Σ
	2.57	0.22	0.43	1.00	0.01	0.58	0.00	1.96	0.01	0.06	0.00	0.01	0.11	1.04	0.33	0.01	8.34
	2.67	0.18	0.33	1.03	0.01	0.54	0.01	2.05	0.01	0.04	0.00	0.01	0.16	0.97	0.37	0.01	8.37

Примечание. Монофракция слюды из коллекции В.И. Степаненко.
Note. Mica monofraction from the collection of V.I. Stepanenko.

род, серпентинизированные псевдоморфозы по оливину, обрастание титаноавгита биотитом, мелкие кристаллики пироксена пойкилитово включенные в биотит [2, с. 92]. Отмечались оливин, замещаемый серпентином, амфибол (роговая обманка), замещаемый тремолитом и биотитом, плагиоклаз (альбит), матрикс тремолит, хлорит, карбонат, акцессорные минералы – апатит, рудные минералы – хромит.

Опробованы ультраосновные породы в пределах рудного поля, вскрытые скважиной А14. Образцы, отобранные из дайковых пород Новобобровского рудного поля (рис. 2, б

(А14-1, глубина 33.9–35 м)), рыхлые, темно-зеленого цвета, более крепкие кусочки (А14-1а, глубина 39.70–40.85 м, рис. 4, б) неоднородной текстуры, порфировидной структуры и насыщенные мелкими ксенолитами вмещающих пород (до 10–15 об., %). Минеральный состав породы представлен, об., %: флогопитом (порфиробласты) – 20, хлоритом – 40, кварцем – 10, апатитом – 5, реликтовыми темноцветными минералами (не диагностируются, вероятно, первичные ортопироксены) – 5–7, калиевым полевым шпатом. Из акцессорных минералов установлены: монацит (Th-монацит),

циркон, колумбит, сложные фосфаты и алюмофосфаты свинца, марганца и бария; из рудных: хромшпинелиды, рутил и высокониобиевый рутил вплоть до ильменорутила, ильменит, титаномагнетит, пирротин, пирит, халькопирит, (гидро)оксиды железа – гематит, гидрогетит. Вторичные минералы представлены сидеритом. Ксенолиты – кварцитами. Первичными минералами являются хромшпинелид, ильменорутил и титаномагнетит. Остальные минералы (в том числе редкометалльные и редкоземельные) – вторичные и сформированные в процессе наложенного метасоматоза, а также при контакте с захваченными ксенолитами кварцито-песчаниками.

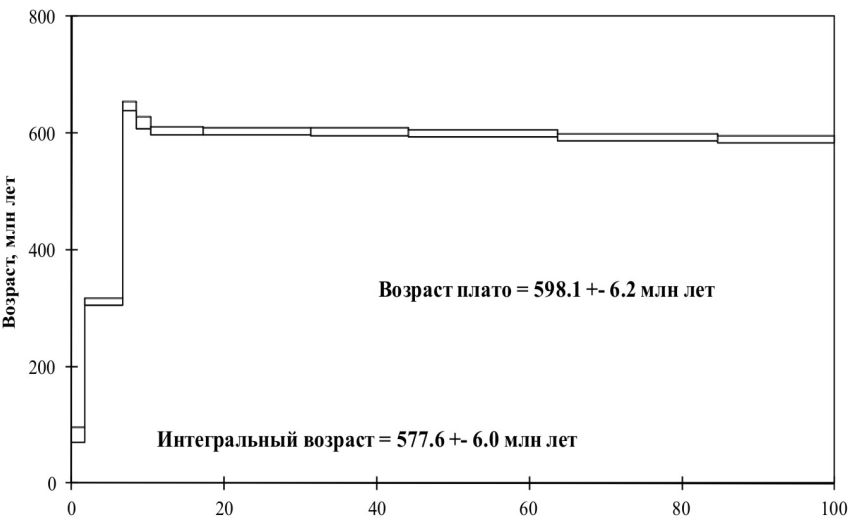


Рисунок 6. Возрастной спектр.
Figure 6. Age spectrum.

Таблица 5

Результаты ⁴⁰Ar/³⁹Ar датирования

Table 5

⁴⁰Ar/³⁹Ar dating results

T°С	t (мин)	⁴⁰ Ar(STP)	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	±1σ	³⁸ Ar/ ³⁹ Ar	±1σ	³⁷ Ar/ ³⁹ Ar	±1σ	³⁶ Ar/ ³⁹ Ar	±1σ	Ca/K	Σ ³⁹ Ar (%)	Возраст (млн лет)±1σ	±1σ
500	10	5.9*е ⁻⁹	20.021	0.111	0.02136	0.00686	0.5128	0.0600	0.03324	0.00534	1.85	1.7	82.9	12.6
650	10	36.4*е ⁻⁹	43.330	0.089	0.02374	0.00080	0.8870	0.0213	0.00862	0.00205	3.19	6.7	310.7	5.5
700	10	30.3*е ⁻⁹	99.336	0.247	0.01836	0.00325	0.1601	0.0119	0.01972	0.00246	0.58	8.5	646.5	8.0
750	10	28.9*е ⁻⁹	93.262	0.465	0.02325	0.00270	0.2140	0.0209	0.01572	0.00496	0.77	10.3	617.9	11.1
800	10	105.5*е ⁻⁹	89.550	0.124	0.01730	0.00113	0.0585	0.0154	0.01147	0.00136	0.21	17.3	603.3	6.7
850	10	208.0*е ⁻⁹	86.957	0.090	0.01464	0.00055	0.0353	0.0025	0.00272	0.00091	0.13	31.4	603.3	6.5
900	10	188.9*е ⁻⁹	86.919	0.061	0.01439	0.00080	0.0383	0.0014	0.00322	0.00057	0.14	44.2	602.2	6.3
975	10	287.9*е ⁻⁹	86.685	0.076	0.01442	0.00036	0.0466	0.0064	0.00418	0.00065	0.17	63.7	599.1	6.3
1040	10	302.5*е ⁻⁹	85.264	0.058	0.01366	0.00020	0.0541	0.0046	0.00308	0.00048	0.19	84.6	592.5	6.2
1130	10	222.2*е ⁻⁹	85.134	0.072	0.01392	0.00014	0.1912	0.0028	0.00437	0.00068	0.69	100.0	589.5	6.2

По данным микрозондового анализа, хромшпинелиды зональные в центральной части сложены хромпикотитом, а в краевых зонах – феррихромитом. В каймах увеличивается содержание оксида цинка до 4.2 мас. %. Слюда представлена флогопитом ($\#Mg_{0.64-0.89}$), амфибол – актинолит-тремолитом, карбонат – кальцитом, хлорит – клинохлоритом и пеннином. Детальное описание особенностей петрографо-минералогического состава приведено в работе [21].

По химическому составу образец (A14-1a) является ультраосновной породой (мас. %): содержание кремнезема составляет 36.38, MgO – 14, глинозема – 17.39, CaO – 1.37, сумма щелочей – 5.34 (K>Na) (табл. 1, 2). Пересчет на нормативные минералы не отражает парагенезисы (табл. 1). В химическом составе более рыхлого образца (A14-1) содержание кремнезема увеличивается до 51.3, глинозем – 11, CaO – 1.9, практически отсутствует MgO – 0.5, возрастает сумма щелочей – 8.7 (Na₂O – 0.6). В нормативном составе: калиевый полевой шпат (50), кварц (15), плагиоклазы (9), гематит (20), все это подтверждает, что порода фенитизирована и дезинтегрирована в коре выветривания [21]. Точки составов пород в результате занимают поле фонотефритов (рис. 3, а), что связано с фенитизацией первичных пород. Для дайковых пород Новобобровского рудного поля (A14-1) наблюдается значительное содержание P3Э по сравнению с остальными породами (4645.8 г/т) (табл. 3), породы выделяются высоким содержанием Nb – 1160, La – 947, Ce – 1820, Nd – 1190, Pb – 3570, Th – 960 (табл. 3), это связано с развитием минерализации – колумбита, Th-монацита и сульфидов цинка и свинца. Спектры распределения P3Э демонстрируют преобладание легких лантаноидов над тяжелыми $La_N/Yb_N = 80.7$, $Eu^* = 0.95$ (рис. 3, д). На мульти-диаграмме элементов-примесей ультраосновных пород Новобобровского рудного поля (A14-1) наблюдаются положительные аномалии крупноионных элементов Th и Pb, Nd и Sm, отрицательные аномалии установлены у Ba, Sr и Ta, Zr, Hf (рис. 3, е).

Октябрьское рудное поле

Дайки ультраосновных пород на Октябрьском проявлении подчинены двум направлениям северо-восточного и северо-западного простираний [2, 3]. В северной части проявления с востока на запад в поверхностной горной выработке вскрыта ультраосновная жильная порода мощностью 15–30 см, вмещающие породы – кварцитопесчаники (рис. 2, в). Породы – дайки рыхлые, представлены буровато-желтой глинисто-слюдистой массой. В более крепких кусочках структура: порфировидная, текстура однородная. Минеральный состав, об. %: пойкилобласты флогопита (50); основная масса: оксиды железа (20), полевые шпаты (альбит в сростании с калиевым полевым шпатом). Порода состоит из чешуек флогопита размером до 0.8–1 мм, плеохроитует от бесцветного до бледно-коричневого (рис. 4, д). Содержит включения оксидов железа, окаймляющих чешуйки слюды. Между чешуйками флогопита расположены таблитчатые зерна полевых шпатов (сростания альбита и калиевого полевого шпата). В них наблюдается неравно-

мерное погасание, похожее на погасание пертитов. Размеры зерен варьируют от 0.3 до 0.5 мм, редко – до 1 мм.

Жильная порода (836) слюдит Октябрьского рудного поля (мас. %), содержание $SiO_2 = 46.26$, сумма щелочей – $Na_2O+K_2O = 5.9$, при преобладании калия ($K_2O/Na_2O = 10$), на классификационной диаграмме точка состава занимает поле щелочных базальтов (рис. 3, а), что может быть связано с проявлением метасоматических процессов. Содержание (мас. %) оксида титана довольно высокое (2.36), глинозема (16.03), при очень низком содержании CaO (0.29) (табл. 1, 2). Нормативный состав породы: калиевый полевой шпат (34), гиперстен (20), кварц (14), корунд (10), плагиоклазы (5).

Суммарное содержание P3Э в породах Октябрьского рудного поля – 382.75 г/т, что близко к содержанию P3Э в породах рудного поля Косью. Спектры распределения P3Э недифференцированные и также близки к спектрам пород Косью, наблюдается преобладание легких лантаноидов над тяжелыми $La_N/Yb_N = 17.5$, $Eu^* = 0.89$ (рис. 3, д). Мульти-элементный спектр демонстрирует преобладание крупноионных элементов над высокозарядными, положительные аномалии Cs, Pb и отрицательные Ba, Sr, Ti, Zr (рис. 3, е). В породах Октябрьского рудного поля отмечаются самые высокие содержания, г/т: Cr (1010), Zn (3010) и Pb (2590) (табл. 3).

Заключение

На основании петрогеохимических характеристик ультраосновных пород Среднего Тимана рассмотрены дайковые образования в пределах (редкометалльно-редкоземельных) рудных полей Косьюское, Новобобровское и Октябрьское. Породы отнесены к щелочным пикритам, характеризующимся первичным минеральным парагенезисом замещенного оливина, ассоциирующего с клинопироксеном (диопсид, авгит) и хромшпинелидами (субальмоферрихромитом или пикотитом с каймами магнетита), развитием амфибола (чермакит, магнезиальная роговая обманка, паргасит), карбоната (кальцита) и обязательным присутствием поздней слюды флогопита и магнезиального биотита (являющейся типоморфной для них), развивающейся при эволюции и охлаждении (кристаллизации) расплава. Отмечается фенитизация дайковых пород, выражающаяся в развитии пироксена (эгирина), амфибола (магнезигастингсита), альбит-микроклиновых агрегатов, появлением мусковита (ферроалюмоселадонит), карбоната (кальцита), широкой группы хлоритов (пикнохлорит, пеннит, диабанит, талькхлорит) и рудных минералов Nb (колумбит) и REE (монацит, ксенотим, F-REE-карбонаты). Химический состав пород (мас. %) характеризуется низким содержанием кремнезема (35–40) и высоким содержанием оксида магния (13–21) и преобладанием оксида калия (1.2–3.4), при фенитизации пород содержание кремнезема возрастает (46–50), оксида магния – уменьшается (0.5–6), оксида калия – увеличивается (1.4, 5.1, 5.4, 8.1). Точки составов щелочных пикритов располагаются в поле на границе полей щелочных пикритов и мелилитолитов, а также в поле монцогаббро. Также точки составов занимают частично

поле неалмазонасных и убогалмазонасных кимберлитов и пикритов (кимпикритов) и большая часть – поле пикритов, ассоциирующих с щелочно-ультраосновными комплексами (альпикритов). Спектры распределения РЗЭ недифференцированные при слабом преобладании легких РЗЭ над тяжелыми без каких либо аномалий. Порода отличается высоким содержанием V, Cr, Ni, характерных для ультраосновных пород, при проявлении процессов фенитизации в породах увеличивается содержание Th, REE, Y, Pb, что выражается в появлении рудных минералов (монацита, ксенотима, фосфатов и сульфидов Pb). Для пород типично незначительное преобладание крупноионных элементов над высокозарядными при положительных аномалиях по рудным элементам. Проведенными изотопно-геохронологическими $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ исследованиями подтверждено, что магматические породы, а именно щелочные пикриты щелочно-ультраосновного комплекса, связанного с карбонатитами, были сформированы 598.1±6.2 млн лет назад. Возрастной уровень формирования комплекса подтверждается и более ранними K-Ar исследованиями пород. На Среднем Тимане на это время реконструируется проявление импульса глубинного (плюмового) магматизма.

Литература и источники

- Довжиков, Н.А. Клинопироксены из щелочно-ультраосновных пород Дайкового комплекса Среднего Тимана / Н.А. Довжиков, Е.Г. Довжикова, С.А. Смыслов // Записки ВМО. – 1985. – Ч. 114, № 5. – С. 599–605.
- Ивенсен, Ю.П. Магматизм Тимана и полуострова Канин / Ю.П. Ивенсен. – Москва–Ленинград: Наука, 1964. – 126 с.
- Костюхин, М.Н. Байкальский магматизм Канино-Тиманского региона / М.Н. Костюхин, В.И. Степаненко. – Ленинград: Наука, 1987. – 232 с.
- Макеев, А.Б. Магматиты Среднего Тимана / А.Б. Макеев, В.А. Лебедев, Н.И. Брянчанинова. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2008. – 348 с.
- Недосекова, И.Л. Карбонатиты четласского комплекса (Средний Тиман): геохимические и изотопные данные / И.Л. Недосекова, Н.В. Владыкин, О.В. Удоратина, Ю.Л. Ронкин // ЕЖЕГОДНИК-2012. – Тр. ИГГ УрО РАН. – Вып. 160. – 2013. – С. 150–158.
- Недосекова, И.Л. Петрохимия и геохимия дайковых ультрабазитов и карбонатитов четласского комплекса (Средний Тиман) / И.Л. Недосекова, О.В. Удоратина, Н.В. Владыкин, С.В. Прибавкин, Т.Я. Гуляева // ЕЖЕГОДНИК-2010. – Тр. ИГГ УрО РАН. – Вып. 158. – 2011. – С. 122–130.
- Nedosekova, I. Ore and geochemical specialization and substance sources of the Ural and Timan carbonatite complexes (Russia): insights from trace element, Rb-Sr and Sm-Nd isotope data / I. Nedosekova, N. Vladykin, O. Udoratina, B. Belyatsky // Minerals 2021. – 11 711. – P. 1–41. DOI 10.3390/min11070711.
- Голубева, И.И. Флюидоэксплозивные ультрамафиты дайкового комплекса Среднего Тимана и их парагенетическая связь с карбонатитами / И.И. Голубева, Д.Н. Ремизов, И.Н. Бурцев, В.Н. Филиппов, А.С. Шуйский // Региональная геология и металлогения. – 2019а. – № 80. – С. 30–44.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Лист Q-39-XXXIII-XXXIV (баракки-Бобровая) / В.М. Пачуковский, Х.О. Траат, Р.Я. Мищенко, Н.А. Довжиков. – Ленинград: ВСЕГЕИ, 1993.
- Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. – 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург: Издательство ВСЕГЕИ, 2008. – 200 с.
- Le Maitre, R.W. Igneous rocks: a classification and glossary of terms, recommendations of the international union of geological sciences / R.W. Le Maitre, A. Streckeisen, B. Zanettin [et al.]. – Subcommission of the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge University Press, 2002. – 236 p.
- Брусницына, Е.А., Возраст и источники сноса пород четласской серии (рифей) Среднего Тимана по результатам U-Th-Pb (LA-ICP-MS) датирования обломочных цирконов / Е.А. Брусницына, В.Б. Ершова, А.К. Худолей, Т. Андерсон, А.В. Маслов // Стратиграфия и геологическая корреляция. – 2021. – Т 29, № 6. – С. 3–23.
- Удоратина, О.В. Возраст метапесчаников верхнедокембрийской четласской серии Среднего Тимана на основании U-Pb датирования детритных цирконов / О.В. Удоратина, И.Н. Бурцев, Н.Ю. Никулова, В.Б. Хубанов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. – 2017. – Вып. 5. – С. 15–32.
- Андреичев, В.Л. Возраст карбонатитового комплекса Среднего Тимана / В.Л. Андреичев, В.И. Степаненко // Рудообразование и магматизм севера Урала и Тимана. – Сыктывкар, 1983. – С. 83–87 (Тр. Ин-та геологии Коми филиала АН СССР. Вып. 41).
- Макеев, А.Б. Возраст лампрофиров Среднего Тимана: первые Rb-Sr данные / А.Б. Макеев, В.Л. Андреичев, Н.И. Брянчанинова // ДАН. – 2009. – Т. 426 (1). – С. 94–97.
- Травин, А.В. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион. Западное Прибайкалье) / А.В. Травин, Д.С. Юдин, А.Г. Владимиров, С.В. Хромых, Н.И. Волкова [и др.] // Геохимия. – 2009. – Т. 11. – С. 1181–1199.
- Sun, S.S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J., Eds., Magmatism in the Ocean Basins, Geological Society / S.S. Sun, W.F. McDonough. – London, Special Publications. – 1989. – 42. – P. 313–345.
- Васильев, Н.В. Слюды месторождения Тайкеу (Полярный Урал): состав и вопросы классификации / Н.В. Васильев, О.В. Удоратина, Н.В. Скоробогатова, Г.П. Бородулин // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар, 2012. – № 1 (205). – С. 9–14.
- Голубева, И.И. Парагенетическая связь флюидизатно-эксплозивных ультрамафитов дайкового комплекса с карбонатитами (Средний Тиман) / И.И. Голубева, И.Н. Бурцев, А.В. Травин, Д.Н. Ремизов, В.Н. Филиппов [и др.] // Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России. Мат-лы XVII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар, 2019. – С. 22–24.

20. Удоратина, О.В. Щелочные пикриты четласского комплекса Среднего Тимана: Ag-Ag данные / О.В. Удоратина, А.В. Травин // Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма. Мат-лы 30 Международной конференции. – Анталия; Москва, 2014. – С. 82–84.
21. Удоратина, О.В. Ультраосновные породы Новобобровского рудного поля (Средний Тиман): минералогия, петрография / О.В. Удоратина, А.М. Шмакова, Д.А. Варламов, А.С. Шуйский // Известия Коми научного центра УрО РАН. Серия «Науки о Земле». – 2021. – С. 14–21. DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-14-21.

References

1. Dovzhikov, N.A. Klinopirokseny iz shchelochno-ul'traosnovnykh porod Daykovogo kompleksa Srednego timana [Clinopyroxenes from alkaline-ultrabasic rocks of the Dike Complex of the Middle Timan] / N.A. Dovzhikov, E.G. Dovzhikova, S.A. Smyslov // WMO Notes. – 1985. – Part 114. – №. 5. – P. 599–605.
2. Ivensen, Yu.P. Magmatizm Timana i poluostrova Kanin [Magmatism of Timan and the Kanin Peninsula] / Yu.P. Ivensen. – Moscow-Leningrad: Nauka, 1964. – 126 p.
3. Kostyukhin, M.N. Baykal'skiy magmatizm Kanino-Timanskogo regiona [Baikal magmatism of the Kanino-Timan region] / M.N. Kostyukhin, V.I. Stepanenko. – Leningrad: Nauka, 1987. – 232 p.
4. Makeev, A.B. Magmatity Srednego Timana [Magmatites of the Middle Timan] / A.B. Makeev, V.A. Lebedev, N.I. Bryanchaninova. – Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2008. – 348 p.
5. Nedosekova, I.L. Karbonatity chetlasskogo kompleksa (Sredniy Timan): geokhimicheskiye i izotopnyye dannyye [Carbonatites of the Chetlas complex (Middle Timan): geochemical and isotopic data] / I.L. Nedosekova, N.V. Vladyskin, O.V. Udoratina, Yu.L. Ronkin // YEARBOOK- 2012: Proceedings of the Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – Issue 160. – 2013. – P. 150–158.
6. Nedosekova, I.L. Petrokhimiya i geokhimiya daykovykh ul'trabazitov i karbonatitov chetlasskogo kompleksa (Sredniy Timan) [Petrochemistry and geochemistry of dike ultrabasites and carbonatites of the Chetlas complex (Middle Timan)] / I.L. Nedosekova, O.V. Udoratina, N.V. Vladyskin, S.V. Pribavkin, T.Ya. Gulyaeva // YEARBOOK-2010: Proceedings of the Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – Issue 158. – 2011. – P. 122–130.
7. Nedosekova, I. Ore and geochemical specialization and substance sources of the Ural and Timan carbonatite complexes (Russia): insights from trace element, Rb-Sr and Sm-Nd isotope data / I. Nedosekova, N. Vladyskin, O. Udoratina, B. Belyatsky // Minerals 2021. – 11 711. – P. 1–41. – DOI 10.3390/min11070711.
8. Golubeva, I.I. Flyuidoeksplozivnyye ul'tramafity daykovogo kompleksa Srednego Timana i ikh parageneticheskaya svyaz' s karbonatitami [Fluid-explosive ultramafic rocks of the Middle Timan dike complex and their paragenetic relationship with carbonatites] / I.I. Golubeva, D.N. Remizov, I.N. Burtsev, V.N. Filippov, A.S. Shuisky // Regionalnaya geologiya i metallogeniya [Regional geology and metallogeny]. – 2019a. – №. 80. – P. 30–44.
9. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii m-ba 1:200 000. List Q-39-XXXIII-XXXIV (baraki Bobrovaya) [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200 000. Sheet Q-39-XXXIII-XXXIV (baraki Bobrovaya)] / V.M. Pachukovsky, Kh.O. Traat, R.Ya. Mishchenko, N.A. Dovzhikov. – Sankt-Petersburg: Cartographic factory VSEGEI, 1993.
10. Petrograficheskiy kodeks Rossii. Magmaticheskiye, metamorficheskiye, metasomaticheskiye, impaktnyye obrazovaniya [Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact rock assemblages]. – 2nd edition, revised and enlarged. – Sankt-Petersburg: Cartographic factory VSEGEI, 2008. – 200 p.
11. Le Maitre, R.W. Igneous rocks: a classification and glossary of terms, recommendations of the international union of geological sciences / R.W. Le Maitre, A. Streckeisen, B. Zanettin [et al.]. – Subcommission of the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge University Press, 2002. – 236 p.
12. Brusnitsyna, E.A. Vozrast i istochniki snosa porod chetlasskoy serii (rifey) Srednego Timana po rezul'tatam U-Th-Pb (LA-ICP-MS) datirovaniya oblomochnykh tsirkonov [Age and provenance areas of the rocks of the Chetlas Group (Riphean) of the Middle Timan according to the results of U-Th-Pb (LA-ICP-MS) dating of detrital zircons] / E.A. Brusnitsyna, V.B. Ershova, A.K. Khudoley, T. Anderson, A.V. Maslov // Stratigraphy and geological correlation. – 2021. – Vol. 29. – №. 6. – P. 3–23.
13. Udoratina, O.V. Vozrast metapeschanikov verkhnedokembriyskoy chetlasskoy serii Srednego Timana na osnovanii U-Pb datirovaniya detritnykh tsirkonov [Age of metasandstones of the Upper Precambrian Chetlas Group of the Middle Timan based on U-Pb dating of detrital zircons] / O.V. Udoratina, I.N. Burtsev, N.Yu. Nikulova, V.B. Khubanov // Bull. MOIP. Dep. Geol. – 2017. – Issue 5. – P. 15–32.
14. Andreichev, V.L. Vozrast karbonatnogo kompleksa Srednego Timana [Age of the carbonate sequence of the Middle Timan] / V.L. Andreichev, V.I. Stepanenko // Rudobrazovanie i magmatizm severa Urals i Timana [Ore formation and magmatism of the north of the Urals and Timan]. – Syktyvkar. – 1983. – P. 83–87 (Proceedings of the Institute of Geology of the Komi Branch of the USSR Academy of Sciences, Issue 41).
15. Makeev, A.B. Vozrast lamprofirov Srednego Timana: pervyye Rb-Sr dannyye [Age of lamprophyres of the Middle Timan: the first Rb-Sr data] / A.B. Makeev, V.L. Andreichev, N.I. Bryanchaninova // DAN. – 2009. – Vol. 426 (1). – P. 94–97.
16. Travin, A.V. Termokhronologiya Chernorudskoy granulitovoy zony (Ol'khonskiy region. Zapadnoye Pribaykal'ye) [Thermochronology of the Chernorud granulite zone (Olkhon region, Western Baikal region)] / A.V. Travin, D.S. Yu-

- din, A.G. Vladimirov, S.V. Khromykh, N.I. Volkova [et al.] // *Geokhimiya* [Geochemistry]. – 2009. – Vol. 11. – P. 1181–1199.
17. Sun, S.S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J., Eds., *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society / S.S. Sun, W.F. McDonough. – London, Special Publications. – 1989. – 42. – P. 313–345.
 18. Vasiliev, N.V. *Slyudy mestorozhdeniya Taykeu (Polyarnyy Ural): sostav i voprosy klassifikatsii* [Micas of the Taikeu deposit (Polar Urals): composition and classification issues] / N.V. Vasiliev, O.V. Udoratina, N.V. Skorobogatova, G.P. Borodulin // *Bulletin of the Institute of Geology of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. – Syktyvkar, 2012. – № 1 (205). – P. 9–14.
 19. Golubeva, I.I. *Parageneticheskaya svyaz' flyuidizatsno-eksplozivnykh ul'tramafitov daykovogo kompleksa s karbonatitami (Sredniy Timan)* [Paragenetic relationship of fluidizate-explosive ultramafic rocks of the dyke complex with carbonatites (Middle Timan)] / I.I. Golubeva, I.N. Burtsev, A.V. Travin, D.N. Remizov, V.N. Filippov [et al.] // *Geologiya i mineralnye resursy Evropejskogo severo-vostoka Rossii* [Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia]. Materials of the XVII Geological Congress of the Komi Republic. – Syktyvkar, 2019. – P. 22–24.
 20. Udoratina, O.V. *Shchelochnyye pikrity chetlaskogo kompleksa Srednego Timana: Ar-Ar dannyye* [Alkaline picrites of the Chetlas Group of the Middle Timan: Ar-Ar data] / O.V. Udoratina, A.V. Travin // *Rudnyi potentsial shchelochnogo, kimberlitovogo i karbonatitovogo magmatizma* [Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism]: Proceedings of the 30th International Conference. – Antalya-Moscow, 2014. – P. 82–84.
 21. Udoratina, O.V. *Ul'traosnovnyye porody Novobobrovskogo rudnogo polya (Sredniy Timan): mineralogiya, petrografiya* [Ultrabasic rocks of the Novobobrovskoe ore field (Middle Timan): mineralogy, petrography] / O.V. Udoratina, A.M. Shmakova, D.A. Varlamov, A.S. Shuisky // *Proceedings of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences"*. – 2021. – P. 14–21. – DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-14-21..

Информация об авторах:

Удоратина Оксана Владимировна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии имени академика Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; Scopus Author ID: 6507890574, <https://orcid.org/0000-0001-9956-6271> (Российская Федерация, 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: udoratina@geo.komisc.ru).

Шмакова Александра Михайловна – младший научный сотрудник Института геологии имени академика Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; Scopus Author ID: 6507482916, <https://orcid.org/0000-0002-9770-6696> (Российская Федерация, 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54, e-mail: amshmakova@geo.komisc.ru).

Травин Алексей Валентинович – доктор геолого-минералогических наук, Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук Scopus Author ID: 7005725588, <https://orcid.org/0000-0002-5640-4560> (Российская Федерация, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, д. 3; e-mail: travin@igm.nsc.ru).

Шуйский Александр Сергеевич – младший научный сотрудник Института геологии имени академика Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; Scopus Author ID: 5721240694, <https://orcid.org/0000-0002-6928-9354> (Российская Федерация, 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: self88@yandex.ru).

About the authors:

Oksana V. Udoratina – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Scopus Author ID: 6507890574, <https://orcid.org/0000-0001-9956-6271>, Institute of Geology named after academician N.P. Yushkin FRC Komi SC UB RAS (Institute of Geology named after academician N.P. Yushkin, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982; e-mail: udoratina@geo.komisc.ru).

Aleksandra M. Shmakova – Junior Researcher, Scopus Author ID: 6507482916, <https://orcid.org/0000-0002-6928-9354>, Institute of Geology named after academician N.P. Yushkin FRC Komi SC UB RAS (Institute of Geology named after academician N.P. Yushkin, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982; e-mail: amshmakova@geo.komisc.ru).

Aleksey V. Travin – Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), Scopus Author ID: 7005725588, <https://orcid.org/0000-0002-5640-4560>, Institute of Geology and Mineralogy named after V.S. Sobolev of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 3 Akademika Koptiuga Avenue, Novosibirsk, Russian Federation, 630090; e-mail: travin@igm.nsc.ru.

Aleksander S. Shuisky – Junior Researcher, Scopus Author ID: 5721240694, <https://orcid.org/0000-0002-6928-9354>, Institute of Geology named after academician N.P. Yushkin FRC Komi SC UB RAS (Institute of Geology named after academician N.P.

Yushkin, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982; e-mail: self88@yandex.ru).

Для цитирования:

Удоратина, О.В. Ультраосновные породы рудных полей Среднего Тимана: петрогеохимические и геохронологические данные / О.В. Удоратина, А.М. Шмакова, А.В. Травин, А.С. Шуйский // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2023. – № 2 (60). – С. 26–42.

For citation:

Udoratina, O.V. Ultraosnovnye porody rudnyh polej Srednego Timana: petrogeohimicheskie i geohronologicheskie dannye [Ultrabasic rocks of ore fields of the Middle Timan: petrogeochemical and geochronological data] / O.V. Udoratina, A.M. Shmakova, A.V. Travin, A.S. Shuisky // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences". – 2023. – № 2 (60). – P. 26–42.

Дата поступления статьи: 13.03.2023

Прошла рецензирование: 24.03.2023

Принято решение о публикации: 11.05.2023

Received: 13.03.2023

Reviewed: 24.03.2023

Accepted: 11.05.2023